

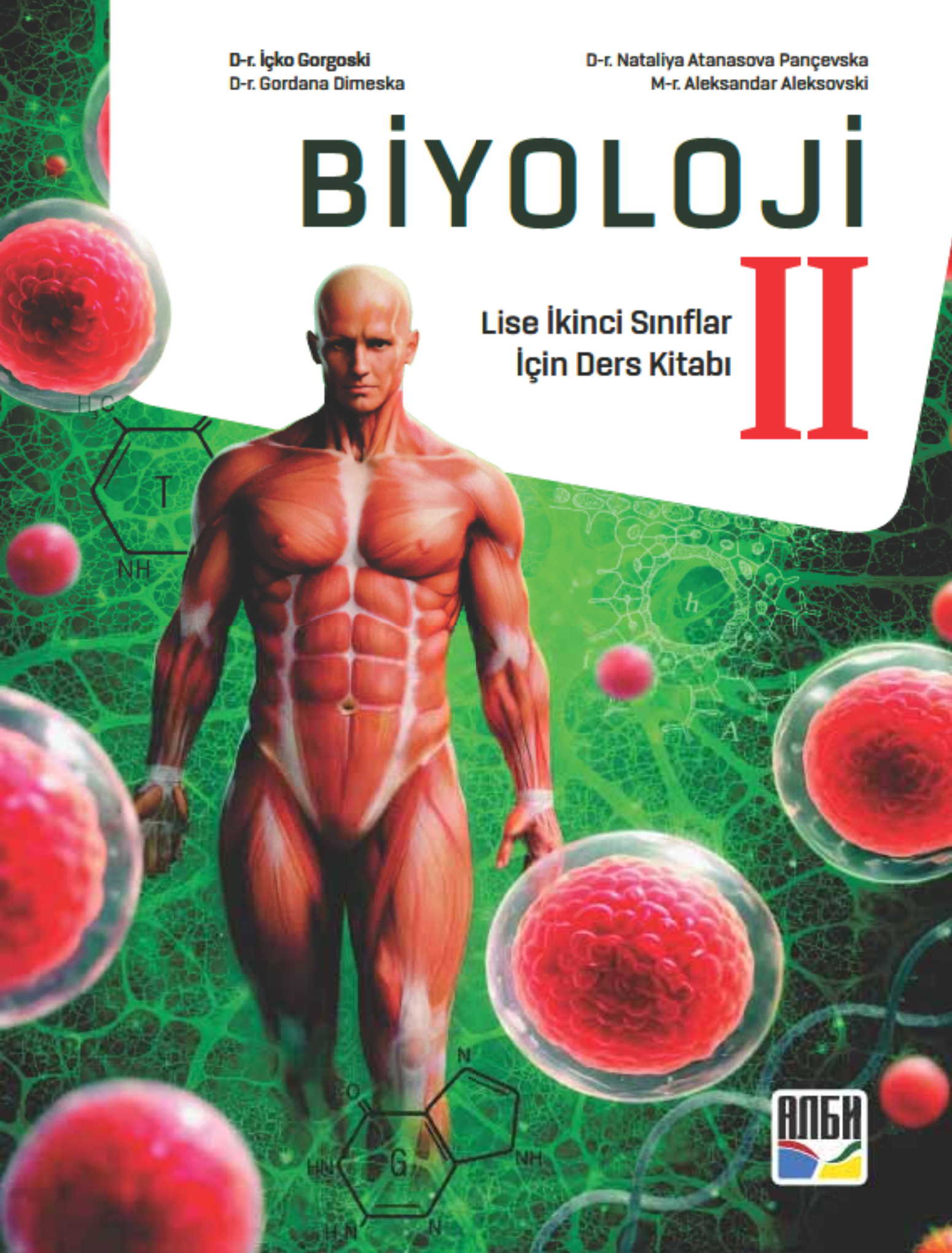
D-r. İko Gorgoski
D-r. Gordana Dimeska

D-r. Nataliya Atanasova Paevska
M-r. Aleksandar Alekovski

BİYOLOJİ

Lise İkinci Sınıflar
İçin Ders Kitabı

II



BİYOLOJİ

II

Lise İkinci Sınıflar
İçin Ders Kitabı

D-r. İçko Gorgoski

D-r. Gordana Dimeska

D-r. Nataliya Atanasova Paņevska

M-r. Aleksandar Alekovski



Üsküp, 2026
(Birinci baskı)

BİYOLOJİ II lise ikinci sınıflar için ders kitabı*Birinci baskı, 2026*

Telif hakkı © 2026, Albi DOO

Yayınevi	Albi DOO, Üsküp 2026
Yazarlar	D-r. Içko Gorgoski D-r. Gordana Dimeska D-r. Nataliya Atanasova Pançevska M-r. Aleksandar Aleksovski
Editör	M-r. Dafina Klekovska
Orjinal başlık	Биологија II учебник за втора година гимназиско образование
Makedoncadan Türkçeye çevir	M-r. Selsebil Karaağaç
Lektör	Önder Özgürlü
Tasarım ve grafik düzenleme	Mladen Jakimovski
Baskı	Intergrafika union DOOEL, Üsküp 2026
Baskı adedi	300

Tüm hakları saklıdır. Bu kitabın hiçbir bölümü, yayıncının yazılı izni olmadan, fotokopi, kayıt veya bir veri depolama sisteminde saklanma dahil olmak üzere, elektronik veya mekanik herhangi bir yolla yeniden basılamaz veya iletilemez.

Bu ders kitabı, Kuzey Makedonya Cumhuriyeti Eğitim ve Bilim Bakanlığı tarafından 20.05.2026 tarihinde yayımlanan 26-634/1 sayılı "Lise İkinci Sınıf Biyoloji Dersi İçin Ders Kitabının Onaylanması ve Kullanılması Hakkında Karar" ile ilköğretimde kullanım için onaylanmıştır.

Değerlendirme Kurulu: Prof. D-r. Valentina Slavevska Stamenkovic, Prof. D-r. Şevalj Memiş, M-r. Netka Dimoska

CIP - Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

373.3.016:57(075.2)=512.161

BİYOLOJİ II : lise ikinci sınıflar için : ders kitabı / [Içko Gorgoski ... и др.] ; makedoncadan türkçeye çevir Selsebil Karaağaç. - Üsküp : Albi, 2026. - 294 стр. : илустр. ; 27 см

Превод на делото: Биологија II : учебник за втора година гимназиско образование. - Други автори: Gordana Dimeska, Nataliya Atanasova Pançevska, Aleksandar Aleksovski

ISBN 978-608-241-077-7

1. Gorgoski, Içko [автор] 2. Dimeska, Gordana [автор] 3. Atanasova-Pançevska, Nataliya [автор] 4. Aleksovski, Aleksandar [автор]

COBISS.MK-ID 69125125

ÖN SÖZ

Biyoloji ders kitabı, çağdaş bir ders kitabını temsil etmekte olup düzenli şekilde uyarlanmış, ikinci sınıf lise eğitimi öğretim programının amaçlarını takip eden ve biyoloji dersi için öngörülen eğitim standartlarına göre tasarlanmıştır.

Her ders, önceki bilgilerinizi hatırlatmayı amaçlayan sorularla başlamaktadır; yeni bilgiler bunun üzerine inşa edilecektir. Dersler, öngörülen içeriklere yönelik yapılandırılmış analitik bir yaklaşımın yanı sıra açık, kesin ve anlaşılır bir metne sahiptir. Biyolojiye ait mesleki terminoloji, kavramların açık biçimde belirtilmesiyle aşamalı olarak tanıtılmaktadır. Ayrıca bireysel çalışma, eşli çalışma veya grup çalışması için çeşitli etkinlikler de yer almakta olup, öngörülen içeriklerin derinleştirilmesinin yanında eleştirel düşünme, sunum yapma ve tartışma becerilerini de geliştirmektedir.

Her ders, öngörülen konular ve bunların günlük yaşamdaki uygulamasıyla ilgili ek ve ilgi çekici bilgilerle zenginleştirilmiştir. "İlginç biyoloji".

Her konunun sonunda, öngörülen içeriklerin temel noktalarını içeren bir özetin yanı sıra, o konuda ele alınan her şeyin anlaşılmasının değerlendirilmesinde kullanılabilecek tekrar soruları da verilmiştir. Ders kitabı ayrıca, öngörülen bilimsel kavramların kısa, açık ve kesin açıklamalarını içeren terminolojik bir sözlükle tamamlanmıştır.

Bu ders kitabının, biyolojinin daha ileri düzeyde öğrenilmesi için gerekli bilgi, yeterlilik ve becerileri edinmene yardımcı olmasının yanı sıra, bu bilgileri günlük yaşamda da kullanmana katkı sağlayacağını umuyoruz.

İÇİNDEKİLER

KONU 1: BİYOLOJİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

1.1 Bilimsel Yöntemin Yapısı	8
1.2 Laboratuvar Araç, Gereç ve Teknikleri	13
1.3 Mikroskop ve Mikroskopla İnceleme	17
1.4 Veri Toplama ve Analiz Etme	22
1.5 Bilimsel Sunum	25

1.6 Biyolojik Araştırmalarda Etik ve Güvenlik	28
---	----

KONU ÖZETİ	31
KONU 1 Tekrar Soruları	32

KONU 2: İNSANDA ORGAN SİSTEMLERİ

2.1 Canlı Organizmaların Organizasyonu ve Homeostaz	36
2.2 Besinlerin Bileşimi ve Önemi	43
2.3 Sindirim Organlarının Yapısı ve İşlevi	48
2.4 Besinlerin Sindirimi ve Emilimi (Absorpsiyonu)	53
2.5 Kanın ve Lenfin Bileşimi	59
2.6 Kalbin ve Kan Damarlarının Yapısı ve İşlevi	64
2.7 Küçük ve Büyük Kan Dolaşımı ile Lenf Dolaşımı	68
2.8 Bağışıklık ve Kardiyovasküler Sistem Sağlığının Korunması	71
2.9 Solunum Sistemi Organlarının Yapısı ve İşlevi	76
2.10 Akciğer Ventilasyonu (Havalandırması) ve Gaz Alışverişi	81
2.11 Solunum Sistemi Sağlığındaki Bozukluklar ve Onun Sağlığı İçin Önleyici Önlemler	84
2.12 Boşaltım Sistemi Organlarının Yapısı ve İşlevi	88
2.13 Böbreklerin ve Derinin İşlevleri	92
2.14 Boşaltım Sisteminin Sağlığının Korunması	98
2.15 Lokomotor (Hareket) Sistemin Bölümlerinin Yapısı ve İşlevi	103

2.16 Kas Sisteminin Bölümlerinin Yapısı ve İşlevi	109
2.17 Hareket Sisteminin Sağlığının Korunması	113
2.18 İnsanda Üreme – Erkek Üreme Sistemi	118
2.19 Dişi Üreme Sistemi ve Menstrual Döngü	122
2.20 Döllenme, Gebelik ve Embriyonal Gelişim	126
2.21 Üreme Sisteminin Sağlığının Korunması	130
2.22 Sinir Sisteminin Yapısı ve İşlevi	135
2.23 Merkezi Sinir Sistemi	141
2.24 Duyu (Sensör) Sistemi	148
2.25 Sinir ve Duyu Sisteminin Sağlığının Korunması	154
2.26 Endokrin Sistem	157
2.27 Diğer Endokrin Bezler ve Hormonları	162
2.28 Sinir ve Endokrin Sistemin Bağlantısı	168

KONU ÖZETİ	172
KONU 2 Tekrar Soruları	176

KONU 3: BİTKİLERİN HİSTOLOJİSİ VE MORFOLOJİSİ

3.1 Meristem Doku	180	3.9 Çiçek. Tozlaşma ve Döllenme	220
3.2 Kalıcı bitki dokuları. Örtü dokusu	184	3.10 Tohum ve Meyve. Bitkilerde Üreme	227
3.3 Parankima doku	190	3.11 Bitkilerin Yaşam Ortamına Uyumları	233
3.4 Mekanik doku	194		
3.5 İletim dokusu	198		
3.6 Bitki organları. Kökün morfolojisi ve modifikasyonları (değişimleri)	203		
3.7 Gövdenin Morfolojisi ve Modifikasyonları	209		
3.8 Yaprığın Yapısı ve Farklılaşmaları	214		
		KONU ÖZETİ	238
		KONU 3 Tekrar Soruları	240

KONU 4: BİYOTEKNOLOJİ VE GENETİK MÜHENDİSLİĞİ

4.1 Uygulamalı Biyoloji ve Genetik Mühendisliği	244	4.8 Antibiyotiklerin, Enzimlerin, Hormonların ve Aşıların Üretimi	265
4.2 Sentetik Biyoloji ve CRISPR Teknolojisi	247	4.9 Adli Biyoloji ve DNA Analizi	269
4.3 Enerji Sanayisinde Biyoteknoloji	249	4.10 Biyoinformatik ve Biyogüvenlik	273
4.4 Sanayide Biyoteknoloji	252	4.11 Tıpta Biyoteknoloji	276
4.5 Bitkisel Biyoteknoloji – Bitki Dokusu Kültürü	256	4.12 Modern Biyoteknoloji Uygulamaları: Klonlama, DNA Tanısı, Gen Tedavisi ve Biyofarmasi	280
4.6 Bitkisel Biyoteknoloji – Bitkilerde Mikroçoğaltma ve Klonlama	259		
4.7 Fermente Gıda Ürünlerinin Üretimi	262		
		KONU ÖZETİ	284
		KONU 4 Tekrar Soruları	285

KAVRAM (TERİMOLOJİK) SÖZLÜĞÜ	287
KULLANILAN KAYNAKLAR	293

KONU 1

BİYOLOJİK ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ

- Biyolojik araştırmalarda aşamalar ve yöntemler
- Biyolojik araç, gereç, cihaz ve teknikler
- Verilerin toplanması, işlenmesi ve sonuçların sunulması
- Biyolojik araştırmada etik ve güvenlik



Bu konuda şunları öğreneceksin:

- Bilimsel yöntemin aşamalarını açıklamayı ve deneyde bağımsız ile bağımlı değişkeni ayırt etmeyi;
- Temel biyolojik araç, gereç ve teknikleri tanımayı ve uygulamayı (mikroskop kullanımı, preparat hazırlama, ölçüm yapma, basit laboratuvar işlemleri);
- Araştırmadan elde edilen verileri tablo, grafik veya diyagram hâlinde düzenlemeyi ve sunmayı, ayrıca sonuçlar çıkarmayı;
- Laboratuvarda etik ve güvenli çalışmaya ilişkin temel kuralları uygulamayı ve korunma tedbirleri önermeyi.

Aynı zamanda şu konularda bilinç geliştireceksin:

- Güvenlik kurallarına uyma ve 3R-ilkelerinin uygulanması (yerine koyma, azaltma, iyileştirme) yoluyla bilimsel araştırmalarda sorumlu ve etik davranış sergileme.



1.1 Bilimsel Yöntemin Yapısı

Hatırla!

- "Deney" kavramı ne anlama gelmektedir? Genel olarak neden deney yapılır?
- Gözlem ile deney arasındaki fark nedir?
- Bir bilimsel araştırmanın nasıl yürütüldüğünü açıklamaya çalış.

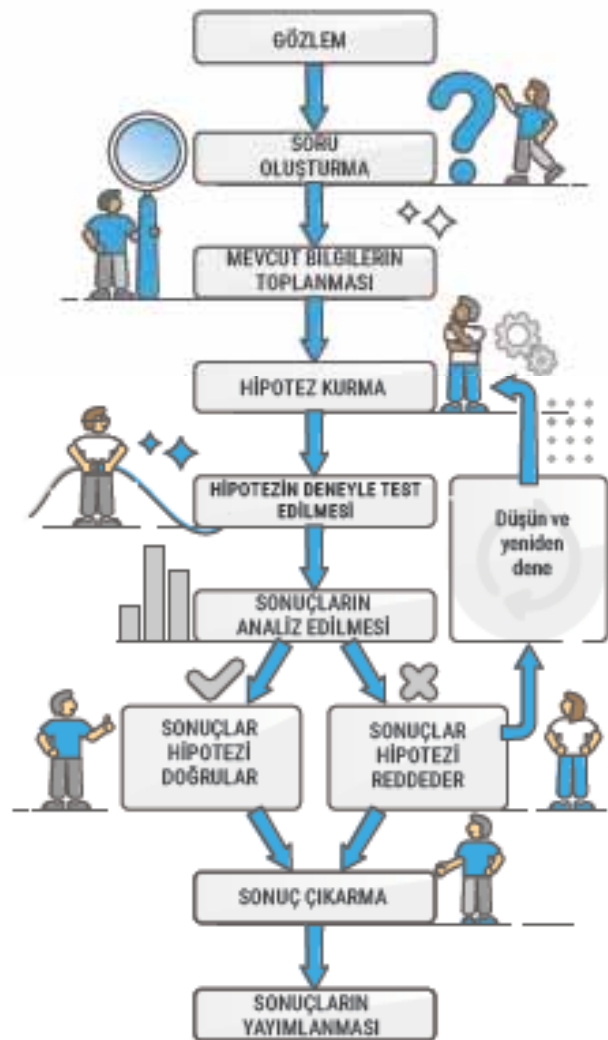
Biyoloji, sürekli olarak yeni şeyler keşfetme sürecinde olan dinamik bir bilim dalıdır. Merak ve gözlem yapmayı güvenilir bilgiye dönüştürmek için biyologlar bilimsel yöntemle dayanırlar. **Bilimsel yöntem**, bilim insanlarının problemleri nesnel biçimde çözmelerine ve fikirlerini test etmelerine olanak sağlayan açık biçimde tanımlanmış, mantıklı ve sistemli bir yaklaşımı temsil eder. Bu yöntem aracılığıyla her varsayım test edilmekte, böylece öznel düşünceler ortadan kaldırılmakta ve doğal dünyanın nasıl işlediğine dair kesin cevaplara ulaşılmaktadır. Bilimsel yöntem, merakı bilimsel gerçeğe dönüştüren bir "araç" olarak kabul edilebilir.

Bilimsel yöntemin amacı, soru sorma, kanıtları dikkatli biçimde toplama ve inceleme, ardından elde edilen tüm bilgileri mantıklı bir cevapta birleştirme yoluyla neden-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarmaktır.

Bilimsel yöntem her zaman doğrusal bir süreç değildir, ancak çoğu zaman şu temel aşamaları izler:

1. **Gözlem:** Doğada bir olayın fark edilmesiyle başlar (örneğin: "Bazı bitkiler neden diğerlerinden daha hızlı büyümektedir?").
2. **Araştırma sorusunun belirlenmesi:** Gözlem temelinde, gözlemlenen bir olay, süreç veya nesne hakkında bir soru ortaya konur. Sorular farklı yönlerden olabilir; örneğin: kim, nasıl, ne zaman, nerede, hangisi, ne, neden, olup olmadığı vb. (örneğin: "Işık yoğunluğu bitkilerin büyümesini nasıl etkiler?").

Araştırma fikrini başlatacak / teşvik edecek iyi bir soru oluşturmak çok önemlidir. İyi tanımlanmış bir soru olmadan sonraki aşamalar çok zor, hatta imkânsız olabilir.



Bilimsel yöntemin aşamalarının şematik gösterimi

3. **Ön bilgiler ve bilgi toplama:** Araştırmanın, bu konu hakkında daha önce edinilmiş bazı bilgilere dayanması yararlıdır. Bu bilgiler, geliştirilmiş araçlar aracılığıyla elde edilmiş olup elektronik biçimde ve basılı kaynaklarda yayımlanmıştır. Uzmanlarla görüş alışverişinde bulunmak da iyi bir fikirdir. Uzmanlar; deneylerin planlanması, matematiksel hesaplamalar ve gerekli olacak araçlar konusunda yardımcı olabilirler.
4. **Hipotez oluşturma:** Hipotez, test edilebilen bir varsayımdır. Deney yapma ve ölçüm yoluyla incelenilecek bir açıklama sunarak sorulan soruya cevap verme girişimidir. Hipotez oluşturulurken şu formül kullanılabilir:



Uzmanlaşmış internet arama motorları sayesinde, diğer bilim insanlarının hazırladığı bilimsel dergilere, makalelere ve bilimsel çalışmalara kolayca erişilebilmektedir.

"Eğer _____, yapılırsa, o zaman _____ olur."

5. **Hipotezin deney yoluyla test edilmesi:** Bu aşama, hipotezin doğru olup olmadığını açıklığa kavuşturacak bir testin planlanmasını ve uygulanmasını kapsar. Deney, kontrollü koşullar altında doğru şekilde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca deneyin güvenilir olması için yalnızca bir etken değiştirilirken diğer tüm etkenlerin kontrol altında tutulması ve değişmeden kalması gerekir.
Deney, elde edilen sonuçların doğrulanması amacıyla birkaç kez tekrarlanmalıdır; çünkü yalnızca bir denemeden elde edilen sonuç tesadüfe bağlı olabilir. Bunun yanında gerçekleştirilen deneyin, belirtilen koşullarla dünyanın herhangi bir yerinde uygulanabilmesi ve aynı sonucun doğrulanabilmesi gerekir.
6. **Verilerin analizi:** Deneyden elde edilen sonuçların tablo ve grafikler hâlinde düzenlenmesi ve uygun şekilde işlenmesi gerekmektedir.
7. **Sonuç çıkarma:** Düzenlenen sonuçlar farklı açılardan analiz edilmekte ve sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu süreçte, deney sonucunun oluşturulan hipotezi desteklediği ya da desteklemediği sonucuna varılabilir. Reddedilen bir hipotez, zamanın boşa harcandığı anlamına gelmez. Aksine bilim insanı, deneyden elde edilen bilgileri kullanarak yeni bir hipotez ortaya koyabilir; ancak bu kez, daha önce gerçekleştirilen deneyden elde edilen ön bilgilerle desteklenmiş olur.
8. **Sonuçların yayımlanması:** Sonuçlar, hipotezi desteklesin ya da desteklemesin, bilim dünyası için önemlidir. Bilim insanları sonuçları bilimsel dergilerde yayımlar veya bilimsel konferanslarda sunarlar.

BİLİMSEL YÖNTEMDE HİPOTEZİN ROLÜ

İlk soru ortaya konulduktan ve cevap aranan problem hakkında ek araştırmalar yapıldıktan sonra, soruya yönelik bir tahmin ya da geçici cevap oluşturulmalıdır. Test edilebilen bu geçici cevaba hipotez denilmektedir.

Hipotez, neden-sonuç ilişkisini "Eğer ... yapılırsa, o zaman ... olur." biçiminde tanımlamalıdır. Hipotez, deneysel olarak test edilebilir olmalı; bu süreçte bir etkenin değişmesinin başka bir etkende nasıl değişikliğe yol açtığı gözlemlenmektedir. Ancak bu ilişki tekrarlanabilir (sürekli) olmalıdır.

Deney sürecinde, farklı miktarlarda ya da farklı biçimlerde bulunabilen her özellik veya durum **değişken** olarak adlandırılır.

Bağımsız değişken, araştırmacının deney sırasında araştırılan olay üzerindeki etkisini ortaya çıkarmak amacıyla bilinçli olarak değiştirdiği etkidir. Bir deneyde yalnızca bir tane böyle (bağımsız) değişken bulunmalıdır. Eğer birden fazla etken değiştirilirse, hangi etkenin nasıl bir etkiye sahip olduğunu kesin olarak belirlemek zorlaşabilir.

Bağımlı değişken, bağımsız değişkenin etkisi altında ölçülen ve değişen etkidir. Bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasında bir ilişki bulunduğunda, neden-sonuç ilişkisini ortaya çıkarma imkânı doğmaktadır.

Kontrol edilen değişkenler ("sabit değişkenler" olarak da adlandırılır), araştırmanın konusu olmayan ve değişmemesi gereken bütün etkenlerdir; yani deney boyunca sabit tutulurlar. Bu, değiştirilen bir değişkenin (bağımsız değişken) bağımlı değişken üzerindeki etkisini test etmek amacıyla yapılır (gözlemlenen ve ölçülen değişken).

Tablo: Değişkenlerle ilgili bilimsel soru örnekleri (bağımsız, bağımlı ve kontrol edilen)

Soru	Bağımsız değişken (Neyi değiştiriyorum?)	Bağımlı değişken (Neyi gözlemliyorum?)	Kontrol edilen değişkenler (Neyi sabit tutuyorum?)
Suyun sıcaklığı fotosentezi hızlandırır mı?	Bitkinin yaşadığı suyun sıcaklığı, °C olarak ifade edilmiştir	Belirli bir süre içinde oluşan oksijen miktarı (mL olarak veya kabarcık sayısı)	Aynı miktarda ışık, suyun aynı bileşimi ve hacmi, aynı kap, aynı bitki türü
Yapay gübre miktarı bitki büyümesini etkiler mi?	Yapay gübre miktarı, mL olarak ifade edilmiştir	Bitkinin boyu, cm olarak ifade edilmiştir; biyokütle, g olarak ifade edilmiştir	Aynı yapay gübre türü, aynı bitki türü, sulama için aynı miktarda su, aynı sulama sıklığı, aynı ışık miktarı, aynı saksılar
Ders çalışmak için harcanan süre, test sonuçlarını iyileştirir mi?	Ders çalışmaya harcanan süre, dakika olarak ifade edilmiştir	Test sonuçları	Ders çalışılan günün aynı bölümü, aynı materyal, okulda aynı aydınlatma vb.

Değişkenler, büyüklükler hâlinde ifade edilmekte ve uygun ölçü birimleriyle ölçülmektedir. **Ölçme**, standartlaştırılmış araçlar ve ölçü birimleri yardımıyla herhangi bir olayın ya da nesnenin (değişkenin) niceliksel değerinin (büyüklüğünün) belirlenmesi sürecidir. Kütle, hacim, sıcaklık, boyutlar, sayı miktarı ve benzeri özellikler ölçülebilmektedir. Bunlar kolayca ölçülebilen ve güvenilirliği konusunda şüphe bulunmayan büyüklüklerdir. Ancak değişkenlerden biri "arkadaşlık" gibi öznel bir yapıya sahipse durum farklıdır; çünkü bunun ölçülmesi mümkün değildir.

Bir değişkenin diğerine bağlılığını **deney gruplarında** açık biçimde doğrulamak ya da kanıtlamak için **kontrol grubu** da bulunmalıdır. Bu grup, doğal koşullarda kalan ve bağımsız değişkenin etkisi altında olmayan "denekleri" kapsamaktadır. Kontrol grubu, nihai sonuçların karşılaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

Örneğin, yapay gübrenin bitki büyümesi üzerindeki etkisi test edildiğinde, deney grubunda yapay gübre verilen bitkiler bulunacak; kontrol grubunda ise yapay gübre verilmeyen bitkiler yer alacaktır. Bu işlem, bitkilerin büyümesini gerçekten gübrenin mi değiştirdiğini yoksa bunu başka bir etkenin mi belirlediğini görmek amacıyla yapılmaktadır.

Bazı deneylerde, bağımsız değişkenden birden fazla değişiklik yapıldığında bağımlı değişkendeki değişiklikler de gözlemlenmektedir. Örneğin, farklı miktarlarda yapay gübre verilen birkaç deney grubu bitki bulunduğu, farklı gruplardaki bitkilerin büyümesinde belirgin farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Böyle durumlarda kontrol grubuna gerek olmayabilir ve farklı deney grupları arasındaki farkların karşılaştırılması yeterli olabilir.

Deneyden elde edilen tüm veriler toplandıktan sonra sonuç verilerinin analizine geçilmektedir. Elde edilen sonuçlar tablolar, farklı türde grafikler ya da en uygun ve en anlaşılır biçimde gösterilmektedir. Ölçü birimlerine özellikle dikkat edilmektedir. Elde edilen bilgiler, eleştirel düşünme temelinde mantıklı bir bütün hâlinde birleştirilmektedir.

Araştırmanın sonunda sonuçlar çıkarılmakta; bu sonuçlar ya hipotezi doğrulamakta ya da reddetmektedir. Sonuçlar kısa ve açık olmalı, ayrıca araştırmadan elde edilen gerçekleri özetleyerek bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi açıklamalıdır. Elde edilen sonucun doğrulanması amacıyla ek araştırmalardan elde edilen bilgiler de belirtilebilir.

Tablo: Belirli bir problem üzerinde bilimsel yönteme örnek

Adım	Örnek
Soru oluşturma	Sıvı gübre eklenmesi ayçiçeğinin büyümesini hızlandırır mı?
Hipotez	Eğer haftada 10 mL gübre eklersek, o zaman ayçiçeği yalnızca su alanlara göre daha fazla boyca uzayacaktır.
Deney	İki grup bitkimiz vardır. • deney grubu (gübre ve su alan grup) • kontrol grubu (yalnızca su alan grup).
Değişkenler	Bağımsız: gübrenin varlığı Bağımlı: bitkinin boyu Kontrol edilen: aynı miktarda su ve sulama süresi, ışık yoğunluğu, toprak yapısı, ortam koşulları vb.
Ölçme	Her hafta bütün bitkilerin boyunu cetvelle ölçer ve cm olarak kaydederiz.
Sonuçların analizi	4 hafta sonra, gübre verilen bitkiler ortalama 15 cm, kontrol grubundaki bitkiler ise 10 cm büyümüştür.
Sonuç	Sonuçlar hipotezi doğrulamaktadır. Gübre büyümeyi olumlu yönde etkilemektedir.

Sonuç kısmı, deneysel yöntemin değerlendirilmesini ve deneysel bölümün etkililiği ile başarısının incelenmesini de içerebilir. Yöntemde yapılabilecek bazı değişiklikler ya da gelecekte gerçekleştirilebilecek araştırmalar için öneriler sunulması istenmektedir.

Eğer sonuçlar hipotezle uyuşmuyorsa, sonuçlar değiştirilmemeli ve hipoteze uygun hâle getirilmek amacıyla "uydurulmamalıdır". Böyle bir durumda araştırmacı, elde edilen sonuçları kullanarak yeni bir hipotez oluşturabilir ve yeni bir araştırma gerçekleştirebilir. Hatta verilen hipotezle uyuşmadığını gösteren bir sonuç bile, yeni bir hipotezin kurulmasına ve yeni bir araştırmanın yapılmasına yol açan bir keşif niteliğindedir.

Etkinlik

1. Bilimsel Yöntemin Oluşturulması

Amaç, ortam sıcaklığındaki değişimin solunum hızını nasıl etkilediğini belirlemektir. Bu bilimsel problem için, bilimsel yöntemin her aşamasının kısa bir taslağını hazırla. "Belirli bir problem üzerinde bilimsel yöntem örneği" tablosunu kullan. Bilimsel yöntemin yapısını ve aşamalarını anlayarak bilimsel bir soru oluşturabilir, hipotez kurabilir ve değişkenleri belirleyebilirsin (bağımsız ve bağımlı). Daha sonra uygulanacak deneyin biçimi ve gerekli ölçümler açıklanmaktadır. Sonuçların analizinden sonra bir sonuca ulaşılmaktadır.

Bu biçimi kullanarak başka araştırma fikirleri de oluşturabilirsin.

2. Araştırma

GoogleScholar.com internet sitesini araştır. Bilimsel yöntemin hangi aşamasında bu internet sitesi kullanılabilir? Sitede, ister biyoloji alanına ait ister ilgini çeken başka bir konu olsun, doğadaki bir süreç veya olay hakkında bilgi ara. Bilgiye ulaşma biçimini analiz et.

GoogleScholar, bilimsel materyallere ve farklı alanlardaki bilgilere erişim sağlayan birçok internet sitesinden biridir. Ayrıca belgeler belirli bir yapıya sahiptir; yazarların isimleri ve bu yazarların araştırmalarında kullandıkları bilgi kaynakları da yer almaktadır.

Tekrar Soruları

1. Bilimsel yöntemin neyi ifade ettiğini açıkla.
2. Problem ve soru hakkında ön araştırma yapılmasının neden önerildiğini açıkla.
3. Hipotez nasıl oluşturulur ve bağımsız, bağımlı ile kontrol edilen değişkenlerin açık biçimde tanımlanması neden önemlidir?
4. Kontrol grubuna neden ihtiyaç vardır?
5. Hipotezi doğrulamayan sonuçların önemi nedir?

İlginç Biyoloji!

- Bilimsel yöntemde, hipotezin reddedilmesi de onun doğrulanması kadar değerli ve önemlidir. Olumsuz ya da beklenmeyen sonuçlar çoğu zaman yeni soruları ortaya çıkarmakta, yöntembilimi geliştirmekte ve doğal süreçlerin daha derin anlaşılmasına yol açmaktadır. Aslında birçok bilimsel keşif, "başarılı olmayan" deneylerden başlamış; ancak bunlar dikkatle analiz edilmiş ve eleştirel biçimde yorumlanmıştır.
- Bilim tarihinde, bitki büyümesinin topraktan kaynaklandığını savunan madde teorisi hipotezi buna güzel bir örnektir. Daha sonra bitkilerin havadaki karbondioksiti ve topraktaki suyu kullanarak biyokütlelerinin büyük bölümünü oluşturdukları keşfedilmiştir.
- Bazen "tesadüfi hatalar" da büyük keşiflere yol açmaktadır. Örneğin Alexander Fleming, 1928 yılında bakterileri yetiştirdiği Petri kabının yanlışlıkla küflenmiş olduğunu fark ettiğinde penisilini keşfetmiştir. Deney plana uygun şekilde yürütülmemiş olsa da gözlem yapma ve eleştirel düşünme, tesadüfün bilimsel bir keşfe dönüşmesini sağlamıştır.

1.2 Laboratuvar Araç, Gereç ve Teknikleri

Hatırla!

- Laboratuvar araç ve gereçlerinin parçası olan mümkün olduğunca fazla nesne say.
- Laboratuvar envanterinin bir parçası olduğunu bildiğin bazı cihazları da say.

Biyolojide başarılı deneylerin gerçekleştirilmesi için uygun laboratuvar araç ve gereçleri, cihazlar, yöntemler ve teknikler kullanılmaktadır. Bunların kullanımı araştırmalarla uyumlu olup deneyin ihtiyaçlarına göre uyarlanmaktadır.

Laboratuvar araç çoğunlukla yüksek sıcaklığa ve kimyasallara dayanıklı camdan yapılmaktadır. Ancak plastik araç gereçler de bulunmaktadır (deney tüpleri, örnek kapları, tek kullanımlık pipetler), metal araç gereçler (spatullar) ve seramik araç gereçler (havan ve tokmak) de kullanılmaktadır. Araç gereçlerin büyük bir kısmı, çalışmalarda pratik şekilde kullanılabilmesi amacıyla farklı boyutlarda üretilmektedir.



Biyoloji laboratuvarında kullanılan laboratuvar araç ve gereçleri (tanımı ve görevi aşağıdaki tabloda verilmiştir)

Tablo: Biyolojik araştırmalarda en sık kullanılan laboratuvar araç bir bölümü

Laboratuvar araç ve gereçleri	Temel işlevleri
1. deney tüpü	Kimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesi, sıvıların saklanması, sıvıların ısıtılması, bakteri üretimi, biyolojik örneklerin toplanması ve saklanması
2. beher	Sıvı veya katı örneklerin saklanması, reaksiyonların gerçekleştirilmesi ya da sıvıların süzülmesi sırasında filtratın ve sıvının toplanması için kullanılır; sıvı hacminin yaklaşık ölçümünde de kullanılabilir
3. erlenmayer	Sıvı örneklerin toplanması, saklanması ve ısıtılması; kimyasal reaksiyonların gerçekleştirildiği kap
4. büret ve büret standı	Uzun, dereceli cam tüp olup sıvı hacminin hassas ölçümünde kullanılır. Statif ile birlikte titrasyon işlemlerinde kullanılmaktadır
5. balon joje	Belirli derişime sahip kimyasalların (çözeltilerin) hazırlanması amacıyla sıvı hacminin hassas ölçümünde ve saklanmasında kullanılır
6. reaktif şişesi	İncelenecek örneğin ısı ileme tabi tutulması veya kurutulması gerektiğinde, bek alevi ya da kum banyosu ile birlikte kullanılır
7. mezür	Sıvı hacminin ölçülmesi
8. pipetler	Belirli miktardaki sıvının aktarılması
9. otomatik pipetler (mikropipet)	Pipetlerle aktarılabilenden çok daha küçük miktarlardaki sıvıların hassas biçimde aktarılması için kullanılır. Bazıları birden fazla açıklığa sahip olabilir, yani aynı anda birkaç tüp kaldırılıp aktarılabilir. En sık kullanılanları, değiştirilebilir hacimli olanlardır
10. tek kullanımlık pipetler	Mikroskop incelemesi için natif preparatların hazırlanmasında ve benzeri işlemlerde kanal görevi görür
11. huni	Küçük açıklıklı bir kaba sıvı aktarılması sırasında ya da filtre kâğıdıyla sıvı süzme işlemlerinde kullanılır
12. damlalık	Analiz için sıvı içeriğin veya materyalin aktarılması
13. Petri kabı	Hücre kültürü (bakteriler, mantarlar vb.) için besiyerinin saklanması amacıyla kullanılır; ayrıca örneklerin saklanmasında ve analizinde (örneğin omurgasızlar vb.) kullanılır
14. saat camı	Buharlaştırma işlemlerinde, katı maddelerin ölçülmesinde ve diğer cam kaplar için kapak olarak kullanılır
15. baget (cam çubuk)	Sıvıların karıştırılması
16. kaşık veya spatula	Katı maddelerin, toz hâlindeki materyallerin ve macun biçimindeki maddelerin aktarılması; ayrıca kazıma amacıyla da kullanılabilir
17. havan ve tokmak	Katı maddelerin, biyolojik örneklerin vb. ezilmesi ve öğütülmesi
18. ispirotolu lamba	Isıtma amacıyla temel ısı kaynağı olarak açık alev oluşturur ve belirli laboratuvar ekipmanlarının alevle sterilizasyonunda kullanılır (mikrobiyolojik öze vb.)
19. öze	Mikroorganizmaların ve hücrelerin doku kültürlerine aktarılması
20. numune kabı	Örneklerin saklanması, taşınması ve muhafazası için kullanılır; ihtiyaca göre steril olabilirler

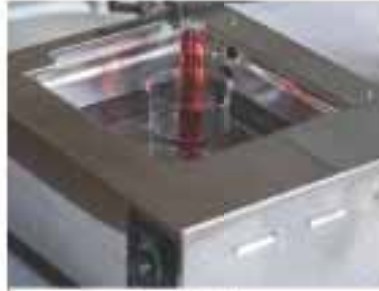
Laboratuvar araç gereçlerinin yanı sıra, laboratuvarlarda araştırma alanına bağlı olarak çeşitli cihazlar ve araçlar da kullanılır.

Örneğin, dijital terazi, maddelerin ve örneklerin kütlesini ölçmek için kullanılır. Su banyosu, içine başka cam kaplardaki örneklerin yerleştirildiği suyu belirli bir sıcaklıkta ısıtan ve bu sıcaklığı koruyan bir cihazdır.

Santrifüj, **santrifüjleme** (merkezkaç kuvveti) yoluyla sıvı içerisindeki farklı öğelerin **fraksiyonlara** ayrılmasını (ayrıştırılmasını) sağlayan bir cihazdır.



Dijital terazi



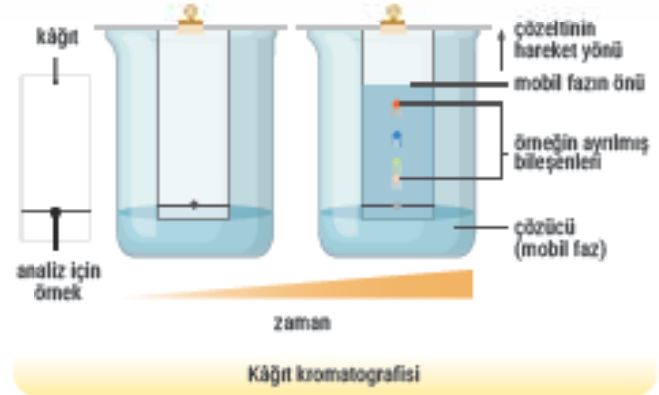
Su banyosu



Deney tüplerindeki farklı bileşenlere ayrılmış kan örnekleri bulunan laboratuvar santrifüjü

BİYOLOJİK LABORATUVAR TEKNİKLERİ

Kromatografi örneklerdeki bileşenlerin (çoğunlukla karışımların), biri hareketli (mobil), diğeri ise sabit olmak üzere iki faz yardımıyla ayrıştırılması tekniğini ifade etmektedir. Karışım, katı ve sabit (hareketsiz faz) yüzeye uygulanmakta; hareketli mobil faz ise karışım-daki bileşenleri sabit faz boyunca taşımaktadır. Bu süreçte bileşenler, bir ya da diğer faza olan yakınlıklarına bağlı olarak birbirlerinden ayrılmaktadır.

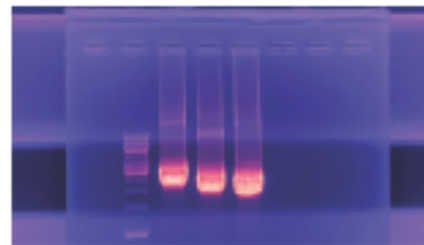


Kâğıt kromatografisi

Elektroforez, farklı protein molekülü fraksiyonlarının (gruplarının) ya da DNA ve RNA'nın, elektrik yüklerine dayanarak ayrıştırılmasında kullanılan laboratuvar tekniğidir. Bu süreçte moleküller, farklı gözenek boyutlarına sahip katı bir ortamda (nişasta, agaroz jel) elektrik alanı içerisinde hareket etmektedir.



Elektroforez için agaroz jel üzerine örneklerin yerleştirilmesi



Örneklerdeki moleküllerin ayrılmasından sonra agaroz jelin görünümü

Hücre kültürü biyoloji laboratuvarları ilginç bir örnektir. **Hücre kültürü**, bitki ve hayvan hücrelerinin uygun besiyerlerinde yetiştirilmesini ifade etmektedir.

Modern ve yüksek donanımlı laboratuvarlarda çalışmak; hem araştırmalar ve rutin analizler açısından hem de doğru çalışma ve kişisel güvenlik açısından büyük bir sorumluluk gerektirmektedir. Özellikle uygun çalışma kıyafetleri, önlük, maske, koruyucu gözlük, eldiven, laboratuvar ayakkabıları ile çalışma alanı ve ortamın hijyeninin ve sterilliğinin korunmasına yönelik araçlar konusunda dikkatli olunması gerekmektedir. Laboratuvar araç ve gereçleri ile cihazlarla çalışırken güvenlik kuralları herkes için eşit şekilde geçerlidir; ancak dikkat düzeyi araştırmanın türüne bağlı olarak değişmektedir.



Hücre kültürü için besiyerine örneklerin yerleştirilmesi

Etkinlik

Siyah Keçeli Kalem ile Kromatografi

Gerekli materyaller: laboratuvar kabı, su, bir parça kromatografi kâğıdı (filtre kâğıdı ile de doğaçlama yapılabilir) ve kabin kenarlarına değmemesi için kullanılan cam çubuğu veya başka bir araç.

1. Kromatografi kâğıdına kalemle bir çizgi çiz ve ortasına keçeli kalemle bir nokta koy (resimdeki gibi).
2. Kâğıdın diğer serbest ucunu (keçeli kalem örneğinin karşı tarafını) cam çubuğa sabitle ve kabin açıklığı üzerine yatay şekilde yerleştir.
3. Kâğıdın bir kısmını suya batır; ancak keçeli kalem örneğinin bulunduğu yerin suyun üstünde kalmasına dikkat et (resimdeki gibi).
4. Suyun kâğıt boyunca yükselmesini bir süre bekle.

Neler fark edilebilir? En hızlı ayrışan nedir? Bu ne anlama gelir?

Kâğıt üzerindeki sabit faz, su içindeki boyaları ayırmaktadır. Su kâğıt boyunca yukarı doğru hareket etmekte, beraberinde keçeli kalem boyasının bileşenlerini taşımaktadır; bunlar farklı hızlarda yukarı çıkmaktadır. Hız, her bir bileşenin özelliklerine bağlıdır.



Tekrar Soruları

1. Laboratuvar envanterinden bazı araçları say.
2. Laboratuvarlarda kullanılan bazı cihazları say.
3. Elektroferezin ne anlama geldiğini açıkla.
4. Kâğıt kromatografisi nasıl uygulanır?

İlginç Biyoloji!

- Laboratuvar cam kaplarının büyük bölümü, yüksek sıcaklıklara ve sıcaklık değişimlerine dayanıklı özel bir borosilikat cam türünden yapılmaktadır. Bu sayede mezür, deney tüpü ve balon joje gibi kaplar çatlamadan doğrudan alev üzerinde ısıtılabilir. Laboratuvar envanterinin şekli de işlevinin bir parçasıdır – erlenmayerin dar boynu, karıştırma sırasında buharlaşmayı ve sıçrama riskini azaltmaktadır.

1.3 Mikroskop ve Mikroskopla İnceleme

Hatırla!

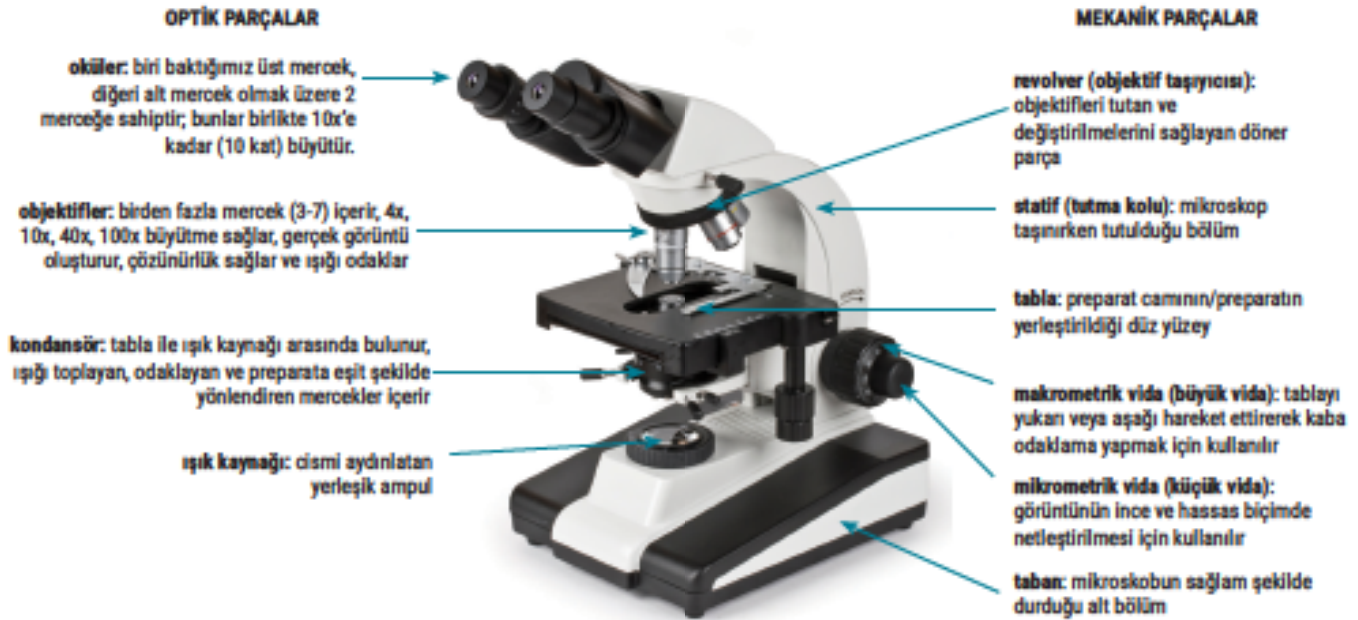
- Mikroskop nedir ve ne tür mikroskoplar vardır?
- Elektron mikroskobu ile ışık mikroskobu arasındaki fark nedir?
- Mikroskobun hangi kısmına oküler denir?
- Mikroskobik preparatların hazırlanması için gerekli olan camlar nasıl adlandırılır?

MİKROSKOP TÜRLERİ

Mikroskop, biyolojik incelemelerde çok sık kullanılan bir araçtır ve insan gözüyle görülemeyen küçük yapıların gözlemlenmesine hizmet eder. İki mikroskop kategorisi vardır: ışık mikroskopları ve elektron mikroskopları. Mikroskobik analizlerin çoğu ışıklı mikroskoplar yardımıyla yapılır.

Işıklı mikroskoplarda ışık kaynağı gündüz ışığı veya elektrikli ışık kaynağıdır. Bu mikroskoplar, gözlemlenen cismin görüntüsünü 400 katına kadar büyütür, immersiyon yağı ile mikroskopla inceleme yöntemi kullanılarak görüntü daha da büyütülebilir. Bunlarla hücreler, dokular, bakteriler ve bakteri kolonileri, parazitler ve benzeri yapılar gözlemlenebilir.

Işıklı mikroskoplar mekanik ve optik parçalardan oluşur. Mekanik parçalar mikroskobun çerçevesini oluşturur ve hassas hareket etmeyi sağlar, optik parçalar ise görüntünün büyütülmesinden ve kalitesinden sorumludur.



Işıklı mikroskobun genel yapısı

Elektron mikroskopunda görüntü, yönlendirilmiş elektron demeti yardımıyla oluşturulur (elektronik mikroskop adı da buradan gelir). Genel olarak çalışma prensibi, ışıklı mikroskobunki ile aynıdır. Elektronik mikroskop ile, elektronik mikroskobun türüne bağlı olarak 1 milyondan 50 milyon kata kadar çok büyük büyötmeye sahip görüntüler elde edilir. Bunlarla hücrenel ultra yapılar, virüsler ve diğör küçük biyolojik örnekler gözlemlenebilir.

Elektron mikroskobu altında incelenen örneklerin son derece ince olması gerekir (20-100 nm boyutlarında), hatta ışıklı mikroskop altında gözlemlenenlerden 200 kat daha ince olmalıdır. Ayrıca, canlı örnekler gözlemlenemez.

Tablo: Işıklı mikroskop ile elektronik mikroskobun performanslarının karşılaştırılması

Performanslar	Işıklı mikroskop	Elektron mikroskobu
Işık kaynağı	ışık ışınları	elektron demeti
Çözünürlük – birbirine çok yakın bulunan iki noktanın ayrı olarak net biçimde gösterilebilme gücü (cep telefonundaki pikseller gibi)	0,25 μm 'den küçük, en fazla 0,30 μm	0,4 nm'den küçük
Magnifikasyon / Büyütme – bir aracın cisimlerin görüntüsünü büyütme gücü (cep telefonundaki yakınlaştırma gibi)	400x ile 1 600x arası (küçük)	2 000 000x (büyük)
Mercek materyali / vakum	optik cam / vakumsuz	elektromıknatıslar / yüksek vakum gereklidir

İki tür elektron mikroskobu vardır: **taramalı elektron mikroskobu (SEM)** ve **geçirimli elektron mikroskobu (TEM)**.

Tablo: SEM ve TEM mikroskopları arasındaki farklar

Karakteristikler	SEM – Taramalı elektron mikroskobu	TEM – Transmisyon (Geçirimli) elektron mikroskobu
Büyütme	1 milyona kadar	50 milyona kadar
Görüntü oluşturma şekli	Elektronlar gözlemlenen örneğin yüzeyinden yansır	elektronlar gözlemlenen örneğin içinden geçer
Gösterdiği yapı	Hücrenin yüzeyi ve örneğin tamamı, sayılması ve örneğin büyüklüğünün belirlenmesi	örneğin iç yapıları, protein molekülleri, hücrelerdeki virüslerin moleküler yapıları, proteinlerin hücre zarındaki yerleşimi

Elektron mikroskopların satın alınması ve bakımı çok pahalıdır, ayrıca onlarla çalışmak için özel eğitimler gereklidir. Bunlar nispeten büyüktür (laboratuvarda geniş yer kaplar) ve yerleştirilmeleri için sağlam bir zemine ihtiyaç duyarlar; yerlerinin değiştirilmesi veya yakınlarında elektromanyetik ışın bulunması onlara zarar verebilir.

Başarılı bir mikroskopla inceleme iki etkinliğı birleştirir: mikroskobik preparat hazırlama ve gözlem yapma. Mikroskop altında gözlemlenecek olan nesne, önce lam üzerine yerleştirilmelidir ve gerektiğinde başka bir çok daha ince ve küçük olan lamel ile kapatılmalıdır.



SEM ve TEM mikroskopları



Lam, lamel ve hazır hazır preparat

Mikroskopik preparatlar şunlar olabilir:

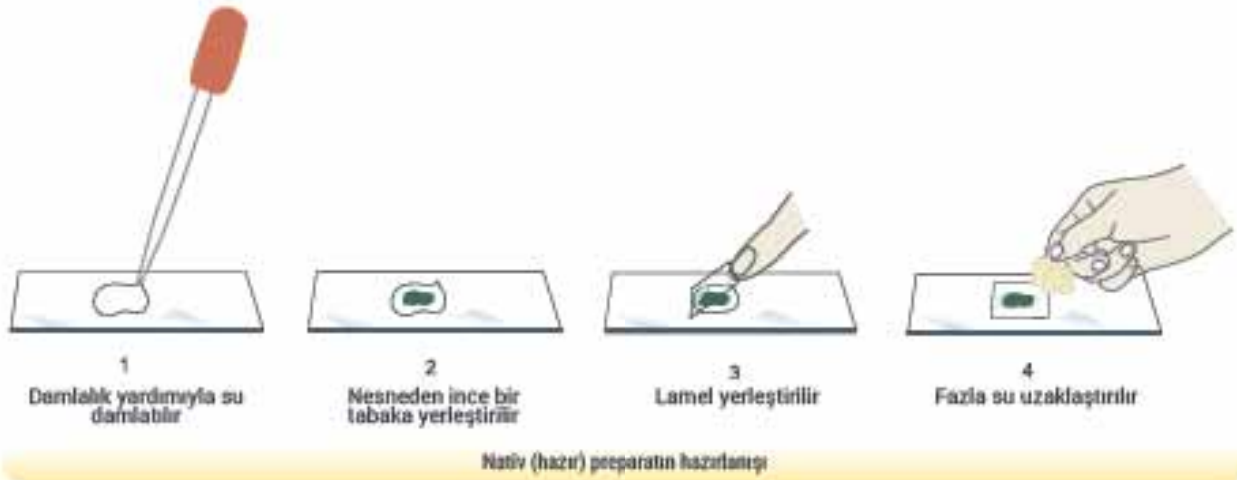
- Geçici (hazır) preparatlar; tek kullanımlık olarak hazırlanan ve hemen ya da kısa bir zaman içerisinde gözlemlenen preparatlardır. Genellikle taze veya canlı materyalden hazırlanırlar.
- Kalıcı (sabitlenmiş) preparatlar; doğal veya sentetik reçinelerle ya da başka bir sabitleme yöntemiyle sabitlenen (mühürlenmiş) preparatlardır. Bu nedenle uzun süre ve birçok kez kullanılabilirler.

Mikroskopik preparat hazırlanırken aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

1. Lam üzerine damlalık yardımıyla su damlatılır.
2. Suyun içine gözlemlenecek olan nesneden/cisimden ince bir tabaka yerleştirilir/batırılır (ince doku kesiti, çıkarılmış epidermis, göl suyu damlası ve benzeri).
3. Lamel, lam ile 45° açı oluşturacak şekilde yerleştirilir ve yavaşça bırakılarak cismin üzerini kapatması sağlanır. Damladaki su, iki camı geçici olarak birbirine yapıştırır.
4. Fazla su, lamel kaldırılmadan yumuşak bir kâğıdın lamelin kenarına dokundurulmasıyla uzaklaştırılır. Gerekğinde su eksikliği, doğrudan lamelin kenarına bir damla su damlatılarak tamamlanır.



Hayvansal dokudan hazırlanmış kalıcı preparat



Gözlemlenen bazı nesneler saydamdır (transparan) veya çok küçüktür, bu nedenle görünür hâle getirilmeleri için boya eklenmesi gerekir. Boyama işlemi, preparat üzerine bir damla özel boya damlatılmasıyla veya bakterilerde olduğu gibi özel boyama yöntemleriyle yapılır.



Etkinlik

1. Işık Mikroskobun Parçalarını Belirle

Önündeki mikroskobu al. Parçalarını saymaya ve parçaların işlevlerini açıklamaya çalış. Parçaları hızlı ve doğru şekilde sayma yarışması yapın. Yanlış cevap diskalifiye edilir, doğru cevaplar ise puan getirir!!

2. Ağız Boşluğundaki Epitel Hücrelerinden Nativ Preparat Hazırlama ve Gözleme

Ağzının iç kısmından bir kulak çubuğu ile hafifçe örnek al. Daha sonra mucusu lam üzerine yay. Hücre çekirdeklerini görünür hâle getirecek olan metilen mavisi boyasından bir damla damlat. Preparatı lamel ile kapat ve mikroskopta incele! Düzensiz şekilli hücreler ve mor renkli çekirdek görmelisin.

DİKKAT! Ağız epiteline ait preparat hazırlıyorsan, eldiven kullan ve dezenfeksiyon için %70'lik alkol kullan.

3. Çam Yapağı veya Zakkum Yapağı Dokusundan Nativ Preparat Hazırlama ve Gözleme

Öğretmen, zakkum yapağından ve çam iğnesinden ince enine kesitler hazırlamalıdır. Kesiti, bir damla su bulunan lam üzerine yerleştirir. Lamel ile kapat ve mikroskop altında gözlemler. Yaprakta farklı dokulara ait yeşil renkli hücreler görmelisin.

4. Süsen Yapragının Alt Yüzeyindeki Epidermisten Nativ Preparat Hazırlama ve Gözlemlene (Iris sp.)

Cımbız yardımıyla yaprağın alt yüzeyini dikkatlice kes, ardından ince saydam epidermisen bir kısmını çıkar. Onu, üzerinde bir damla su bulunan lam üzerine yerleştir ve mikroskop altında gözlemlene. Saydam, uzamış epidermis hücreleri ve stoma aparatları görmelisin.

5. Gölet Suyundan (Durgun Su) Nativ Preparat Hazırlama

Bir damla gölet suyunu (biraz yüzey tabakası da olacak şekilde) lam üzerine damlat. Daha sonra üzerini lamel ile kapat. Mikroskop altında gözlemlene. Suyun içinde hızlı şekilde yüzen küçük ilkel canlıları fark etmelisin. Diyatome-lerin ve diğer organizmaların ilginç düzenli şekilleri de görülebilir.

6. Polenlerden Nativ Preparat Hazırlama ve Gözlemlene

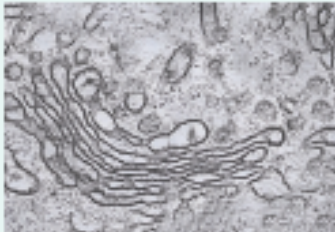
Farklı çiçeklerin başçıklarından polenleri, iğne veya cımbız yardımıyla lam üzerine dök. Daha sonra bir damla su damlat ve üzerini lamel ile kapat. Mikroskop altında gözlemlene. Polen tanelerini fark etmelisin.

Tekrar Soruları

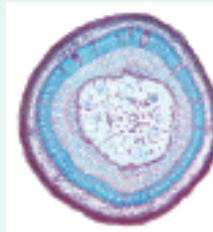
1. Işıklı mikroskopun hangi parçaları görüntüyü büyütme optik gücüne sahiptir?
2. TEM ve SEM mikroskopları arasındaki fark nedir ve bunlarla neler gözlemlenir?
3. Ne tür mikroskopik preparatlar vardır ve bunlar hangi yönlerden birbirinden farklıdır?
4. İmersiyon yağı neyi sağlar ve hangi durumlarda kullanılır?

İlginç Biyoloji!

- Elektron mikroskopuyla elde edilen görüntüler siyah-beyazdır. Bu tür görüntüler daha sonra işlenir ve ilgi çekici yapılar ayrıca renklendirilir.
- Mikroskop altında gördüğümüz farklı hücre ve doku görüntüleri doğal olarak renklidir. Bu yapıların görülebilmesi için, hücre ve dokuların belirli bölümlerinin kontrast ve görünür hâle gelmesini sağlayan farklı boyama teknikleri kullanılır.



TEM
Golgi sisteminin
mikrofotografı



Işıklı mikroskop altında
büyütülerek gözlemlenen,
kontrast boyalarla boyanmış
aklamur gövdesinin enine kesiti

1.4 Veri Toplama ve Analiz Etme

Hatırla!

- Bir araştırma yürütülürken bütün sonuçların sürekli olarak kaydedilmesi ve not tutulması neden önemlidir?
- Deney yaparken ölçümler hangi biçimde kaydedilebilir?
- Eleştirel düşünme ne anlama gelir?

Bilimsel yöntemin araştırma bölümünün tamamlanabilmesi için, elde edilen sonuçların doğru şekilde düzenlenmesi büyük önem taşır. Ancak bu şekilde doğru sonuçlara ulaşılabilir.

Gözlem ve deney sırasında toplanan veriler iki tür olabilir: nitel veriler ve nicel veriler.

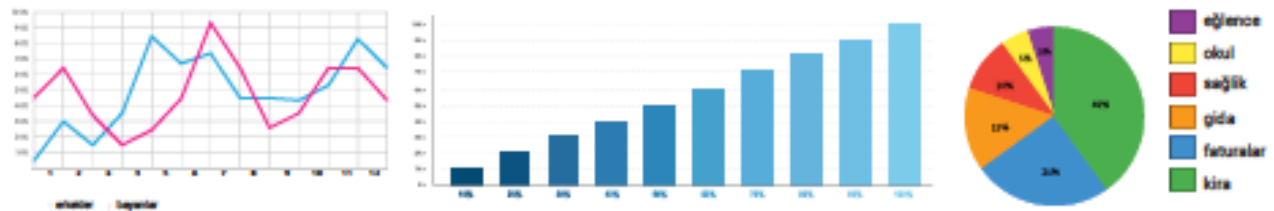
Nitel veriler tanımlayıcı özelliklerdir (nitelik özellikleri). Bunlar, sürecin gözlemlenmesine ve anlaşılmasına dayanan araştırmaların sonucudur. Nitel veriler belirli sayılarla ifade edilmez, çünkü elde edilen bilgiler öznelidir.

Nicel veriler ise belirli ölçümler sonucunda elde edilen sayısal değerlerdir ve daha sonra çeşitli matematiksel hesaplamalarda kullanılabilir.

Tablo: Sınıfta öğrenciler gözlemlendiğinde aşağıdaki veriler elde edilir

Nitel veriler	Nicel veriler
Öğrencilerin nasıl hissettikleri	Öğrenci sayısı
Öğrencilerin görünüşü	Cinsiyet
Kıyafetleri	Yaş
Motivasyonları	Sınıftaki sıcaklık
Öğrenme istekleri	Sınıftaki gürültü

Sonuçların özetlenmesi, bunların uygun tablolarda düzenlenmesiyle büyük ölçüde kolaylaşır. Tablolar hazırlanırken sütun ve satırların uygun şekilde adlandırılmasına ve ölçü birimlerinin (gram, santimetre, litre ve benzeri) doğru yazılmasına dikkat edilmelidir. Daha sonra tablolardaki veriler farklı görsel sunum biçimleriyle (diyagramlarla) gösterilebilir: çizgi grafikleri, sütun grafikleri, pasta grafikleri ve benzeri. Diyagramlar, gösterdikleri bilgilerin anlaşılmasını kolaylaştırır. Bunlar nicel veriler için yararlıdır, ancak nitel verilerde de kullanılabilir.



Deneylerden elde edilen verilerin grafiksel gösterimi - çizgi grafiği, sütun grafiği ve pasta grafiği

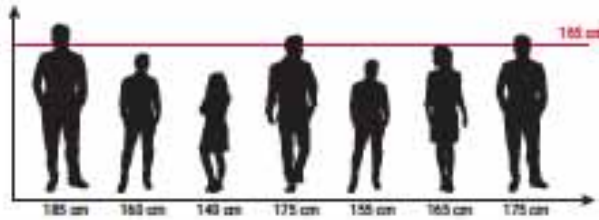
Grafikler iki eksene dayanır: x ekseni ve y ekseni. Grafik oluşturulurken, x ekseninde bağımsız değişkenin değerlerinin, y ekseninde ise bağımlı değişkenin değerlerinin gösterilmesi kuralına dikkat edilmelidir. Değerler gösterilirken büyüklüklerin ve ölçü birimlerinin belirtilmesi gerekir. Birden fazla veri seti gösteriliyorsa, her birinin farklı renklerle gösterilmesi tavsiye edilir.

NİCEL VERİLERİN İŞLENMESİ

Deney sırasında çoğunlukla çoklu ölçümler yapıldığı için, temsil edici sonuçlar elde etmek amacıyla ortalama değerlerin hesaplanması gerekir. Bazen sonuçlar yüzde veya oran şeklinde de gösterilir.

Hesaplamalar yapılırken ölçü birimlerinin yazılması önemlidir ve aynı olmayan bütün veriler uygun tek bir ölçü birimine dönüştürülmelidir (örneğin: L ve L, ya da mL ve mL kullanılmalı, mL ile L karıştırılmamalıdır).

Ortalama değer, ölçümlerin birçok kez tekrarlandığı ve çok sayıda veri elde edildiği durumlarda kullanılan temel bir hesaplama değildir. Açıklama amacıyla, bir grup insanın boylarının ölçüldüğü bir deneyin sonuçları kullanılacaktır.



Ölçme	1	2	3	4	5	6	7
Uzunluk	185	160	140	175	155	165	175

Ortalama değer (aritmetik ortalama olarak da bilinir), bütün değerlerin toplanması ve ardından elde edilen sonucun ölçüm sayısına bölünmesiyle hesaplanır. Buna göre ölçülen insanların boylarının ortalama değeri 165 cm'dir.

$$(185 + 160 + 140 + 175 + 155 + 165 + 175) : 7 = 165 \text{ cm}$$

Ortalama değer dışında, elde edilen değerlerin ortalama değerden "uzaklığı" da dikkate alınabilir. Elde edilen iki ölçüm setini inceleyelim:

I - 140 cm; 155 cm; 160 cm; 165 cm; 175 cm; 175 cm; 185 cm - ortalama değeri 165 cm'dir ve

II - 125 cm; 150 cm; 160 cm; 165 cm; 175 cm; 180 cm; 200 cm - ortalama değeri 165 cm'dir.

Her iki veri setinde de aynı ortalama değer elde edilmektedir, ancak ikinci sette elde edilen sonuçların daha geniş bir sayısal değer aralığını kapsadığı açıkça görülmektedir.

Bazen bir gruptaki verilerin ne kadar "dağılmış" olduğunu, yani ortalama değerden (aritmetik ortalama) ne kadar saptığını bilmemiz gerekir. Bunun için varyans ve standart sapma adlı istatistiksel araçlar kullanılabilir.

Varyans, ölçümlerin aritmetik ortalama olan sapmalarının karelerinin ortalamasını ifade eder. **Standart sapma** ise varyansın kareköküdür. Buna göre küçük sapma, verilerin ortalama etrafında sıkı biçimde toplandığını; büyük sapma ise verilerin geniş şekilde yayıldığını gösterir.

Korelasyon, iki şeyin birbiriyle bağlantılı olup olmadığını ve ne kadar bağlantılı olduğunu gösteren istatistiksel bir ölçüdür; yani bir değer değişirse (örneğin boy), diğerinin de değişmesinin beklenip bekleneceğini gösterir. En önemli nokta, korelasyonun bir şeyin diğerine neden olduğunu kanıtlamadığı, yalnızca onların "birlikte hareket ettiğini" göstermesidir.

iki değişken arasındaki korelasyon; pozitif, negatif olabilir ya da hiç korelasyon olmayabilir. Korelasyon, korelasyon katsayısı (r) ile ifade edilir. Bu katsayı 1'den büyük olabilir (pozitif korelasyonda), 1'den küçük olabilir (negatif korelasyonda) veya 0 olabilir (korelasyon yoktur).



Grafiklerle gösterilen korelasyon türleri – pozitif, negatif, korelasyon yoktur

Etkinlik

Kâğıt Uçaklarla Olimpiyat

1. Veri toplama

4-5 öğrenciden oluşan gruplara ayrılın. Her öğrenci kendi kâğıt uçağını yapmalı ve uçağı 5 kez fırlatmalıdır. Diğer öğrenciler, her fırlatmada uçağın kat ettiği mesafeyi ölçmelidir.

2. Verilerin analizi

Her öğrenci, ne kadar tutarlı bir "pilot" olduğunu hesaplamak için kendi 5 ölçümünü kullanır. Ortalama değer, yani uçuşun ortalama uzunluğu hesaplanmalıdır.

3. İlişki arama (korelasyon)

Sınıf düzeyinde iki farklı değişkeni karşılaştırın. Örneğin: x değişkeni; uçağın kanat uzunluğu (cm olarak); y değişkeni; o uçağın uçuş süresi.

Bu verileri bir tabloya girin ve nokta diyagramı (scatter plot) oluşturun. Aralarında korelasyon olup olmadığını belirleyin.

Tekrar Soruları

1. Nitel veri ile nicel veri arasındaki fark nedir?
2. Veriler neden tablolara yazılır? Bu sırada nelere dikkat edilmelidir?
3. Diyagram neyi gösterir ve hangi tür diyagramları biliyorsun?
4. Eğer okul sıralarını, ülkedeki bütün öğrencilerin ortalama boyuna göre tasarlasaydık, ortalamadan büyük standart sapmaya sahip öğrenciler için ne olurdu?

İlginç Biyoloji!

- Spotify ve Netflix neyi sevdiğimizi nasıl biliyor? (İş birlikçi filtreleme)

Algoritma, bizim beğendiğimiz şeyler ile başkalarının seçme biçimleri arasındaki benzerliği tanır. Bazı şarkıların "zor" ya da "enerjik" olduğunu bilmez, ancak matematiksel korelasyonlar kullanarak, bir kullanıcının diğerini neden sevdiğini tahmin etmeye çalışır:

1. Profilleme: Algoritma, senin (kullanıcının) sık sık sanatçı 1'i, sanatçı 2'yi ve sanatçı 3'ü dinlediğini görür.
2. "Benzerini arama": Sistem, milyonlarca başka profil arasından, müzik zevki seninkiyle yüksek benzerlik gösteren birini bulur. Bu kişi örneğin sanatçı 4'ü dinlediğinde, senin de onu beğenme ihtimalin vardır.
3. Tahmin: Eğer çok sayıda kullanıcı sanatçı 4'ü dinliyorsa ve onların daha önceki müzik zevkleri seninkilerle güçlü korelasyon göstermişse, bu şarkının sana da önerilme olasılığı yüksektir.

1.5 Bilimsel Sunum

Hatırla!

- Google Scholar sayfasında arama yaptığında bilgileri hangi biçimde elde edersin?
- Bu belgelere ne ad verilir?

Bilimsel yöntem, araştırmanın birkaç aşama (adım) boyunca geliştirilmesini tanımlar. Son adım, elde edilen bilgilerin yayımlanmasıdır ve bunların bilim dünyası ile bilim üzerinde bir etkisi olması gerekir.

Araştırma boyunca elde edilen sonuçların yayımlanması bilimsel sunum ile yapılır. Bilimsel sunumun farklı biçimleri vardır ve en sık kullanılanlar şunlardır: bilimsel yayın, poster sunumu, sözlü sunum ve benzeri.

Bilimsel sunum, bilimsel araştırmaların, sonuçların veya fikirlerin bir dinleyici kitlesi önünde (öğretmenler, öğrenciler, araştırmacılar vb.) sunulduğu yapılandırılmış sözlü ve görsel anlatımdır. Yapısı, amaçlarını yerine getirmelidir:

- araştırmayı açık şekilde açıklamak;
- sonuçları göstermek ve
- anlama ve tartışma ortamı sağlamak.

Söz konusu bilimsel sunum olduğu için, nesnellik ilk sıradadır. Açıklık ve kesinlik sağlamak amacıyla, sunumun biçimi mantıklı ve açık bir düzeni takip etmeli, sunulan sonuçlar ise kanıtlar ve verilerle desteklenmelidir.

Bilimsel sunum aşağıdaki bölümleri içermelidir:

1. **Başlık** – konu adını, yazarın adını ve kurumu içerir.
2. **Giriş** – problemin açıklanmasını temsil eder ve araştırmanın amacını ortaya koyar. Giriş bölümü, araştırma konusuyla ilgili kuramsal bilgilerin kısa bir özeti ile bu alandaki bilgilerden yararlanılan önceki verilere yapılan atıfları içerir.
3. **Metodoloji ve çalışma materyali** – araştırma boyunca neyin ve nasıl yapılacağını kapsar. Burada araştırma yöntemleri (nitel ve nicel), kullanılan teknikler ve araçlar, materyal/veri toplama işlemleri ile bunların analiz yöntemleri ve işlemleri belirtilir. Ayrıca araştırmadaki olası sınırlamalar, yani zayıf yönler ve engeller de burada belirtilir. Metodolojide etik yönlerden de söz edilir.
4. **Sonuçlar** – gözlemler ve deneyler sırasında elde edilen sonuçların sunulduğu bölümdür. Burada veri tabloları, grafikler ve görseller gösterilir.
5. **Tartışma** – elde edilen sonuçların yorumlanmasını ve bunların ortaya konulan soruyla mantıklı biçimde ilişkilendirilmesini içerir. Bu sırada elde edilen sonuçların ne anlama geldiği ve hipotezin doğrulanması ya da reddedilmesi yönünde olup olmadığı değerlendirilir. Önceden başka araştırmacılar tarafından elde edilen bilgilerle karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca burada bazı beklenmedik sonuçlar ve bunların olası nedenleri açıklanır; araştırmanın sınırlamaları ve bunların araştırma üzerindeki etkileri de dikkate alınır. Bu bölümde sonuçların etkileri, yani neden önemli oldukları üzerinde durulur. Sonunda ise, bilgilerin derinleştirilmesi amacıyla sunulan konuya yakın yeni araştırmalar için fikir ortaya atılır.
6. **Sonuç** – bütün araştırmanın özetlendiği ve tamamlandığı bölümdür. Burada araştırmanın amacının gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği belirlenir ve en önemli bulgular ile sonuçlar ayrılır. Sonuç

bölümü, araştırmadan elde edilen temel sonuçları ve sorunun cevabını içerir. Tek bir cümleyle, sonuç kısmı ne öğrendiğimizi ve bunun neden önemli olduğunu söylemelidir.

7. **Kullanılan kaynaklar** – araştırmanın oluşturulmasında yararlanılan ve kuramsal ile araştırma etkinliklerinin temeli olarak kullanılan bütün kaynakların alfabetik sırayla belirtildiği bölümdür. Kaynaklar arasında bütün kitaplar (bilimsel, mesleki veya ders kitapları), bilimsel ve mesleki çalışmalar (dergiler, bildiriler, konferanslar) yer alır. Ayrıca yasalar, yönetmelikler ve resmî belgeler, devlet ve uluslararası kaynaklardan alınan raporlar ile istatistiksel veriler de bu bölüme dâhildir. Güvenilir ve doğrulanmış kaynaklardan alınan internet sayfalarının elektronik adresleri de kaynak olarak gösterilir. Kaynakların nasıl gösterileceğine dair kurallar vardır. Genel olarak şu bilgileri içermelidir: yazarın adı, başlık, yayımlanma yılı, yayınevi/dergi, bağlantı adresi (gerekliyse elektronik kaynaklar için).

Bilimsel sunum, bilimsel dinleyici kitlesi önünde sunulmak amacıyla hazırlanır; genellikle bilimsel konferansların bir parçası olarak, fakültelerde, çeşitli seminerlerde veya projelerin, bitirme çalışmalarının ve benzerlerinin savunulmasında kullanılır.

Bilimsel yayın, bilimsel araştırma veya kuramsal analiz sonuçlarının sunulduğu uzmanlık niteliğinde, denetlenmiş ve kamuya açık şekilde yayımlanmış çalışmadır. Yeni bilgilerin bilimsel ve uzman çevrelerle paylaşılmasına hizmet eder. Bilimsel yayın, yüksek düzeyde bilimsel metodoloji ile karakterize edilir ve sonuçlar ile analizler özgündür. Kaynaklar doğrulanmış ve alıntılanmıştır. Yayın, hakem değerlendirmesinden (uzman kişiler tarafından yapılan inceleme) geçer ve bilimsel dergi veya konferans bildirileri kitabında yayımlanır.

Tablo: Farklı bilimsel sunum türlerinin karşılaştırılması

	Bilimsel yayın	Poster sunumu	Sözlü sunum
Bileşen bölümleri	Başlık	Başlık (açık ve kısa)	Dinleyiciye hitap edilen giriş bölümü; araştırmaya ve araştırmanın amacına kısa bir giriş yapılır
	Özet (çalışmanın kısa özeti)	Yazar(lar) ve kurum	Problemin ve konunun neden önemli olduğunun gözden geçirildiği kuramsal bölüm
	Anahtar kelimeler	Giriş / araştırmanın amacı	Materyaller ve yöntemler
	Giriş / araştırmanın amacı	Materyaller ve yöntemler (kısa)	Sonuçlar
	Kuramsal çerçeve / literatür taraması	Sonuçlar (grafikler, tablolar, görseller)	Tartışma
	Materyaller ve yöntemler	Tartışma / Sonuçlar	Sonuç
	Sonuçlar	Bilimsel kaynaklar (kısa liste)	Dinleyicinin dikkatine teşekkür edilen ve sorulara davet edilen kapanış bölümü
	Tartışma	İletişim (e-posta, QR-kod)	
	Sonuç		
	Kullanılan kaynaklar		

Poster sunumu bir araştırmanın, projenin veya fikrin görsel şekilde sunulma biçimidir ve genellikle bilimsel konferanslarda, sempozyumlarda veya akademik etkinliklerde kullanılır.

Belirli bir boyuta sahip (yatay veya daha sık olarak dikey yerleşimli A0 veya A1) bir poster söz konusu olduğu ve izleyicilerin önünde sergileneneği için, posterde görsel unsurlara ağırlık verilmeli, metin ise

en aza indirgenmelidir. Okunması açık ve hızlı olmalı (5-10 dakika), ayrıca yazar tarafından dinleyicilere sözlü olarak sunulmalıdır.

Sözlü sunum, bir konu, proje veya araştırmanın dinleyiciler önünde kamuya açık şekilde sözlü olarak anlatılmasıdır ve çoğunlukla destek amacıyla slayt sunumu (örneğin PowerPoint) kullanılır. Sözlü anlatımın süresi 10-15 dakikadır. Bu sırada beden diline ve dinleyicilerle etkileşime dikkat edilmelidir. Slaytlardan okumak tavsiye edilmez; bunun yerine slaytların açıklanması gerekir.

Etkinlik

1. Poster Sunumu Hazırlama

Bir araştırma için poster sunumu hazırla. Etkinlik, araştırmanın farklı bölümlerinden sorumlu olacağınız şekilde grup hâlinde veya bireysel olarak gerçekleştirilebilir. Poster hazırlama kurallarına uyun. Dinleyicilerin dikkatini çekmek ve ilgilerini uyandırmak için yaratıcılığınızı kullanın.

Araştırma ve poster için önerilen konular:

- Oyunlar öldürür
- Ağaç dik, orman yetiştir
- Sağlıklı beslenme, sağlıklı nesil
- Elektrik tasarrufu yap, küresel ısınmayı azalt

Eğer büyük boyutlu kâğıda erişiminiz yoksa, posteri elektronik biçimde, A4 formatında, dikey veya yatay yerleşimde hazırlayabilirsiniz. Posterleri arkadaşlarınıza sunun. Poster hazırlama örneği görselde gösterilmiştir. Görsel öğelerin metinden daha fazla yer kapladığına dikkat edin. Ayrıca araştırmanın temel bölümlerinin de yer aldığını göreceksiniz: Başlık, Giriş, Metodoloji, Hipotez, Sonuçlar, Sonuç ve Kullanılan Kaynaklar.



2. Araştırma

Bir bilimsel çalışmanın etki faktörüne (impact factor) sahip olmasının ne anlama geldiğini araştır

Tekrar Soruları

1. Bilimsel sunum neyi ifade eder? Hangi bölümlerden oluşur?
2. Üç tür bilimsel sunum birbirinden hangi yönlerden farklıdır?
3. Poster sunumu nedir ve posterde hangi bölümler bulunmalıdır?

İlginç Biyoloji!

- Bilimsel sunumlar geçmişte teknolojiyle desteklenmemiştir. Sıklıkla, bilimsel buluşların sunumu insanların uzun konuşmalar yaptığı, diyaloglar ve tartışmalar yürüttüğü yerlerde yapılmıştır; bilim insanları ise yardımcı araç olarak çubuk kullanmıştır. Görselleştirme için tahtaya çizilen geometrik şekiller, bazen de kuma çizilmiş şekiller kullanılmıştır.

1.6 Biyolojik Araştırmalarda Etik ve Güvenlik

Hatırla!

- Etik kavramını açıklamaya çalış.
- Biyolojik araştırmalarda etik nasıl açıklanabilir?
- "Biyogüvenlik" kavramını nasıl anlıyorsun?

Biyoloji alanındaki bilimsel bilgiler, insanların yaşamı ve sağlığı için olduğu kadar çevrenin ve bütün canlı dünyanın korunması ile geliştirilmesi için de büyük fayda sağlar. Bununla birlikte, biyolojik araştırma ve deneylerde etik olup olmadığı sorusu sıkça gündeme gelir.

Biyolojik araştırmalardaki **etik ilkeler**, bilim insanlarını bilimin ilerlemesi ile canlıların hakları ve refahının çatışabileceği karmaşık kararlar sırasında yönlendiren bir "ahlaki pusula" görevi görür. Bu ilkeler yalnızca tavsiye niteliğinde değildir, çoğu zaman katı yasal düzenlemelerin içine de yerleştirilmiştir. Etik denetim olmadan bilim, toplumun güvenliğini kaybetme ve bireylere ya da bütün biyosfere onarılamaz zarar verme riski taşır. Günümüzde etik kurulları, her ciddi bilimsel araştırma için "zorunlu bir filtre" durumundadır. Etik ilkeler, özellikle araştırmalar insanlar üzerinde yapıldığında daha önemli ve daha katıdır. Bu durumda, katılımcının araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul ettiğini gösteren bir **onayın** alınması gerekir. Katılımcı, süreçle ilgili bütün önemli yönler hakkında tam olarak bilgilendirilmiş olmalıdır.

HAYVANLARLA YAPILAN ARAŞTIRMALARDA ETİK (3R İLKESİ – ÜÇ R)

Biyolojide, deneyler için hayvan kullanımı çoğu zaman gerekli olmaktadır; ancak etik standartlar **3R ilkesinin** uygulanmasını zorunlu kılar – *Replace* (yerine koy), *Reduce* (azalt), *Refine* (iyileştir):

- **Yerine koy (Replace):** Mümkün olduğunda hayvanlar yerine alternatif yöntemlerin (bilgisayar modelleri, hücre kültürleri) kullanılması.
- **Azalt (Reduce):** İstatistiksel olarak anlamlı veriler elde etmek için gerekli olan en az sayıda hayvanın kullanılması.
- **İyileştir (Refine):** Daha iyi bakım, anestezi ve uygun yaşam koşulları yoluyla hayvanlardaki acı ve stresin en aza indirilmesi.

3R ilkesi, hayvanların gereksiz acılardan korunması açısından önemlidir ve birçok ülkede artık yasal bir zorunluluktur. Etik açıdan ise araştırmacıların etik sorumluluğunu güçlendirir.

Örneğin, 3R ilkesinin uygulanması şu şekilde olabilir:

Araştırmacının amacı yeni bir ilacın etkilerini incelemektir. Laboratuvar hayvanları üzerinde hemen test yapmaya başlanması yerine, önce laboratuvar doku kültürleri ya da etkileri öngörmek için bilgisayar simülasyonları ve modeller kullanılabilir. Böylece laboratuvar hayvanlarının kullanılması daha başlangıç aşamasında önlenmiş olur.

Eğer yine de hayvan kullanımı gerekiyorsa, bunun iyi planlanması, mümkün olan en az sayıda hayvan bireyinin kullanılması ve buna rağmen sonuçların güvenilir olması gerekir. İyi planlamalar, deneyin gereksiz yere tekrar edilmesini önler.

Anestezi (hayvanları uyutan maddeler) veya analjezi (ağrıyı gideren maddeler) kullanımıyla hayvanlar ağrıdan korunur. Hayvanlara uygulanacak işlemler, laboratuvar hayvanlarıyla çalışma yöntemlerini bilen eğitimli araştırmacılar tarafından yapılmalıdır.

BİYOLOJİK ARAŞTIRMALARDA GÜVENLİK

Biyolojik araştırmalarla ilişkili bir diğer alan biyogüvenliktir. **Biyogüvenlik** (veya biyolojik güvenlik), insanları, hayvanları, bitkileri ve çevreyi biyolojik tehditlerden korumak amacıyla tasarlanmış önlemler, politikalar ve uygulamalar bütünüdür. İfade eden geniş bir kavramdır. Basitçe söylemek gerekirse, ister doğal kaynaklı (virüsler, bakteriler) ister kasıtlı olarak oluşturulmuş olsun, zararlı biyolojik etkenlere karşı savunmadır.



Beyaz laboratuvar sıçanları (*Rattus norvegicus*), biyolojik araştırmalarda çok sık kullanılan hayvanlardır.

Tablo: Biyogüvenlik neleri kapsar?

Araştırmacıların korunması	Kişisel koruyucu ekipmanların kullanılması (eldiven, önlük, maske vb.). Hijyenin doğru şekilde uygulanması. Mikroorganizmalar, hücreler ve dokularla güvenli biçimde çalışılması.
Çevrenin korunması	Tehlikeli biyolojik etkenlerin laboratuvar dışına yayılmasının önlenmesi. Atık kontrolü ve dekontaminasyon.
Yaşam çevresinin korunması	Genetik olarak değiştirilmiş organizmaların veya patojenlerin yayılmasının önlenmesi. Biyolojik atıkların uygun şekilde yok edilmesi.
Kötüye kullanımın önlenmesi	Hem yararlı hem de zararlı kullanım alanı olabilecek araştırmalar. Tehlikeli materyal ve bilgilere kimin erişebileceğinin denetlenmesi.
Düzenleme ve denetim	Ulusal ve uluslararası yasa ve protokollere uyulması. Etik ve biyogüvenlik kurullarından onay alınması.

Biyolojik araştırmalar bazen potansiyel olarak tehlikeli biyolojik materyaller olabilen **mikroorganizmalarla** (bakteriler ve virüsler) **çalışmayı** içerir. Örneğin, patojen mikroorganizmaların (hastalığa neden olan etkenler) yol açtığı hastalıklar için yeni ilaçların test edilmesi ve geliştirilmesi, patojenlerle doğrudan işlem yapılması anlamına gelir. Bu durumda bilim insanının ve bütün ekibin yaşamının ve sağlığının korunması en yüksek önceliklidir. Burada biyogüvenlik, **araştırmacının korunmasını** ifade eder; ancak biyogüvenlik aynı zamanda **hayvan ve bitki dünyasının ile çevrenin korunmasını da kapsayabilir**.

Eğer potansiyel olarak tehlikeli mikroorganizmalarla çalışılıyorsa, bu çalışmalar böyle bir iş için uyarlanmış özel mikrobiyoloji laboratuvarlarında yürütülür. Çalışanlar, koruyucu ekipman kullanmayı (giysi, eldiven, önlük, bazen koruyucu tulum, gözlük ve benzeri), mikroorganizmalarla işlem yapılırken sterilite ve güvenlik protokollerine uyulmasını zorunlu kılan sıkı güvenlik protokollerini takip ederler. Çalışmalar sırasında biyolojik açıdan tehlikeli atıklar oluşur; bu nedenle bunlarla, canlı dünya ve çevre için tehlike oluşturmadan toplama, sterilizasyon veya yok etmeyi içeren biyolojik atık yönetimi protokollerine göre işlem yapılır. Ayrıca laboratuvarlara yalnızca doğru çalışma ve korunma konusunda eğitim almış belirli kişilerin erişimine izin verilmelidir.

Biyogüvenlik aynı zamanda biyoterörizm eylemlerine karşı korunmayı ve biyolojik güvenlikle bağlantılı istenmeyen olayların önlenmesini amaçlar.

Günümüzde modern laboratuvarlar çevrenin korunmasına büyük önem vermektedir. Bu doğrultuda özellikle reaktifler, enerji ve su gibi kaynakların kullanımına dikkat edilmekte ve "yeşil laboratuvar uygulamaları" olarak adlandırılan yöntemler uygulanmaktadır. Ayrıca nesli tehlike altında olan türlerin popülasyonları üzerinde yürütülen araştırmalarda, popülasyonlara ve onların yaşam alanlarına zarar verme olasılığının en aza indirilmesine dikkat edilmektedir.

Etkinlik

1. Laboratuvar Güvenli Çalışma

Birçok bilim kurgu filmi laboratuvarda yapılan bir hatayla başlar. Örneğin, koruyucu kıyafet giymeyen bir bilim insanının kontamine olmuş havayı (zehirli) soluması, bilim insanının eldivensiz şekilde tehlikeli maddelere dokunması, bilim insanının derisine veya vücudundaki açık yaraya temas edilmesi vb.

Bir laboratuvara giriş yaptığında gördüğün güvenlik önlemlerinden bazılarını hatırlamaya ve tanımlamaya çalış:

- Laboratuvara girişte kimlik belirleme;
- Bilim insanlarının koruyucu kıyafetleri;
- Güvenlik işaretleri (ışıklı ve sesli);
- Materyallerle çalışma şekli ve benzeri

Bu durumlar ve önlemler hakkında sınıf arkadaşlarınla tartışın.

Tartışma, biyogüvenliğin önemini ve hem bilim insanları hem nüfus hem de çevre için tehlikeleri anlamayı sağlamalıdır.

2. Tartışma

Ders sırasında 3R ilkesinin gerekliliği hakkında tartışın.

Tartışma, laboratuvar hayvanlarına insancıl davranılması gereğini ve etik değerleri fark etmenizi sağlamalıdır.

Tekrar Soruları

1. Bilimde etik ilkeler neyi ifade eder ve neden önemlidir?
2. Laboratuvarlardaki güvenliğin bazı bölümlerini belirt.
3. Hayvanlarla yapılan araştırmalarda "3R" neyi ifade eder ve her birinin önemini açıkla.
4. Biyolojik laboratuvar çalışırken çevre nasıl korunabilir?

İlginç Biyoloji!

- Beyaz laboratuvar sıçanları, genetik sistemleri, biyolojik özellikleri ve insanlara göre daha kısa yaşam süreleri nedeniyle deney hayvanı olarak seçilmiştir. Genetikleri çok iyi incelenmiş olan bireyler kullanılır ve bu yüzden hastalıkların araştırılması için "model organizma" görevi görürler.
- Laboratuvar sıçanları, biyogüvenliği sağlayan sıkı koşullarda yetiştirilir ve vahşi türlerle veya diğer hayvanlarla temasından uzak tutulur. Böylece sıçanların, üzerinde çalışılırken bilim insanlarına bulaşabilecek olası patojenlerin taşıyıcısı olmamaları sağlanır.

KONU ÖZETİ



- ✓ Bilimsel araştırma; gözlem yapma, soru oluşturma, bilgi toplama, hipotez kurma, deney yapma, sonuçları analiz etme ve sonuca ulaşma gibi birbirini izleyen etkinliklerden oluşur.
- ✓ Hipotez oluşturulurken, içinde bir bağımsız değişken ve en az bir bağımlı değişken bulunmasına dikkat edilmelidir. Bağımsız değişken, neden-sonuç ilişkisi içerisinde bağımlı değişkende değişiklik oluşturmak amacıyla kontrol edilen ve değiştirilen etkidir.
- ✓ Laboratuvar çalışmaları, uygun laboratuvar araç gereçleri olmadan gerçekleştirilemez. Bunlar; deneysel çalışmaların yürütülmesinde kullanılan cam, plastik, seramik, metal ve benzeri maddelerden yapılmış çeşitli araçlardır. Biyoloji laboratuvarlarında ayrıca elektroforez, kromatografi, santrifüjleme ve örneklerin fraksiyonlara ayrılması gibi laboratuvar yöntemlerinin uygulanmasını sağlayan, farklı gelişmişlik düzeylerine ve teknik özelliklere sahip cihazlar da kullanılmaktadır.
- ✓ Mikroskop, biyolojik araştırmalarda çoğu zaman temel araçtır. Genel olarak görüntüyü ışık yardımıyla oluşturan ışıklı mikroskop kullanılır; ancak görüntüyü elektron demeti ile oluşturma prensibiyle çalışan elektronik mikroskoplar da bilimde geniş kullanım alanına sahiptir. Elektronik mikroskoplar, ışıklı mikroskoplara göre çok daha yüksek çözünürlük (netlik) ve magnifikasyona (büyütme) sahiptir.
- ✓ Deneyler sırasında toplanan veriler sistemli biçimde tablolar ve farklı diyagram türleri (görsel gösterimler) hâlinde düzenlenir.
- ✓ Deneyler sırasında toplanan veriler nitel ve nicel olabilir. Nicel veriler, analiz ve sonuç çıkarma sürecinde analitik ve eleştirel yorum yapma imkânı sağlayan istatistiksel hesaplamalarda kullanılır. En sık kullanılan istatistiksel hesaplamalardan bazıları ortalama değer, standart sapma ve korelasyondur.
- ✓ Elde edilen bilgiler, belirli kuralları olan bilimsel sunumlar aracılığıyla bilimsel ve uzman çevrelere sunulur. En sık kullanılan bilimsel sunum türleri şunlardır: bilimsel yayın, poster sunumu ve sözlü sunum.
- ✓ Biyolojik araştırmalar, araştırma sürecinin dürüst şekilde yürütülmesini sağlayan etik ilkelere dayanır. Bu, bilim insanının çalışmaları sırasında insanların sağlığını, çevrenin genel iyiliğini ve bütün canlı dünyayı korumaya dikkat ettiği anlamına gelir.
- ✓ "Üç R" (3R) kuralı, laboratuvar hayvanlarıyla çalışmalara yeni bir boyut kazandırır. Bu kurallar (replace, reduce, refine - yerine koy, azalt ve iyileştir), bilim insanını laboratuvar hayvanlarına alternatif yöntemler kullanmaya yönlendirir ve bunu zorunlu kılar. Bir hayvanın kullanılmasının kaçınılmaz olduğu durumlarda ise ona insancıl şekilde davranılmalıdır (hayvanın acı çekmesi ve zarar görmesi önlenmelidir).
- ✓ Araştırmalardaki biyogüvenlik; araştırmacıların korunması, çevrenin korunması, yaşam çevresinin korunması, kötüye kullanımın önlenmesi gibi birçok alanı kapsar ve bunlar belirlenmiş önlemler ile düzenlemeler aracılığıyla sağlanır.

Konu 1 Tekrar Soruları

- Bağımlı değişken nedir?
 - bilim insanının değiştirdiği etken
 - sabit kalan (değişmeyen) etken
 - değişen ve ölçülen etken
 - kontrol grubuna ait etken
- Işıklı mikroskobun hangi bölümü büyütme için mercekler içerir?
 - mikrometrik vida
 - kondansör
 - ayna
 - oküler
- İmersiyonlu mikroskop inceleme tekniğinde aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
 - 10 kat büyütmeli objektif
 - 40 kat büyütmeli objektif
 - 100 kat büyütmeli objektif
 - belirtilen bütün objektifler
- En büyük büyütmeyi hangi mikroskop türü sağlar?
 - TEM
 - SEM
 - elektrikli mikroskop
 - ışıklı mikroskop
- 15x büyütmeli oküler ve 4x büyütmeli objektif kaç kat büyütme sağlar?
 - 6 kat
 - 45 kat
 - 60 kat
 - 450 kat
- Aşağıdaki araçlardan hangisi hacmi hassas şekilde ölçmek için kullanılır?
 - mezür
 - baloncuk
 - beher
 - balonjoje
- Elektroforez sırasında moleküller aşağıdakilere göre ayrılır:
 - büyükliklerine göre
 - çözünürlüklerine göre
 - elektrik yüklerine göre
 - santrifüj kuvvetine göre
- Sayılarla ifade edilen veriye ne ad verilir?
 - nitel veri
 - nicel veri
 - öznel veri
 - kontrol verisi
- Varyans neyi gösterir?
 - verilerin ne kadar doğru olduğunu
 - verilerin birbirinden ne kadar farklı olduğunu
 - verilerin ortalama değerden ne kadar saptığını
 - ortalama değeri
- Hangi bilimsel sunum türünde hitabet becerileri kullanılır?
 - bilimsel yayın
 - poster sunumu
 - sözlü sunum
 - belirtilenlerin hepsinde
- Biyolojik araştırmalardaki üç R ne anlama gelir?
 - yerine koy, azalt, iyileştir
 - geri dönüştür, yeniden kullan, azalt
 - araştırmalarda sadece sıçan kullan, maymun kullanma
 - belirtilenlerin hepsi
- Bilimsel yöntemin aşamalarını ilk aşamadan son aşamaya doğru sırala.
 - Hipotez kur
 - Sonuçları yayımla
 - Soru oluştur
 - Sonuçları analiz et ve sonuç çıkar
 - Mevcut bilgileri araştır
 - Hipotezi deneyle test et
- Sunum biçimlerini uygun bilimsel sunum türüyle eşleştir.

	sayı-harf
1. Bilimsel yayın	a) Hitabet becerileri kullanılarak, görsel sunum desteğiyle dinleyiciler önünde yapılan anlatım.
2. Poster sunumu	b) Görsel unsurlara ağırlık verilen, minimum miktarda metin içeren görsel yayın biçimi.
3. Sözlü sunum	c) Bilimsel dergi, konferans bildirileri kitabı ve benzeri yayınlarda yayımlanan kamuya açık çalışma.
- Verilen iki hipotezi analiz et ve aralarındaki farkı kendi sözlerinle açıkla.
 - Eğer bitki yeterli ışığa sahipse, fotosentez başarılı şekilde gerçekleşir.
 - Eğer bitki yeterli suya ve ışığa sahipse, fotosentez başarılı şekilde gerçekleşir.

15. Mikroskoplarda "çözünürlük" ve "magnifikasyon" kavramlarının neyi ifade ettiğini, cep telefonundan örnek kullanarak açıkla.
16. "Nitel veri" ve "nicel veri" kavramlarının neyi ifade ettiğini açıkla. Birkaç örnek say.
17. Aşağıdaki ifadelerde doğru olanlar için (D), yanlış olanlar için (Y) yaz.

18. Tehlikeli mikroorganizmalarla çalışan bir araştırmacı hangi kişisel korunma önlemlerini almalıdır?
19. Aşağıdaki soru için bir araştırma yapman gerekiyor: Işığın fasulye tohumunun çimlenmesi üzerinde etkisi var mı? Araştırma sırasında bilimsel yöntemin bütün aşamalarını (adımlarını) açıkla. Her birinde ne yapacağını anlat.

İfade	D / Y
Elektronik mikroskop altında elde edilen görüntüler siyah-beyazdır.	
Hipotez şu ilkeye göre kurulur: Eğer – o zaman.	
Bağımlı değişken bilim insanı tarafından değiştirilir.	
Kontrol edilen değişkenler bağımsız değişkene bağlıdır.	
Bilimsel yöntemle göre yapılmışsa, güvenilir bir veri için tek bir deney yeterlidir.	
Taramalı elektronik mikroskop, gözlemlenen cismin iç yapısının görüntüsünü verir.	
Natif preparat yalnızca belirli bir süre mikroskopta incelenir.	
Laboratuvar beheri, sıvı hacmini mezür kadar yüksek doğrulukla ölçer.	
Bütün laboratuvar araç gereçleri ateşe dayanıklı camdan yapılmıştır.	
Kromatografi, bir karışımın bileşenlerinin fraksiyonlara ayrılmasına hizmet eder.	
Standart sapma varyanstan elde edilir.	
Diyaframlar, araştırmalardan elde edilen verilerin görsel gösterimleridir.	
Korelasyon belirlenirken bir değişkenin başka bir değişken üzerindeki etkisi elde edilir.	
Grafik oluşturulurken, x ekseninde bağımsız değişkenin değerleri gösterilir.	
Bilimsel araştırmalarda etik, çoğu zaman sonuçların ihtiyaçlara göre biçimlendirilmesi anlamına gelir.	
Biyogüvenlik, biyoloji laboratuvarlarında çalışırken sıkı kuralların ve protokollerin izlenmesini ifade eder.	

KONU 2

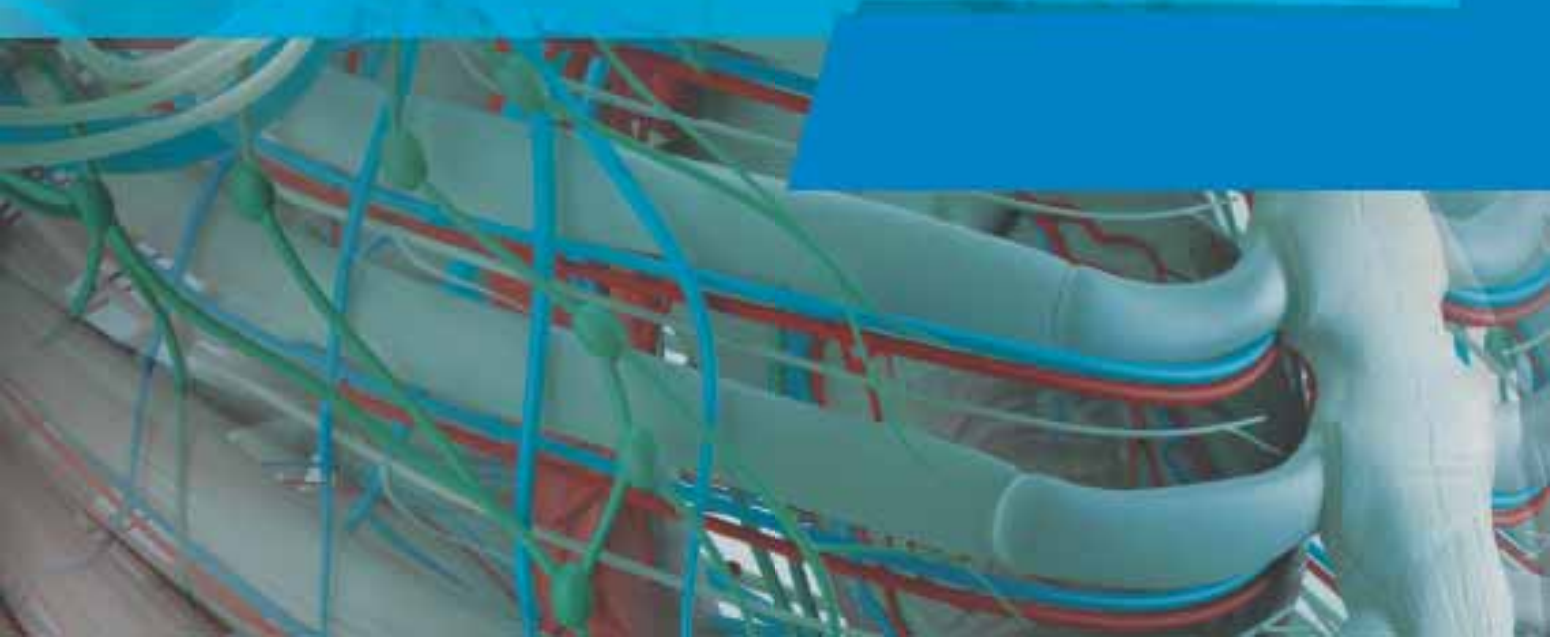
İNSANDA ORGAN SİSTEMLERİ

- ▶ Canlı organizmaların organizasyon düzeyi
- ▶ Sindirim sistemi
- ▶ Dolaşım ve lenfatik sistem
- ▶ Solunum sistemi
- ▶ Boşaltım sistemi
- ▶ Hareket sistemi
- ▶ Üreme sistemi
- ▶ Koordinasyon ve tepkiler
- ▶ Endokrin sistem



Bu konuda şunları öğreneceksin:

- İnsanda organ sistemlerinin yapısını ve temel görevini, bunların birbirleriyle olan bağlantısını ve homeostazın sürdürülmesindeki rolünü betimlemeyi ve açıklamayı;
- Organ sistemlerinin işleyişiyle ilgili temel organları, süreçleri ve kavramları belirlemeyi ve ayırt etmeyi;
- Yaşam alışkanlıklarının ve çevresel etmenlerin organ sistemlerinin sağlığı üzerindeki etkisini analiz etmeyi;
- İnsan sağlığını korumak ve geliştirmek için önleyici önlemleri ve sağlıklı davranışları uygulamayı.



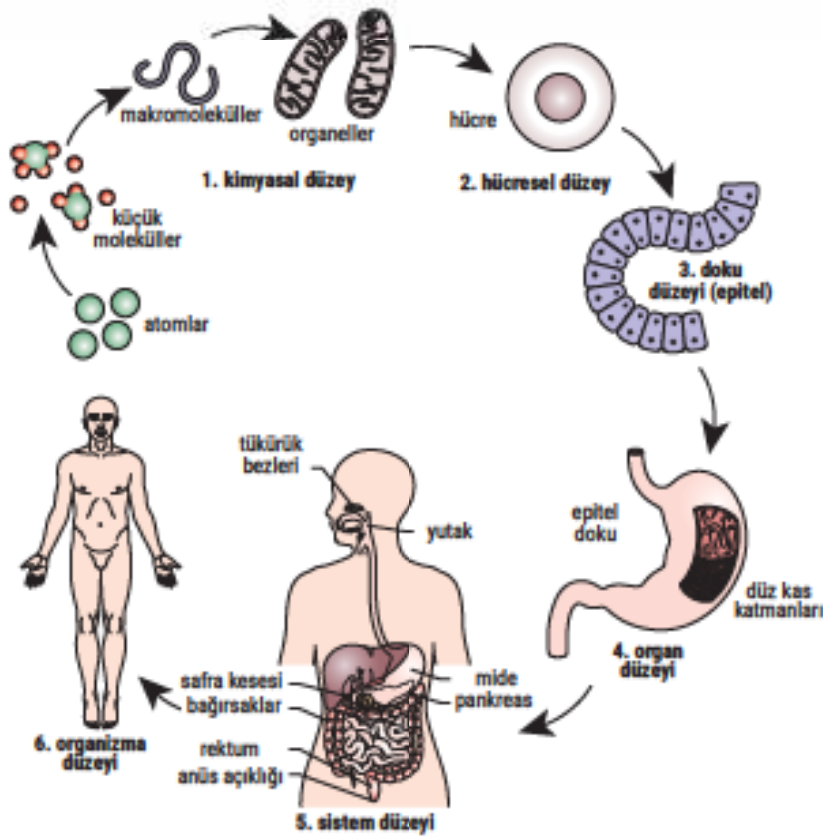
2.1 Canlı Organizmaların Organizasyonu ve Homeostaz

Hatırla!

- Atom nedir, kimyasal element nedir?
- Hücrede hangi organeler bulunur ve bunların görevi nedir?

İnsan organizması açık bir hiyerarşik organizasyon düzeyine sahiptir. Bu sırada her düzey, kendisinden önceki düzey üzerine kurulur. Böylece, birbirine bağlı birden fazla atom molekülleri oluşturur, birden fazla molekül ise hücreyi meydana getirir. Aynı görevi yerine getiren hücreler dokuyu oluşturur, çeşitli dokular bir organı meydana getirir, ortak bir görevi olan birden fazla organ ise organ sistemlerini oluşturur. Bütün farklı organ sistemleri birlikte bir organizmayı meydana getirir.

Atomlar, bütün maddelerin yapıldığı kimyasal elementlerin temel yapı birimleridir. Kimyasal element, alışılmış kimyasal süreçlerle daha basit maddelere ayrıştırılamayan bir maddedir.



İnsan organizmasının hiyerarşik organizasyonu

İki veya daha fazla atomun birbirine bağlanmasıyla bir molekül oluşur. Moleküldeki atomlar kimyasal bağlarla birbirine bağlıdır. Farklı atomlardan oluşmuş **moleküller** içeren maddelere **bileşikler** denir. Bileşikler, karbon monoksit (CO) gibi basit ya da binlerce atomdan oluşan proteinler gibi çok karmaşık olabilir.

İnsan vücudunu oluşturan moleküllerin büyük bölümü (su hariç), başlıca dört elementten oluşan organik moleküllerdir: karbon, hidrojen, oksijen ve azot (C, H, O, N). Organizmadaki en önemli organik bileşikler karbonhidratlar, lipitler, proteinler ve nükleik asitlerdir. Bu bileşikler glikoproteinler, lipoproteinler ve glikolipitler biçiminde birleşmiş olarak da bulunabilir. Fosfolipitler, hücre zarlarının önemli bir bölümünü oluşturan lipitlerdir; nükleik asitler ise kalıtsal bilgileri taşıyıcı ve proteinlerin sentezine katılır.

HÜCRESEL DÜZEYDE ORGANİZASYON

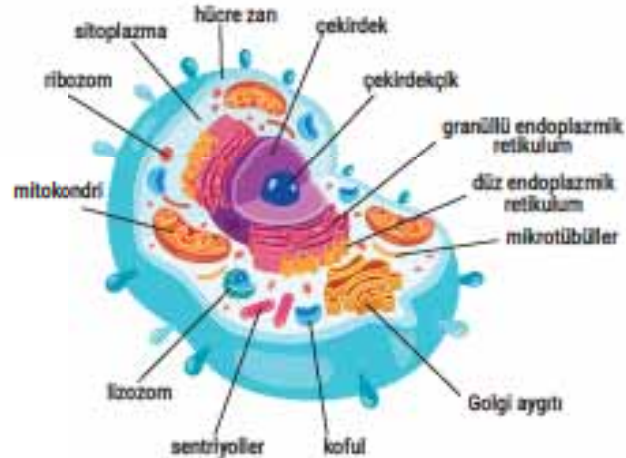
Hücre, canlı organizmanın temel yapısal ve işlevsel birimidir ve onun büyüme, madde ve enerji alışverişi, duyarlılık ve bölünme gibi bütün özelliklerini gösterir. İnsan organizması milyonlarca hücreden oluşur ve onun tüm etkinliği, bu hücrelerin çalışmasının sonucudur. İnsan vücudunda yaklaşık 210 farklı hücre türü vardır. Her hücre, dış ortamdan hücre zarı ile ayrılır; bu zar, hücreye neyin gireceğini ve hücreden neyin çıkacağını seçici olarak denetler.

Hücrede organeller bulunur. Bunlar, hücrenin yaşamı için gerekli farklı görevleri yerine getiren özelleşmiş yapılardır. Bütün hücreler aynı organelleri içermez ve bunları aynı oranda bulundurmaz. Çekirdek, ökaryot hücredeki en önemli organdır. Çekirdekte, kalıtsal bilgilerin yazılı olduğu DNA molekülleri bulunur. DNA, hücre bölünmesi sırasında görünür hâle gelen 46 kromozom hâlinde düzenlenmiştir. Üreme hücreleri bu kromozom sayısının yarısını içerir (23).

Hücredeki daha önemli organeller mitokondriler, endoplazmik retikulum, ribozomlar, Golgi aygıtı, lizozomlar ve diğerleridir.

Bir ökaryot hücreden hücre zarı ve zarla çevrili bütün organeller çıkarılırsa geriye sitoplazma, yani hücre sıvısı kalır. Sitoplazma, hücrenin en büyük bölümünü kaplar ve yaşam için gerekli çok sayıda kimyasal tepkimenin gerçekleştiği yerdir. Burada besin maddeleri parçalanır ve önemli sentez süreçleri gerçekleşir.

İnsandaki bütün hücrelerin temel yapısı benzerdir; ancak hücreler büyüklük, şekil ve görev bakımından farklılık gösterir. Hücrelerin büyüklüğü yaklaşık 7 µm'den (eritrositlerde olduğu gibi), yaklaşık 200 µm'ye ya da daha fazlasına kadar değişebilir (bazı kas hücrelerinde olduğu gibi). Sinir hücrelerinin uzun uzantıları vardır ve görünüşleri bakımından kas hücrelerinden ya da göz merceği hücrelerinden belirgin biçimde farklıdır. Bazı hücrelerin yüzeyinde, hareketleriyle çevrelerindeki sıvıların hareketini sağlayan siller bulunur. Sperm hücrelerinde ise onların hareket etmesini sağlayan bir kamçı görülür.



Ökaryot hücrenin iç yapısının şematik gösterimi

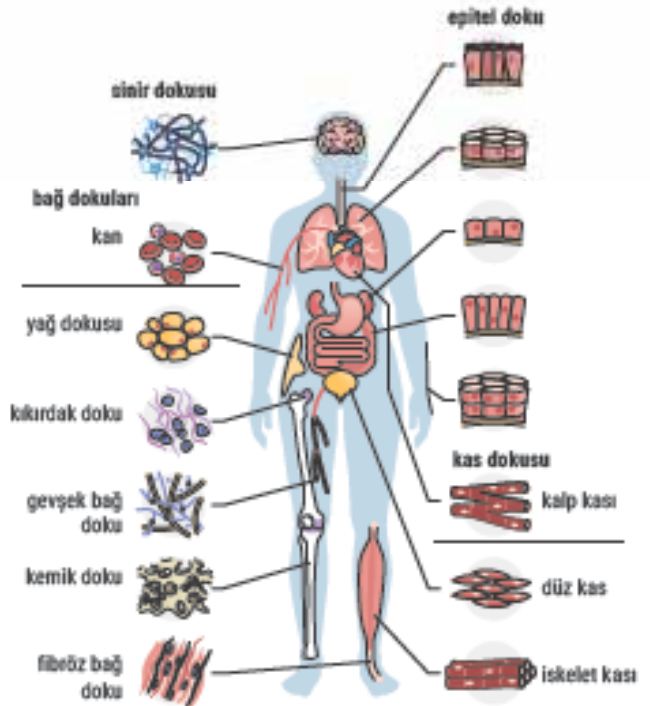


İnsan organizmasındaki farklı hücre türleri

DOKULAR

Yapı bakımından benzer olan ve belirli görevleri yerine getirmek üzere özelleşmiş hücreler, **dokular** hâlinde organize olmuştur. İnsan organizmasında dört temel doku türü vardır. Bunlar:

- **Epitel doku**, vücudu örter ve deri, sindirim ve solunum sistemi, kan damarları ve vücut boşlukları gibi iç organların yüzeyini döşer. Epitel hücreleri yassı, dörtgen ya da uzun biçimli olabilir ve tek kat hâlinde (tek katlı epitel) ya da birden fazla kat hâlinde (çok katlı epitel) dizilebilir. Epitel; koruma, salgılama ve emilim görevlerini yerine getirir. Epitel doku, özellikle yaralanmalarda hızlı yenilenme yeteneğine sahiptir.
- **Bağ doku**, organizmanın bölümlerini birbirine bağlar ve destekler; hücreler arası madde içerir. Sertliğine göre; yumuşak bağ doku (yağ ve gevşek bağ doku), fibröz bağ doku (tendonlar ve bağlar), sert bağ doku (kıkırdak ve kemik doku) ve sıvı bağ doku (kan ve lenf) olarak ayrılır.
- **Kas doku** hareketi sağlar ve uzun hücrelerden, yani kas liflerinden oluşur. Üç tür kas vardır: iskelet kası, kalp kası ve düz kas.
- **Sinir doku**, nöronlardan ve nöroglia hücrelerinden oluşur. Nöronlar sinir impulslarını alır ve iletir; nöroglia ise onları destekler ve korur. Bu doku, merkezî ve çevresel sinir sistemini oluşturur; vücudun koordinasyonunu ve kontrolünü sağlar.



İnsan vücudundaki bazı dokular

ORGANLAR

Organ, organizmada birlikte bir görevi yerine getiren farklı dokulardan oluşur. Her organın kendine özgü bir şekli, yapısı ve görevi vardır. Örneğin kalp; kas, epitel, bağ ve sinir dokusundan oluşur. Böbrekler epitel, bağ, kas ve sinir dokusundan oluşur; karaciğer ise epitel, bağ ve sinir dokusunun yanı sıra kan damarlarını da içerir.



İnsan vücudundaki bazı organlar

ORGAN SİSTEMLERİ

Belirli bir görevi yerine getirmek üzere birlikte işlev gören organlar, **organ sistemi** oluşturur. Organlar, 9, 10 ya da 11 organ sistemi grubunda sınıflandırılabilir.

- **İskelet sistemi.** Vücudun temelini, birbirleriyle bağlantı kurarak iskelet adı verilen yapıyı oluşturan yaklaşık 206 kemikten meydana gelen bir sistem oluşturur.
- **Kas sistemi.** Vücudun hareketi, kemiklerle bağlantılı olan iskelet kaslarının etkinliğinin sonucudur. Organizmadaki organların duvarlarında, örneğin bağırsaklarda, başka bir kas türü bulunur; kalbin duvarında ise üçüncü bir kas türü vardır. İskelet sistemi ve kas sistemi birlikte hareket (lokomotor) sistemini oluşturur.
- **Dolaşım sistemi.** Kalp ve kan damarları, kanı vücudun bütün dokularına pompalayan sistemin yapısına girer; bu sırada besin maddelerini, oksijeni ve diğer maddeleri taşır, dokulardan ise onların çalışmasının son ürünlerini alır. Lenf damarları dolaşımda önemli bir yardımcı rol oynar. Bu sistem çok sık olarak kan dolaşım sistemi ve lenf sistemi olmak üzere iki ayrı sisteme ayrılır.
- **Sindirim sistemi.** Bu sistem, besinin alınmasına ve onun vücut hücreleri tarafından kullanılacak maddelere dönüştürülmesine katılan bütün organlardan oluşur. Bu tür organlar ağız, yemek borusu, mide, bağırsaklar, karaciğer ve pankreasır.
- **Solunum sistemi.** Bu sistem akciğerleri ve akciğerlere giden yolları kapsar. Bu sistemin rolü, gaz alışverişini sağlamaktır; bu sırada havadaki oksijen kana girer ve dolaşım sistemiyle bütün dokulara taşınır. Aynı şekilde, son metabolik ürün olarak karbondioksit dokulardan alınır ve vücuttan dışarı atılır.
- **Deri sistemi.** Deri, ekleriyle birlikte insan organizması için önemli olan çok sayıda işleve sahiptir.
- **Üriner sistem.** Bu sistem ekskretör sistem olarak da adlandırılır. Temel organları böbrekler, üreterler, idrar kesesi ve üretradır; temel işlevi ise son ürünlerin ve fazla suyun vücuttan dışarı atılmasıdır. (Diğer son ürünlerin sindirim ve solunum sistemi aracılığıyla, ayrıca deri yoluyla da uzaklaştırıldığı bilinmektedir.)
- **Sinir sistemi.** Beyin ve omurilik, sinirlerle birlikte vücudu kontrol eder ve koordine eder. Duyu organları (gözler, kulaklar, dil, burun) çevreden uyarıları alır ve bunları beyin işlediği uyarılara dönüştürür. Beyin; bilinci, hafızayı ve tepkileri de yönetir. Duyu organlarıyla birlikte sinir sistemi, koordinasyon ve tepkiler sistemini oluşturur.
- **Endokrin sistem.** Benzer işlevlerine göre endokrin bezler tek bir sistemde gruplandırılır. Onların ürünleri, hormon adı verilen özgül maddelerdir; bu maddeler büyüme, besin maddelerinin hücrelerde kullanılması, üreme vb. belirli bedensel etkinlikleri düzenler.
- **Üreme (cinsel) sistemi.** Bu sistem, dış cinsel organları ve üreme ile doğumla bağlantılı olan bütün iç organları içerir.



İnsanda bazı organ sistemleri

ORGANİZMA DÜZEYİ

Bütün organlar ve sistemler arasındaki iş birliği sayesinde insan **organizması** bir bütün olarak işlev görür. Hiçbir sistem tek başına çalışmaz. Her birinin kendi rolü vardır; ancak bütün beden, onların karşılıklı bağlantısına bağlıdır. Örneğin solunum sistemi ve kan dolaşım sistemi birlikte çalışır: akciğerler oksijeni alır, kan onu bütün hücrelere taşır, hücreler ise onu enerji üretimi için kullanır. Bu iş birliği olmadan hücreler enerjisiz kalırdı.

HOMEOSTAZ

Homeostaz, organizmanın, çevresindeki koşullar sürekli değişmesine rağmen iç ortamını kararlı ve sürekli tutabilme yeteneğidir. Homeostaz; vücut sıcaklığının, su miktarının, kandaki şeker düzeyinin, kan basıncının ve diğer önemli parametrelerin düzenlenmesini kapsar. Böylece hücreler, dokular ve organlar doğru biçimde çalışabilir. Homeostaz bozulursa organizma, yaşamsal işlevlerde ciddi sorunlar yaşayabilir. Homeostazın sürdürülmesi için sinir sistemi ve endokrin sistem, ayrıca sıcaklığı, suyu, tuzları, solunumu ve metabolizmayı kontrol eden organlar birlikte çalışır. Bütün sistemler, bedeni dengede tutmak için geri bildirim mekanizmalarını (feedback) kullanır.

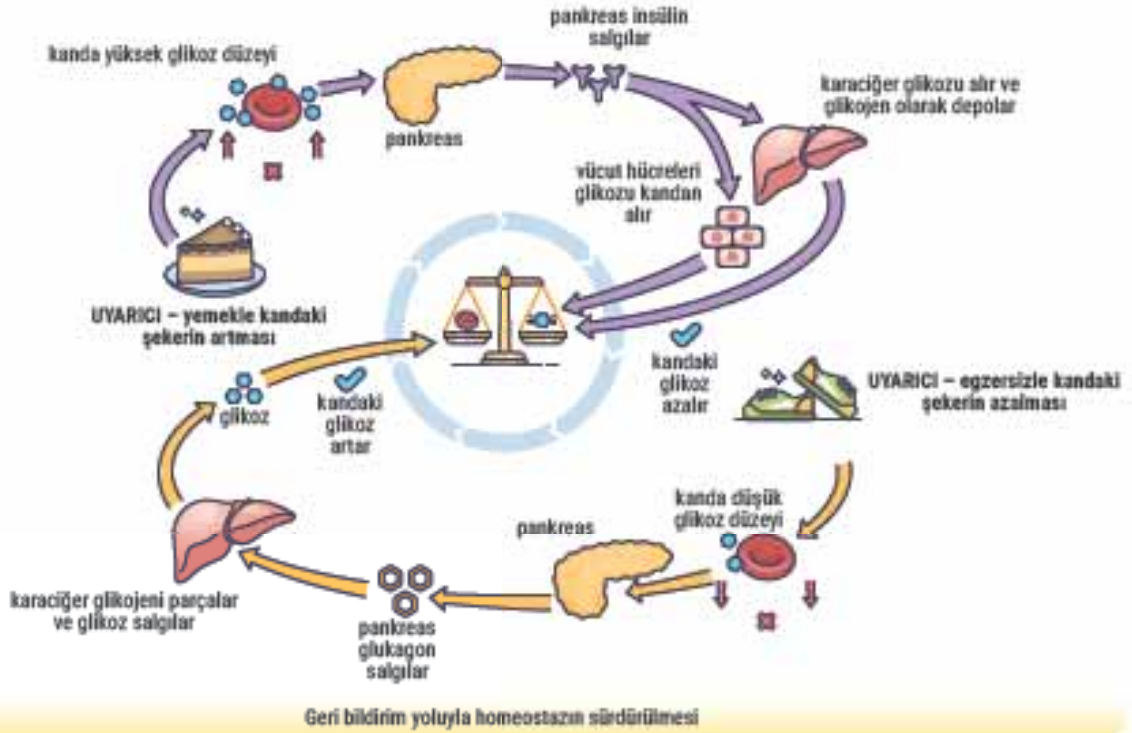
Negatif geri bildirim böyle mekanizmaların en yaygın olanıdır. Bu, herhangi bir parametre artarsa ya da azalırsa, bedenin onu normal düzeye geri döndürmek için tepki verdiği anlamına gelir. Örneğin:

- Karbondioksit (CO_2) kontrolü: CO_2 artarsa, beyin solunumun hızlanmasını uyarır ve böylece CO_2 azalır; CO_2 düşerse solunum yavaşlar.
- Kandaki şekerin (glikozun) kontrolü: şeker düzeyi artarsa (hiperglisemi), pankreas bunun azalması için insülin salgılar; düzey düşükse (hipoglisemi), bunun artması için glukagon salgılanır.



Regülasyonda pozitif ve negatif geri bildirim bağlantısı

Pozitif geri bildirim bağlantıları da vardır ve bunlar çoğunlukla hastalığa yol açar. Buna göre, eğer kan basıncında bir artış varsa ve kontrol mekanizmaları onun daha da fazla yükselmesine neden oluyorsa, bu durum yalnızca organizmaya zarar verir. Daha seyrek olmakla birlikte, pozitif geri bildirim bağlantısı yoluyla düzenlenen ve yine de yararlı olan durumlar da vardır; örneğin kan koagülasyonu (pıhtılaşma), doğum ya da sinir sinyallerinin oluşması.



İnsan organizmasının normal işleyişini ve homeostazın sürdürülmesini destekleyen sağlıklı alışkanlıklar için bazı genel, kısa ve açık öneriler şunlardır:

Dengeli beslenme: çeşitli besinler tüket (meyve, sebze, proteinler, tahıllar), şeker, tuz ve işlenmiş gıda alımını sınırla, sıvı dengesinin ve sıcaklığın korunması için yeterli su iç.

Düzenli fiziksel aktiviten olsun: günde en az 30 dakika orta düzeyde aktivite yap; egzersizin solunumu, dolaşımı, metabolizmayı ve bütün sistemlerin çalışmasını iyileştirdiğini bil.

Kaliteli uyku da gereklidir; her gece 7–9 saat uyumak gerekir. Uyku, organizmanın hormonları, bağışıklığı ve sinir sistemini düzenlemesini sağlar.

Strese dikkat et ve onu yürüyüşler, müzik ve gevşeme ile azalt.

Sigara ve alkol ya da aşırı kafein kullanımı gibi zararlı alışkanlıklardan kaçın.

Kan basıncının, şeker düzeyinin ve kolesterolün izlenmesini sağlayacak düzenli sağlık kontrolleri yaptır. Unutma, sorunların erken tespit edilmesi homeostazın bozulmasını önler.

İyi hijyen sağla ve temiz havada bulun.

Etkinlik

1. Hücre Organelleri

3-4 öğrencilik gruplara ayrılınız. İki sütunlu bir tablo hazırlayınız: (1) organel ve (2) onun işlevi. Tabloya en az üç organel yazınız. Bir organel seçiniz ve onun hücrenin yaşamı için neden önemli olduğunu ve hangi yaşamsal özellik ile ilişkili olduğunu açıklayınız. Kısa bir sözlü açıklama hazırlayınız.

2. Homeostaz

3-4 öğrencilik gruplara ayrılınız. Üç sütunlu bir tablo hazırlayınız: (1) vücutta neyin düzenlendiği, (2) hangi organların ya da sistemlerin katıldığı, (3) bozulmuş homeostazın sonuçları. Tabloyu en az dört örnekle doldurunuz. Kısa bir sözlü açıklama hazırlayınız.

Tekrar Soruları

1. Hücresel düzeyden daha yüksek organizasyon düzeyleri hangileridir?
2. Farklı organ türlerine örnek ver.
3. Solunum sistemi ve dolaşım sistemi, hücrelere oksijen sağlanmasında nasıl iş birliği yapar?
4. Neden bir organ ya da sistem, diğerleri olmadan bağımsız olarak işlev göremez?
5. Organların doğru çalışması, homeostazın sürdürülmesi için neden önemlidir? İnsan organizmasında bozulmuş homeostazın iki sonucunu belirt.

Eğlenceli Biyoloji

- Bir kas hücresi yaklaşık 1 000 ile 2 000 arasında mitokondri içerebilir; çok aktif kaslarda ise bu sayı daha da fazla olabilir. Karşılaştırma için, bir kemik hücresinde çoğunlukla yaklaşık 100 ile 200 arasında mitokondri bulunur.
- İnsandaki bazı hücreler, örneğin merkezi sinir sistemindeki sinir hücreleri, bir kez oluşur ve bölünmeden bütün yaşam boyunca yaşayabilir. Deri ve kan hücreleri gibi diğer hücreler ise sürekli olarak oluşur ve yenilenir; bazen bu yenilenme yalnızca birkaç gün içinde gerçekleşir.

2.2 Besinlerin Bileşimi ve Önemi

Hatırla!

- Hangi canlı organizmalar kendi besin maddelerini kendileri oluşturabilir? Bu organizmalara ne ad verilir? İnsan böyle bir yeteneğe sahip midir?
- Bitkilerde organik maddeler nasıl oluşur?
- Bir tepkimede katalizör nedir?

Her canlı organizma için, insan için de, doğru işleyiş ancak düzenli ve uygun beslenmeyle mümkündür. Her gün vücudun yenilenir; hücreler bölünür, dokular rejenerasyon geçirir ve organlar sürekli çalışır. Bütün bu süreçler için enerji gereklidir; organizmalar bu enerjiyi besinlerden elde eder. Besinler aracılığıyla organizma, dokuların yapımı, bağışıklığın doğru çalışması, vücut sıcaklığının korunması ve sıvı dengesinin sağlanması için gerekli bütün maddeleri de alır.

BESLENMEDE ORGANİK VE İNORGANİK BÖLÜMLER

Organizmamıza aldığımız besinler, organik ve inorganik olarak ayrılabilen farklı kimyasal elementlerden ve bileşiklerden oluşur.

Organik maddeler, karbon içeren; çoğunlukla hidrojen ve oksijenle birlikte, bazen de azot, fosfor ya da kükürt içeren bileşiklerdir. Beslenmedeki en önemli organik maddeler karbonhidratlar, proteinler ve lipitlerdir; bunlar ortak bir adla makronutrientler olarak adlandırılır. Bunların yanında, küçük miktarlarda gerekli olan organik bileşikler, yani mikronutrientler olan vitaminler de önemli bir role sahiptir.



karbonhidratlar



proteinler



yağlar

Besinlerin organik bileşenleri ve bulundukları ürünler

- **Karbonhidratlar** karbon, hidrojen ve oksijenden oluşur. Onların temel yapı birimi monosakkarittir (glikoz gibi). İki monosakkaritin bağlanmasıyla disakkaritler (sakkaroz ve laktoz gibi) oluşur; daha fazla sayıda bağlanmış monosakkarit ise oligosakkaritleri ve polisakkaritleri (nişasta, selüloz ve glikojen gibi) oluşturur. Karbonhidratlar en çok bitkisel kökenli besinlerde, özellikle tahıllarda, patateslerde, meyve ve sebzelerde; ayrıca bal, meyve suları ve tatlılar gibi şekerli ürünlerde bulunur.
- **Proteinler**, daha uzun zincirler hâlinde peptit bağlarıyla bağlanmış amino asitlerden oluşan karmaşık organik moleküllerdir. Farklı proteinler içinde değişik biçimlerde birleşen 20 farklı amino asit vardır. Amino asitlerin bir bölümü esansiyeldir; yani organizmada üretilemez ve besinlerle alınmak zorundadır. Proteinler ette, süt ürünlerinde, baklagillerde ve kabuklu yemişlerde bulunur.
- **Lipitler (yağlar)** karbon, hidrojen ve oksijenden oluşur; ancak karbonhidratlara göre daha az oksijen içerir. Bunlar, beslenmede en yaygın lipit türü olan trigliseritleri birlikte oluşturan yağ asitleri ve gliserolden meydana gelir. Yağ asitleri doymuş ya da doymamış olabilir. Doymuş yağ asitlerinde karbon atomları arasında yalnızca tekli bağlar bulunur ve çoğunlukla oda sıcaklığında katıdır; doymamış yağ asitleri ise bir ya da daha fazla çift bağ içerir ve genellikle sıvıdır. Daha

sağlıklı olarak, doymamış yağ asitleri bakımından zengin lipidler içeren besinler kabul edilir. Bunlar çoğunlukla soğuk sıkım bitkisel yağlarda, kabuklu yemişlerde, tohumlarda, balıkta ve zeytinlerde bulunur.

Besinlerin bileşimindeki **inorganik maddeler** su ve minerallerdir. Bunlar, organizmanın normal işleyişinin mümkün olmadığı zorunlu maddelerdir.

Su, insan vücudunda en fazla bulunan bileşendir ve yetişkin bir insanda vücut kütlelerinin yaklaşık %60'ını oluşturur. Günlük su gereksinimi yaşa, fiziksel aktiviteye ve iklim koşullarına bağlıdır; ancak ortalama olarak günde yaklaşık 2-2,5 litredir. Su; içme suyu, içecekler ve besinler yoluyla alınır.

Minerallerin önemli fizyolojik rolleri vardır ve makromineraler (kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, magnezyum, klor) ile mikromineraler ya da oligomineraler (demir, çinko, iyot, bakır, selenyum) olarak ayrılırlar. Bunlar süt ürünleri, et, sebze, meyve, tohumlar ve balık gibi farklı besin türlerinde bulunur. Mineraller doğada eşit biçimde dağılmadığından, çeşitli beslenme onların yeterli miktarda alınması için en iyi yoldur.



Farklı gıda ürünlerinde minerallerin bulunması

VİTAMİNLER

Vitaminler, organizmanın normal işleyişi için zorunlu olan organik bileşiklerdir. Bunlar organizmada üretilemez; bu nedenle besinlerle alınmaları gerekir. Çözünürlüklerine göre vitaminler, lipidlerde çözünenler ve suda çözünenler olarak ayrılır.



- | | |
|---------------------------|------------------------|
| A retinol | B9 folik asit |
| B1 tiamin | B12 kobalamin |
| B2 riboflavin | C askorbik asit |
| B3 niacin | D kalsiferol |
| B5 pantotenik asit | E tokoferol |
| B6 piridoksin | K filokinon |
| B7 biyotin | |

Beslenmede vitaminler ve adları

- Lipitlerde çözünen vitaminler (*liposolubl vitaminler*) A, D, E ve K vitaminleridir. A vitamini balık yağında, sütte, yumurta sarısında ve havuç ile ıspanak gibi sebzelerde bulunur. D vitamini balık yağında ve süt ürünlerinde bulunur; ayrıca güneş ışığının etkisiyle deride kısmen üretilir. E vitamini bitkisel yağlarda bulunurken, K vitamini yeşil yapraklı sebzelerde bulunur ve kısmen kalın bağırsaktaki mikroorganizmalar tarafından üretilir.
- Suda çözünen vitaminler (*hidrosolubl vitaminler*), B grubu vitaminlerini (B₁, B₂, B6 ve B₁₂) ve C vitamini kapsar. C vitamini en çok biberler ve turunçgiller gibi taze meyve ve sebzelerde bulunur. B grubu vitaminleri tahıllarda, mayada, baklagillerde, ette, süt ürünlerinde ve karaciğerde bulunur. Bunlardan bazıları, örneğin folik asit, bağırsak mikroflorası tarafından da kısmen üretilir.

Vitamin eksikliği *avitaminoz*, vitaminlerin aşırı alınması ise *hipervitaminoz* olarak adlandırılır.

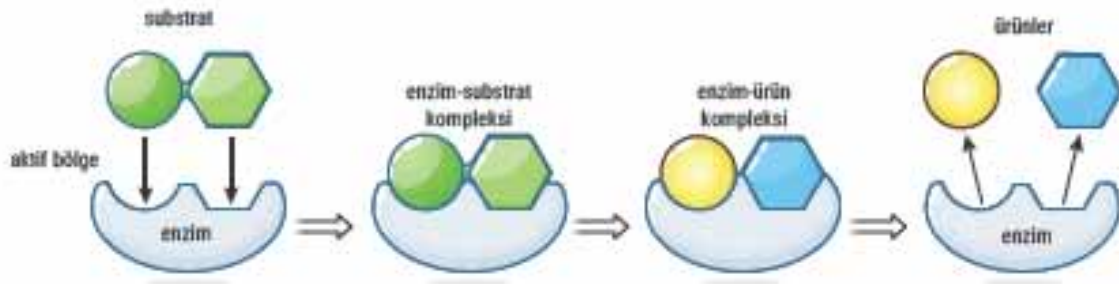
Tablo: Hidrosolubl ve liposolubl vitaminler ile onların en önemli işlevi

Vitamin	İşlev
Suda Çözünen Vitaminler	
A vitamini	Gözün retinasında görme sürecine katılır; eksikliğinde gece körlüğü ortaya çıkar.
D vitamini	Kemiklerin ve dişlerin gelişimi ile işlevi üzerinde etkilidir; eksikliğinde raşitizm ortaya çıkar.
E vitamini	Kadınlarda ve erkeklerde cinsiyet bezlerinin gelişimine katılır; antioksidatif role sahiptir.
K vitamini	Kanın koagülasyon sisteminde önemlidir.
Yağda Çözünen Vitaminler	
B ₁ vitamini	Sinir sinyallerinin iletimini, kas işlevini ve kalp sağlığını destekler; metabolik süreçlerde temel bir kofaktör olarak etki eder. Eksikliğinde beri-beri adı verilen hastalık ortaya çıkar.
B ₂ vitamini	Enzimlerin yapısına girer; ayrıca gözlerin işlevinde ve kan hücrelerinin oluşumunda rolü vardır.
Niasin vitamini B ₃	Besinlerin enerjile dönüştürülmesine, DNA onarımına katılır ve antioksidan olarak etki eder; eksikliğinde pellegra hastalığı ortaya çıkar.
Folik asit B ₉ ve vitamin kompleks B ₁₂	Eritrositlerin oluşumunda önemli role sahiptir.
B ₆ vitamini	Amino asitlerin metabolik süreçlerine katılır; enzimlerin koenzimi olarak sinir sisteminin normal işleyişine katılır.
Biyotin	Derinin, sindirim sisteminin ve sinir sisteminin normal gelişiminde rolü vardır.
Pantotenik asit	Gözlerde retinanın ve göz sinirinin gelişimi için önemlidir.

ENZİMLER

Enzimler, biyolojik katalizörler olarak etki eden, yani organizmada çok sayıda kimyasal tepkimeyi hızlandıran ve düzenleyen önemli bir protein grubudur. Tepkime sırasında tüketilmedikleri için etkileri için çok küçük bir miktarları yeterlidir. Hücrelerdeki hemen hemen her kimyasal tepkime, özgül bir enzim tarafından kontrol edilir; böylece normal metabolizma mümkün olur. Bazı vitaminler ve mineraller, enzimlerin yapısal parçası ya da yardımcı faktörleri (koenzimleri) olup onların etkinliği için zorunludur.

Enzimin şekli, etkisi için temel öneme sahiptir; çünkü çoğu zaman her enzim yalnızca belirli bir maddeyle, yani substratla tepkimeye girer. Bu özgülük, sözde “anahtar-kilit” mekanizmasıyla açıklanır; burada enzimin molekülünde, substrat molekülünün şekline uzamsal olarak uyan özel bir bölge (*aktif bölge*) bulunur.



Enzimlerin anahtar-kilit ilkesine göre etki mekanizması

Sindirimde görev alan enzimlerin açıkça belirlenmiş bir rolü vardır. Organik besin maddelerinin çoğu *polimerlerdir* (makromoleküller); yani *monomer* adı verilen, tekrarlanan daha küçük birimlerden oluşmuş uzun moleküllerdir. Bu durum, birden fazla küpün tek bir bütün hâlinde birleşmesine benzer. Böylece nişasta, glikoz moleküllerinden oluşmuş bir polimerdir; proteinler amino asitlerin polimerleridir; nükleik asitler (DNA ve RNA) ise nükleotitlerin polimerleridir. Lipitler makromoleküllerdir, ancak gerçek polimer değildir.

	Monomer (yağ birimleri)	Polimer	Örnek
KARBONHİDRATLAR	 monosakkaritler	 nişasta	 kloroplastlarda nişasta tanecikleri
NÜKLEİK ASİTLER	 nükleotit	 DNA çift zinciri	 kromozom
PROTEİNLER	 amino asitler	 polipeptit	 proteinler
LİPİTLER	 yağ asitleri	 trigliserit	 yağ hücresi

Organik moleküllerin yapısının şematik gösterimi

Bu maddelerin her biri için, onların daha basit moleküllere parçalanmasını gerçekleştiren özgül enzimler vardır. Sindirim için önemli enzimler amilaz, maltaz, lipaz, pepsin, tripsin vb.dir. Amilaz nişastayı daha küçük karbonhidratlara parçalar; maltaz maltozu iki glikoz molekülüne ayırır; lipaz ise yağları yağ asitlerine ve gliserole parçalar. Pepsin proteinleri daha kısa peptitlere parçalar; tripsin ise peptitleri amino asitlere ayırır.

Bu örnekler, enzimlerin çok özgül olduğunu ve her enzimin tam olarak belirlenmiş ürünler oluşturduğunu gösterir. Bu enzimlerin en büyük bölümü sindirim kanalı boyunca etki eder; burada besinlerin doğru biçimde parçalanmasını ve kullanılmasını sağlar.

BESİNLERİN BİYOLOJİK ROLÜ

Besin maddelerinin organizmada birden fazla önemli fizyolojik işlevi vardır.

- Besinin *enerji rolü*, parçalanma ve oksidasyon süreçleri yoluyla enerji sağlanmasından oluşur. Başlıca enerji kaynağı karbonhidratlardır; bunların parçalanması sırasında karbondioksit, su ve yüksek enerjili moleküllerde depolanan enerji - adenosin trifosfat (ATP) oluşur. Bu enerji fiziksel ve zihinsel etkinlik, organların çalışması ve vücut sıcaklığının korunması için kullanılır. Yeterli karbonhidrat olmadığında enerji yağlardan, daha seyrek olarak da proteinlerden elde edilir.
- Besin maddelerinin *yapısal rolü*; hücrelerin ve dokuların büyümesi, gelişmesi ve yenilenmesiyle ilişkilidir. Besinlerle alınması gereken amino asitler; proteinlerin, enzimlerin ve hormonların yapısına katılır. Minerallerin de önemli bir yapısal rolü vardır: kalsiyum ve fosfor kemiklerin ve dişlerin yapımında, demir ise hemoglobinin oluşumunda görev alır. Su, hücrelerin temel bileşenidir.
- *Düzenleyici rol*, enzimlerin çalışmasına ve enerji elde edilmesi, kalbin çalışması, sinir iletimi, kas kasılması ve vücut sıvılarının dengesi süreçlerinin düzenlenmesine katılan vitaminler ve mineraller tarafından yerine getirilir. Vitaminlerin ve minerallerin bir bölümü koruyucu role de sahiptir; çünkü organizmanın savunmasına ve antioksidatif korumaya katılır.
- Besin maddeleri nükleik asitlerin (DNA ve RNA) yapısına da katılır; çünkü genetik materyal ve onun yenilenmesi için gerekli olan azot, fosfor ve şekerler gibi yapı elemanlarını sağlar.

Etkinlik:

Vitaminler ve Mineraller Üzerine Tartışma

Gruplara ayrılınız ve belirli bir vitaminin ya da mineralin rolünü araştırınız. Araştırmanızı sınıfın önünde sununuz. Bütün sunumlar tamamlandıktan sonra, sindirim sisteminin doğru çalışması ve genel sağlık için yeterli miktarda vitamin ve mineral alınmasının neden önemli olduğunu birlikte tartışınız.

Tekrar Soruları

1. Besinlerde organik ve inorganik maddeler nedir? Her grup için ikişer örnek ver.
2. İki vitamin, bulundukları besinler ve organizmadaki etkileri nelerdir? Belirt.
3. Bitkilerin yeşil bölümlerinde hangi mineraller, balıkta ise hangi mineraller bulunur?
4. Yetersiz besin alımında ne tür sonuçlar hissedilebilir? Bir örnek ver.

Eğlenceli Biyoloji

- Tiroid bezinin normal işleyişi için insanın günde yaklaşık 150 mikrogram iyoda ya da bir tuz tanesinden daha az bir miktara ihtiyacı vardır.
- C vitamini vücutta depolanmaz; bu nedenle her gün alınmalıdır ve enfeksiyonlara karşı savunma için önemlidir.

2.3 Sindirim Organlarının Yapısı ve İşlevi

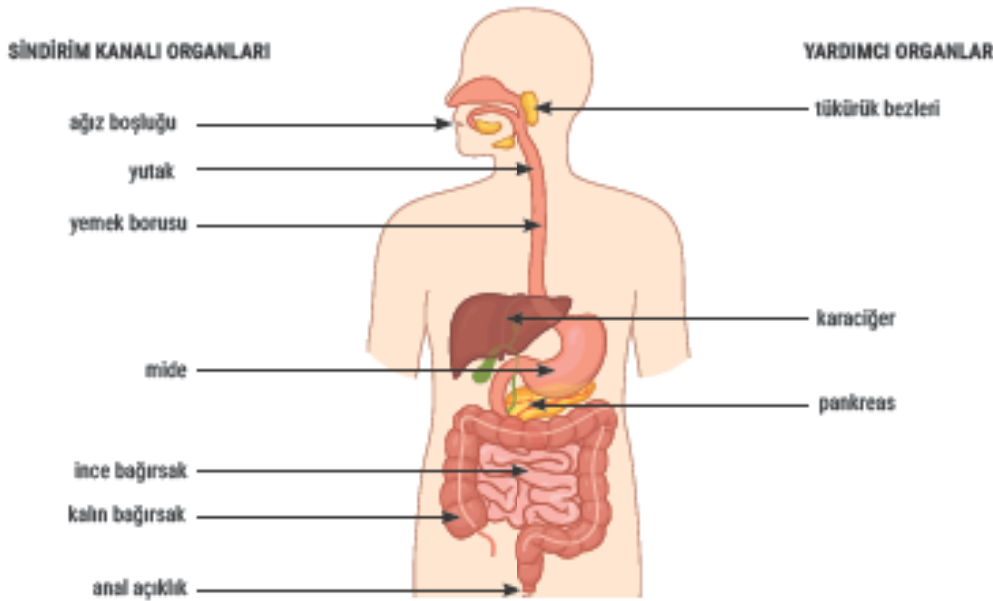
Hatırla!

- Her gün kullandığın besinler nelerden oluşmuştur?
- Epitel doku nedir, düz kaslar nedir?
- Aldığımız biçimiyle besinler neden hücrelerimiz tarafından kullanılamaz?

Aldığımız besin, başlangıçtaki biçimiyle hücreler tarafından doğrudan kullanılamaz. Bedenin onu kullanabilmesi (**emilmesi**) için besinin önce sindirim sistemi yardımıyla parçalanması (**sindirilmesi**) gerekir. Sindirim sisteminin, besinin sindirilmeyen bölümlerinin uzaklaştırılmasında da rolü vardır.

Sindirim sisteminin organları iki gruba ayrılabilir:

1. **Sindirim kanalı**; ağız boşluğu, yutak, yemek borusu, mide, ince bağırsak ve kalın bağırsak kapsar. Sindirim kanalı boyunca iki temel süreç, besinin sindirimi ve absorpsiyonu gerçekleştirilir; sindirilmeyen maddeler ise organizmadan dışarı atılır.
2. **Ek organlar**, sindirim süreçlerine, kanallar aracılığıyla sindirim kanalına salgıladıkları ürünleriyle katılan organlardır. Buraya tükürük bezleri, karaciğer ve pankreas dâhildir.



İnsanda sindirim sistemi organlarının şematik gösterimi

SİNDİRİM KANALI

Sindirim kanalı; ağız boşluğu, yutak, yemek borusu, mide, ince ve kalın bağırsaktan oluşan uzun kaslı bir borudur. Sindirim başlıca mide ve bağırsaklarda gerçekleştiği için gastrointestinal kanal olarak da

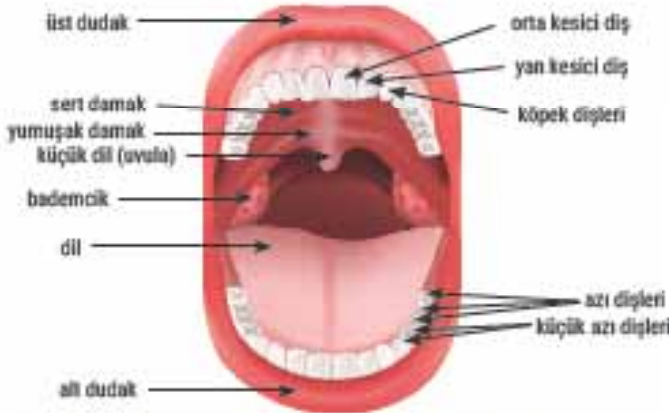
adlandırılır. Sindirim kanalının yemek borusundan rektuma kadar olan bölümleri, birbirinden dairesel kaslarla – sfinkterlerle – ayrılmış boşluklu organlardır. Büzgen kaslar (sfinkter) tek yönlü kapaklar gibi etki eder ve besinin sindirim sistemi boyunca geçişini kontrol eder. Çoğunlukla sfinkterin önündeki uyarılar onun açılmasına, arkasındaki uyarılar ise kapanmasına neden olur.

Ağız boşluğu: dudaklar, dil, dişler ve tükürük bezleriyle birlikte sindirimde önemli bir role sahiptir. Besini alır, mekanik olarak işler ve tükürük yardımıyla nişastanın kimyasal sindirimini başlatır. Dil, besini karıştıran, yutmaya yardım eden kaslı bir organdır; yüzeyinde tat için reseptörler içeren tat tomurcukları bulunur. Dil, seslerin oluşumuna da katılır.

Ağız boşluğunda dişler de yer alır. Dişler besini kesmeye, koparmaya ve öğütmeye yarar. Çocuklarda 20 süt dişi bulunur; bunlar zamanla kalıcı dişlerle değiştirilir. Çıkan ilk kalıcı diş, çığnemede önemli rolü olan altıncı azı dişidir. En son, yirmilik dişler olarak adlandırılan üçüncü azı dişleri çıkar. Yetişkinlerde kalıcı dişlerin toplam sayısı 32'dir. Her diş, taç ve kökten oluşur.



Gastrointestinal kanalda sfinkterlerin yeri



Dişler ve dil ile birlikte ağız boşluğu

Ağız boşluğunda besin, onu nemlendiren ve çiğnemeyi ile yutmayı kolaylaştıran tükürükle karışır. Tükürük; renksiz, kokusuz ve tatsız bir sıvıdır. İnsanda günde yaklaşık 1–1,5 litre tükürük salgılanır. Tükürük, büyük ölçüde sudan (%99) oluşur; ayrıca mineral tuzlar ve organik maddeler de içerir. Organik bileşenler arasında en önemlileri enzimler ve besini kayganlaştıran mukindir.

Tükürükteki en önemli enzim amilazdır. Amilaz yardımıyla nişastanın parçalanması daha ağızda başlar. Tükürüğün, bakteri sayısını azaltarak ve ağız hijyeninin korunmasına yardımcı olarak koruyucu bir rolü de vardır. Tat alma duyusu için de önemlidir; çünkü yeterli tükürük olmadan besindeki maddeler tat reseptörlerini uyarmaz.

Tükürüğün en büyük miktarı, üç çift ana tükürük bezinin salgısının ürünüdür. Bunlar, salgılarını kanallar aracılığıyla ağız boşluğuna boşaltan çene altı, dil altı ve kulak altı bezleridir.

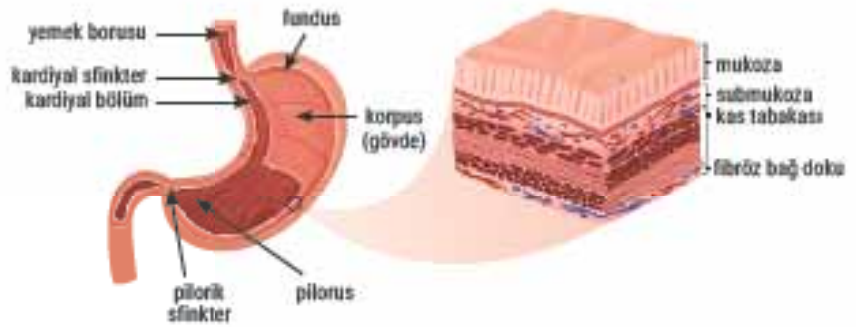
Günlük konuşmada boğaz olarak adlandırılan **yutak**, hem sindirim hem de solunum sisteminin bir bölümüdür. Ağız ve burun boşluğunun arkasında, gırtlığın üzerinde yer alır. Besinin çiğnenmesi ve tükürükle karıştırılmasından sonra, yutağa aktarılan bir lokma oluşur. Yutma bilinçli olarak başlar, daha sonra hızlı ve bilinçsiz bir refleks tepkisi olarak devam eder. Yutma sırasında yumuşak damak ve uvula (küçük dil) yükselir ve burun boşluğuna geçişi kapatır; böylece besinin soluk borusuna girmesi önlenir.

Yutulan besin daha sonra yemek borusu boyunca ilerler. **Yemek borusu**, mideyle birleşen yaklaşık 25 cm uzunluğunda kaslı bir borudur. Mideyle birleşmeden önce yemek borusu diyaframdan geçer.

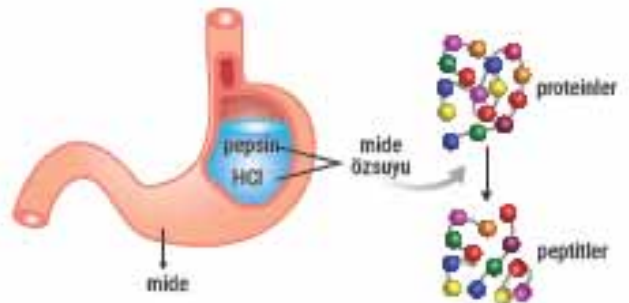
Mide, karın boşluğunun üst bölümünde yer alan, içi boş ve kaslı bir organdır; "J" harfi biçimindedir. *Kardiyal* bölümden (giriş bölümü), *fundus* ve *korpus*tan (orta bölüm) ve onikiparmak bağırsağına devam eden *pilorus*tan (çıkış bölümü) oluşur. Mide duvarında, besinin karıştırılmasını ve parçalanmasını sağlayan üç düz kas tabakası bulunur. Girişte ve çıkışta, besinin hareketini düzenleyen kardiyal ve pilorik sfinkterler yer alır. Mide mukozası, mide özsuğu üreten bezler içerir. Mide özsuğunun yanı sıra, mide duvarındaki bezlerde hormon salgılayan endokrin hücreler de bulunur (gastrin ve somatostatin).

İnsan, 24 saat içinde yaklaşık 1–1,5 litre mide özsuğu salgılar. Bu özsu renksiz ve oldukça asidiktir; miktarı alınan besine bağlıdır. Mide özsuğunun en önemli bileşeni hidroklorik asittir (HCl); bunun yanında mukus (müsin) ve sindirim enzimleri de bulunur. Hidroklorik asidin birçok önemli rolü vardır: enzimlerin etkinleşmesini sağlar, besinlerin parçalanmasına yardım eder ve birçok mikroorganizmayı yok ederek organizmayı enfeksiyonlardan korur.

Mide özsuğundaki en önemli enzim pepsindir; pepsin, inaktif pepsinojen olarak oluşur ve asidik ortamda etkinleşir. Pepsin, proteinleri daha



Midenin yapısının şematik gösterimi



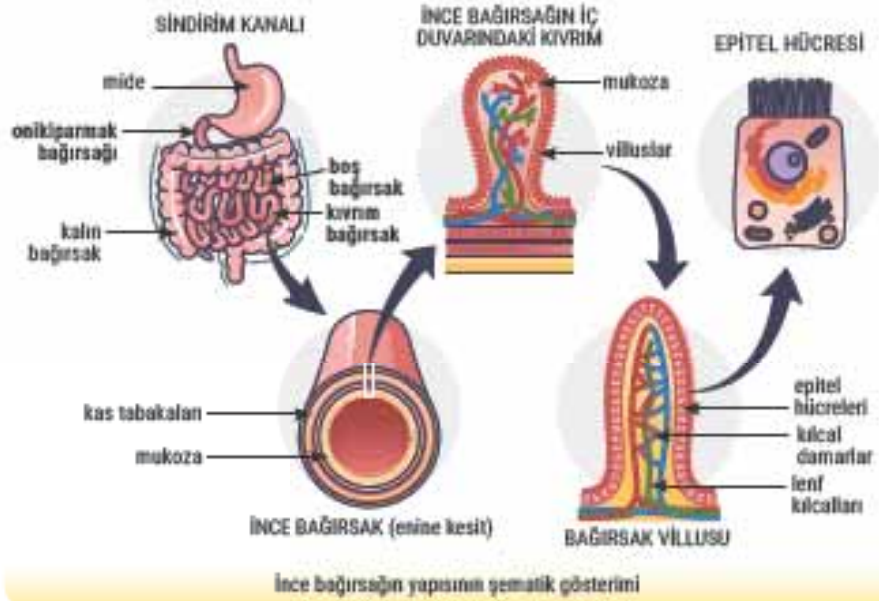
Mide özsuğunun başlıca bileşenleri - hidroklorik asit ve pepsin

küçük parçalara (peptitlere) parçalamaya başlar. Çocuklarda, sütte bulunan bir protein olan kazeini parçalayan kimozin enzimi de bulunur; mide lipazı ise yağların parçalanmasına çok az ölçüde katılır.

İnce bağırsak, sindirim kanalının en uzun bölümüdür ve yaklaşık 2,5 cm 'lik küçük bir çapa sahiptir. Yetişkin bir insanda uzunluğu yaklaşık 6 m'dir. İlk bölümü onikiparmak bağırsağıdır (25–30 cm); ardından boş bağırsak (2–2,5 m) ve kalın bağırsakla birleşen kıvrım bağırsak (3–3,5 m) gelir.

İnce bağırsağın duvarının iç tarafı, bağırsak villuslarıyla kaplıdır. Bunlar, besinle teması artıran ve besin maddelerinin absorpsiyonuna yardımcı olan küçük çıkıntılardır. Villuslar tek katlı epitel ile örtülüdür ve merkezî yerleşimli kılcıl damarlar içerir. İnce bağırsağın hareketleri besini homojenleştirir ve mukoza ile temasını sağlar; böylece besin maddelerinin absorpsiyonu kolaylaşır.

İnce bağırsak, sindirim kanalının en önemli bölümüdür; çünkü besinin en büyük sindirimi ve absorpsiyonu burada gerçekleşir. Karbonhidratlar monosakkaritlere kadar parçalanır (örneğin: nişasta glikoza kadar), buna karşın selüloz (bitkisel lifler) parçalanmaz. Yağlar, safra asitleriyle emülsifiye edildikten sonra gliserol ve yağ asitlerine parçalanır; proteinler ise daha önce midede peptitlere kadar parçalandıktan sonra amino asitlere kadar sindirilir.

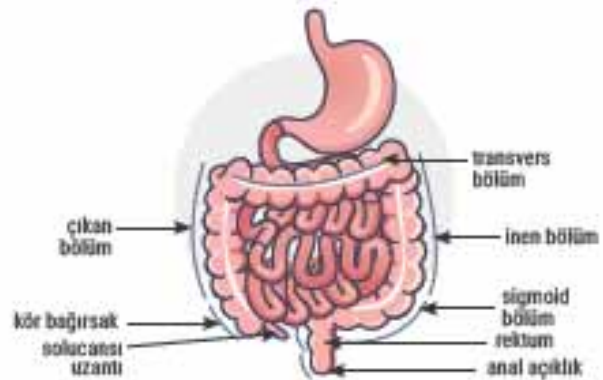


İnce bağırsağın yapısını şematik gösterimi

İnce bağırsak hücreleri, besinin parçalanmasını sürdüren enzimler içeren bağırsak özsuğu üretir (günde yaklaşık 3 L, pH ≈ 7,6). İnce bağırsak ayrıca sindirimi, absorpsiyonu, motiliteyi, tokluk hissini ve pankreas özsuğu ile safranin salgılanmasını düzenleyen hormonlar salgılar.

Kalın bağırsak yaklaşık 1,5 m uzunluğundadır ve yaklaşık 6,5 cm çapındadır. Karın boşluğunun sağ alt bölümünde, kör bağırsaktan başlar; burada solucansı uzantı (apendiks - apandis) da bulunur. Daha sonra çıkan, transvers, inen ve sigmoid bölümler gelir; **rektum** ve anal açıklıkla sonlanır.

Kalın bağırsağın mukozası enzim üretmez; besinin hareket etmesine yardımcı olan mukus üretir. Burada besin maddelerinin %90'ı zaten



Kalın bağırsağın şematik gösterimi

absorbe edilmiştir. Kalın bağırsağın ayırt edici özelliği, sindirilmemiş maddeleri parçalayan ve B grubu vitaminleri ile K vitamini üreten yararlı mikrofloranın bulunmasıdır. Antibiyotikler bu yararlı bakterilerin sayısını azaltabilir; bu da hipovitaminoza yol açar.

Dışkı (feçes), kalın bağırsaktan atılan son maddedir; su, çözünmemiş besin, bakteriler ve gazlardan oluşur. Boşaltım, omuriliğin alt bölümündeki refleks merkezi tarafından kontrol edilir.

Etkinlik

1. Amilaz Enziminin Nişasta Üzerindeki Etkisi

Daha küçük gruplar hâlinde çalışınız. İki deney tüpüne, ezilmiş küçük bir ekmek ya da patates parçası koyunuz (nişasta kaynağı). Birinci deney tüpüne az miktarda tükürük ekleyiniz (amilaz kaynağı); kontrol örneği olarak kullanılacak ikinci deney tüpüne ise tükürük eklemeyiniz. Enzimin etkisi için uygun sıcaklığın sağlanması amacıyla iki deney tüpünü ılık su içeren su banyosuna yerleştiriniz.

Birkaç dakika sonra, her iki deney tüpüne iyot çözeltisi ekleyiniz ve renkteki değişiklikleri gözlemleyiniz.

Tükürük bulunan örnekte koyu mavi renklenme görülmez; bu durum, nişastanın amilaz etkisiyle parçalandığını gösterir.

2. Besinin Yolu ve Onun Vücut ile Dişler Üzerindeki Etkisi

Küçük gruplara ya da ikili gruplara ayırınız. "Besinin insan vücudundaki yolu" konulu bir infografik hazırlayınız; bu infografikte ağızdan ince bağırsağa kadar olan süreci gösteriniz. Sindirim kanalı organlarını ve onların rollerini işaretleyiniz; bunun için semboller kullanınız (anahtarlar gibi enzimler, mikser gibi mide, ağ gibi ince bağırsak vb.). Infografiğin özel bir bölümünü ağız boşluğuna ve dişlere ayırınız; burada besindeki şekerlerin ve asitlerin diş mine-sine nasıl zarar verebileceğini gösteriniz.

Her grup kendi infografiğini sunsun; ardından sindirimin neden daha ağızda başladığını ve sağlıklı beslenmenin dişler için neden önemli olduğunu birlikte tartışınız.

Tekrar Soruları

1. Besinin ağız boşluğunda işlenmesi neden önemlidir?
2. Besinin ağız boşluğunda işlenmesi neden önemlidir?
3. İnce bağırsak, besin maddelerinin absorpsiyonu için neden en önemlidir?
4. Kalın bağırsaktaki mikrofloranın işlevini belirt.

Eğlenceli Biyoloji

- İnce bağırsağın iç yüzeyi, villus adı verilen milyonlarca küçük çıkıntıyla kaplıdır; bunlar absorpsiyon yüzeyini artırır. Tamamen yayılırsa, bir tenis kortunun tamamı kadar bir yüzey alanı kaplardı.
- Mide asidi (hidroklorik asit), çinko gibi bazı metal türlerini parçalayabilecek kadar güçlüdür. Midenin, kendisinin sindirilmesini önleyen koruyucu bir mukus tabakası vardır.

2.4 Besinlerin Sindirimi ve Emilimi (Absorpsiyonu)

Hatırla!

- Besinlerin bir parçası olan proteinlerin ve yağların bileşenleri nelerdir?
- Sindirim kanalı boyunca, herhangi bir bölümünde, besinlerdeki yağların ve proteinlerin monomerlerine kadar sindirimi için enzimler üretilir mi?

Besinin sindirim (hazım) süreci, önce mekanik olarak küçük parçalara ayrılmayı, ardından besin ürünlerinin bedenine alabileceği basit maddelere kadar kimyasal olarak parçalanmasını kapsar.

Sindirim sürecine, **yanmıcı organlar** da kanallar aracılığıyla sindirim kanalına salgıladıkları ürünleriyle katılır.

Karaciğer (hepar), insan organizmasındaki en büyük bezdir ve kütlesi yaklaşık 1,5 kg'dır. Kann boşluğunun sağ üst bölümünde, diyaframın altında yer alır ve kırmızımsı kahverengi bir renge sahiptir. İki lobdan oluşur: sağ lob (daha büyük) ve sol lob (daha küçük). Karaciğer iki kan damarı aracılığıyla kanlanır: oksijen bakımından zengin kan taşıyan karaciğer atardamarı ve sindirim kanalından emilmiş besin maddeleri bakımından zengin kan taşıyan portal toplardamar.

Karaciğerden büyük miktarda kan geçer; bu durum onun çok sayıdaki işlevini etkili biçimde yerine getirmesini sağlar. Karaciğerin en önemli işlevlerinden bazıları şunlardır:

- glikozun glikojen biçiminde depolanması;
- plazma proteinlerinin oluşturulması (albümin, koagülasyon faktörleri);
- proteinlerin parçalanmasının son ürünü olarak üre oluşturulması;
- yağların işlenmesi ve organizmada dağıtılması;
- yağların sindirimi için önemli olan safranin oluşturulması;
- yaşlı eritrositlerin parçalanması ve safra pigmentlerinin oluşturulması;
- zararlı maddelerin detoksifikasyonu (alkol, ilaçlar);
- vitaminlerin ve demirin depolanması.

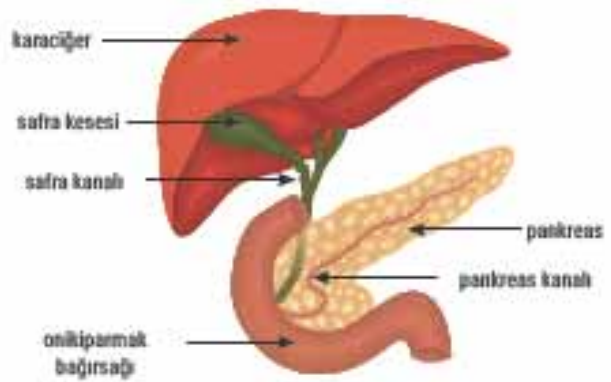
Çok sayıdaki işlevi nedeniyle karaciğer, insanın yaşamının sürdürülmesi için en önemli organlardan biridir.

Karaciğerin sindirimdeki temel rolü, safra üretimi yoluyla gerçekleşir. **Safranin** bir bölümü doğrudan onikiparmak bağırsağına salgılanır, bir bölümü ise safra kesesinde depolanır. Günde yaklaşık 500–1 000 mL safra üretilir. Karaciğerden kaynaklanmasına rağmen, safra kesesinde depolanan safra daha yoğunudur ve doğrudan bağırsağına salgılanan safradan bileşim bakımından farklıdır. Safranin salgılanması organizmanın durumuna, kandaki safra tuzlarının miktarına ve sekretin hormonunun etkisine bağlıdır. Safranin en önemli bileşenleri safra asitleri ve onların tuzları, safra pigmentleri (bilirubin ve biliverdin) ve kolesteroldür.

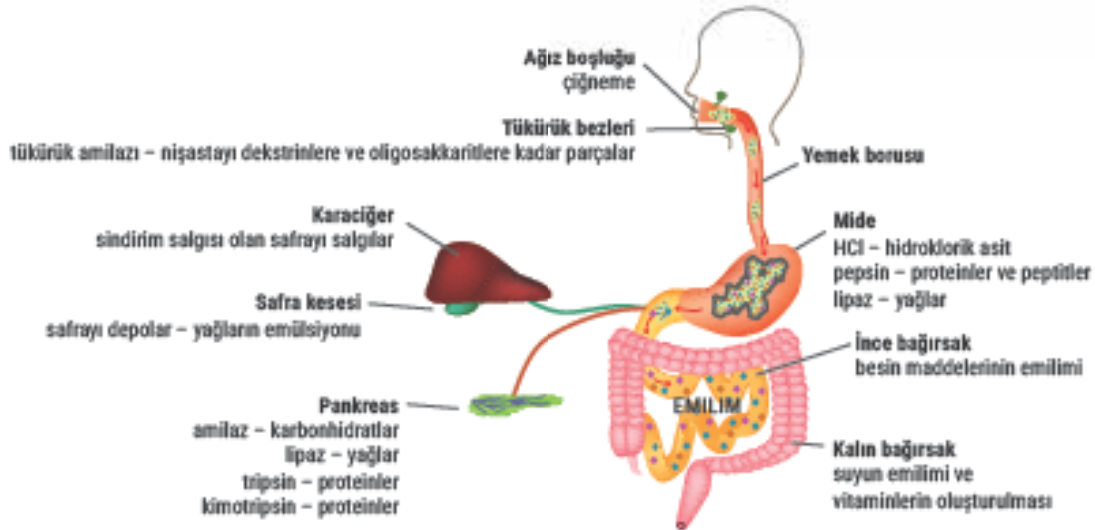
Safra enzim içermez; ancak yağların doğru sindirimi ve Emilimi (absorpsiyonu) için zorunludur.

Safra kesesi, karaciğerin alt yüzünde yer alan küçük kaslı bir organdır. Karaciğerde üretilen safra burada depolanır ve yoğunlaştırılır. Karaciğerden gelen safra, safra kanalları aracılığıyla safra kesesine ulaşır. Besin onikiparmak bağırsağına geldiğinde safra kesesi kasılır ve safrayı onikiparmak bağırsağına iter; burada safra, yağların sindirimine yardımcı olur.

Pankreas (pankreas bezi), onikiparmak bağırsağından dalağa kadar uzanan uzun bir bezdir. Pankreas, besin maddelerinin sindirim süreçlerine etkin olarak katılan enzimler bakımından zengin **pankreas özsu**yu üretir. Pankreas özsuunun günlük miktarı değişkendir ve 24 saat içinde 800–1 500 mL arasında olur. Bu özsu renksizdir ve pH değeri yaklaşık 8,0'dır. İçinde karbonhidratları, yağları, proteinleri ve nükleik asitleri parçalayan sindirim enzimleri bulunur. Böylece *amilaz*, nişastayı maltoza kadar parçalar; maltoz ise bağırsak maltazı ile glikoza kadar parçalanır. *Pankreas lipazı* (safra yardımıyla etkinleşerek) yağları parçalar. Proteinler, pankreas özsuunda *tripsinojen* ve *kimotripsinojen* proenzimleri biçiminde bulunan proteolitik enzimlerle parçalanır. Bu proenzimler inaktiftir; onikiparmak bağırsağının duvarındaki hücrelerde bulunan bir enzimin (enterokinaz) etkisiyle etkinleşir. Pankreas, nükleik asitleri parçalayan enzimler de üretir.



Karaciğer ve pankreasın onikiparmak bağırsığı ile bağlantısı



Gastrointestinal kanalın bölümleri ve sindirim yerleri

Besinin hareketi ve sindirim kanalındaki organların çalışması kesin biçimde kontrol edilir. Besin çok yavaş ya da çok hızlı hareket ederse sindirim etkisiz olabilir ve organizma besin maddelerinden doğru biçimde yararlanamayabilir. Sindirimin kontrolü sinirsel ve hormonalıdır. Sindirim organlarının duvarındaki sinir uçları, otonom sinir sisteminin etkisi altındadır.

Sindirim sisteminin ayrıca enterik (bağırsak) sinir sistemi adı verilen kendine özgü bir sinir ağı da vardır. Bu sistem peristaltığı, sekresyonu ve kan akımını kontrol eder; bu nedenle çoğu zaman "ikinci beyin" olarak adlandırılır.

Düzenlemeye hormonlar da katılır. *Gastrin* midenin çalışmasını uyarır; *sekrelin* ve *kolesistokinin* ise pankreas özsuyunun, safranin ve karaciğer salgılarının salgılanmasını uyarır, aynı zamanda midenin boşalmasını yavaşlatır.

Açlık, besine duyulan gereksinimdir ve hipotalamustaki merkezler tarafından düzenlenir. Besin alınması ve midenin dolmasıyla azalır. İştah ise belirli bir besine duyulan iktir ve organizmanın gerçek bir besin gereksinimi olmadığı durumlarda da var olabilir.

BESİN MADDELERİNİN EMİLİMİ

Sindirimden sonra besin maddeleri, **emilim (absorpsiyon)** adı verilen süreç yoluyla sindirim sisteminden kana geçer.

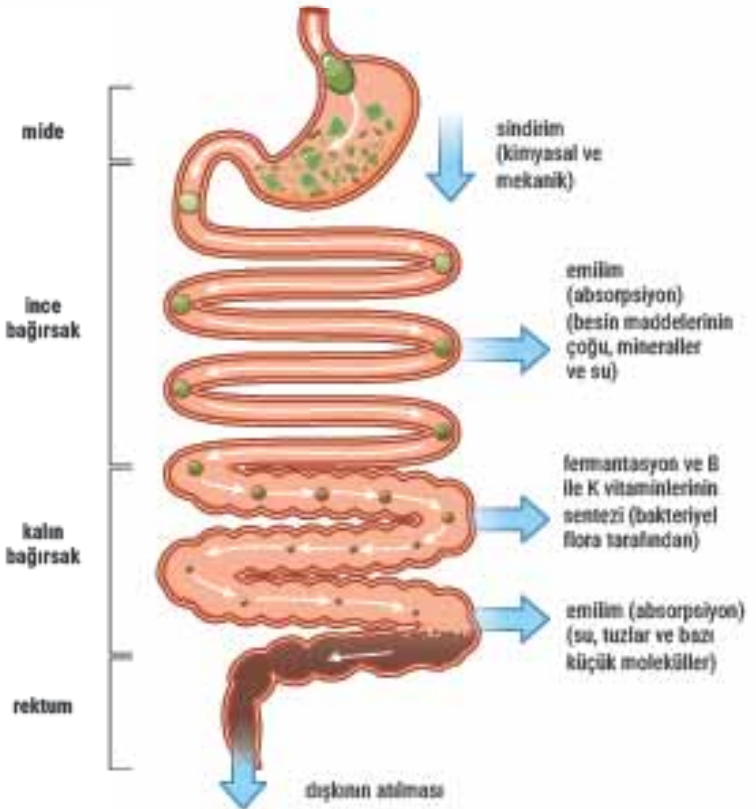
Sindirim süreci boyunca, sindirim kanalı içinde, besinin inorganik ve organik bölümleri organizmada emilebilmeleri için uygun fiziksel-kimyasal biçim kazanır. Fizyolojik açıdan bakıldığında, besin maddelerinin emilimi; maddelerin bağırsak mukozasının epiteli içinden iç ortama, yani kana ve lenfe geçmesi sürecidir.

Ağız boşluğunda, yutakta ve yemek borusunda, bazı ilaçlar ve zehirler dışında, hemen hemen hiç emilim yoktur. Midede emilim çok zayıftır ve başlıca su, alkol ve bazı çözünabilir maddelerle ilgilidir.

Emilimin en büyük bölümü ince bağırsakta gerçekleşir; burada mukozaya oldukça kıvrımlıdır ve çok sayıda bağırsak villusu bulunur. Böylece emilim yüzeyi artar. Bağırsak villusları, sürekli hareket ederek emilime yardımcı olur.

Kalın bağırsakta başlıca su, tuzlar ve bazı küçük moleküller emilir; ancak yağlar ve proteinler emilmez.

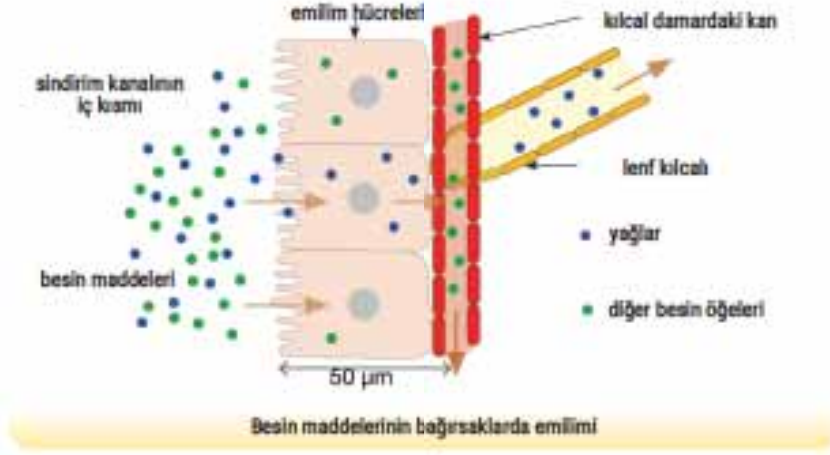
Suyun en büyük bölümü ince bağırsakta emilir. Sindirim kanalına günlük toplam yaklaşık 8–9 litre su girmesine rağmen, bunun yalnızca 300–400 mL'si kalın bağırsakta emilir. Sodyum, potasyum ve kalsiyum gibi mineral tuzlar en çok ince bağırsakta emilir. Demir başlıca onikiparmak bağırsağında, ferro (Fe^{2+}) biçiminde emilir; daha sonra kanla karaciğere, dalağa ve kemik iliğine taşınır ve burada hemoglobinin oluşumuna katılır. Karbonhidratlar yalnızca monosakkaritler olarak, en çok ince bağırsağın başlangıç bölümünde emilir. Yağlar safra



Sindirim kanalı boyunca besinin işleme süreçleri

yardımla emilir ve lenf sistemi aracılığıyla taşınır. Yağlarla birlikte yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K) de emilir. Amino asitler ince bağırsakta emilir ve kan aracılığıyla organizmanın hücrelerine taşınır.

Monosakkaritler, amino asitler, su ve mineraller doğrudan kana emilirken; yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminler (A, D, E ve K) önce lenf sistemi tarafından emilir. Emilmiş besin maddeleri, portal kan dolaşımı (kapı sistemi) aracılığıyla önce karaciğere ulaşır; burada işlenir, depolanır ya da dağıtılır. Daha sonra kanla organizmadaki bütün hücrelere taşınır.



Sindirim ve emilimin yanı sıra, sindirim sistemi besinin sindirilmemiş bölümlerinin vücuttan uzaklaştırılmasında da görev alır. Bu işlevler sayesinde organizma doğru bir biçimde işlev gösterebilir ve sağlığını koruyabilir.

DOĞRU BESLENME VE SAĞLIKLI BİR SİNDİRİM SİSTEMİ İÇİN ÖNLEYİCİ ÖNLEMLER

Doğru ve dengeli beslenme, insanın genel sağlığının temelini oluşturan sağlıklı ve işlevsel bir sindirim sistemiyle ayrılmaz biçimde bağlantılıdır.

Aldığımız besinler yalnızca bir enerji kaynağı olarak hizmet etmez; aynı zamanda sindirime katılan bütün organların çalışmasını doğrudan etkiler: ağızdan başlayarak mide ve bağırsaklara, karaciğer ve pankreasa kadar. Beslenme çeşitli olduğunda ve doğal besinler bakımından zengin olduğunda, sindirim sistemi daha kolay, daha etkili ve gereksiz bir zorlanma olmadan çalışır. Meyve, sebze, tahıl, süt ürünleri, et, balık, kabuklu yemişler ve yeterli su tüketimi, organizmanın doğru biçimde işlev görmesini, enerji üretmesini ve dokuları oluşturmasını sağlar. Belirli besin maddelerinin uzun süreli eksikliği; anemi, zayıf bağışıklık, yorgunluk ve büyüme ile gelişmede bozulma gibi sağlık sorunlarına yol açabilir.

Karbonhidratlar, yağlar ve proteinler, başlıca besin maddeleri olarak, doğru oranda alınmalıdır. Günlük enerjinin en büyük bölümünün karbonhidratlardan gelmesi önerilir (yaklaşık %55–60); bunların da tam tahıllardan, sebzelerden ve meyvelerden sağlanması gerekir. Yağlar, toplam enerji alımının yaklaşık %25–30'unu oluşturmalı ve doymamış yağlar tercih edilmelidir. Proteinler ise yaklaşık %10–15 oranında bulunmalıdır. Böyle bir dağılım, dengeli beslenmeyi ve organizmanın doğru biçimde işlev görmesini sağlar.

Günlük gerekli besin miktarı; insanın yaşına, cinsiyetine, vücut kütlesine ve fiziksel etkinlik düzeyine bağlıdır.

Aşırı ya da yanlış beslenme (hazır yemekler, şekerler, doymuş yağlar bakımından zengin beslenme) midneyi ve bağırsakları zorlayabilir, sindirimi yavaşlatabilir ya da şişkinlik, mide yanması, ağrı veya kabızlığa neden olabilir. Buna karşılık, yeterli miktarda bitkisel lif alınması (meyve, sebze ve tahıllardan) kalın bağırsağın çalışmasını uyarır, besinin bağırsaklar boyunca hareketini iyileştirir ve sindirim sorunlarının ortaya çıkma olasılığını azaltır.

Yeterli su alımı da aynı derecede önemli bir rol oynar; çünkü su, besin maddelerinin çözünmesini, hareketini ve emilimini sağlar, aynı zamanda zararlı maddelerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur.

B-kompleks vitaminleri, C vitamini, kalsiyum ve magnezyum gibi vitaminler ve mineraller ile diğerleri, sindirim enzimlerinin çalışmasına ve bağırsakların kas kasılmalarına katılır. İnsan sağlıklı ve düzenli beslendiğinde sindirim sistemi iyi durumda kalır, besinleri etkili biçimde işler ve organizmaya sürekli enerji, büyüme ve koruma sağlar. Öte yandan, uzun süreli sağlıklı beslenme gastrit, besin maddelerinin emiliminde bozulma ve karaciğer ile pankreas hastalıkları gibi kronik sorunlara yol açabilir.

Uzun süreli sağlıklı beslenmenin diş sağlığı üzerinde, özellikle gençlerde, önemli derecede olumsuz etkisi vardır. Şeker bakımından zengin besinlerin, tatlıların, gazlı içeceklerin ve atıştırmalıkların sık tüketilmesi ağız boşluğunda asitlerin oluşmasına yol açar. Bu asitler diş minesine zarar verir ve diş çürüğünün ortaya çıkmasına katkıda bulunur. Kalsiyum, fosfor ve D vitamininin yetersiz alınması mineyi zayıflatır ve dişlerin direncini azaltır. Sağlıklı beslenme diş etlerinde iltihaplanmaya da yol açabilir; bu durum kanamaya ve kötü nefes kokusuna neden olur. Gençlerde bu tür hasarlar, dişlerin düzensiz fırçalanması nedeniyle çoğu zaman daha da kötüleşir. Zamanla çürük ağrıya, enfeksiyonlara ve diş kaybına neden olabilir. Doğru ağız hijyeniyle birlikte sağlıklı ve çeşitli beslenme, sağlıklı ve güçlü dişlerin korunması için temel öneme sahiptir.

İnsanın vücut kütlesi, besin alımı ile enerji harcaması arasındaki dengeye bağlıdır. Harcanandan daha fazla besin alınırsa fazlalık organizmada, çoğunlukla yağ biçiminde depolanır; alım daha az olursa vücut kütlesi azalır.

Mide boş olduğunda, açlık duygusunu artıran grelin hormonu salgılanır. Organizmanın yeterli enerjisi olduğunda, yağ dokusu iştahı azaltan leptin salgılar. Bu mekanizmalar yardımıyla organizma, kararlı bir vücut kütlesi ve enerji dengesi sürdürmeye çalışır.



Etkinlik

1. Bir Gün Boyunca Benim Sindirim Sistemim

Bir gün içinde vücuduna aldığı besinlerin bir listesini yap. Her öğün için besinin hangi organlardan geçtiğini, sindirime hangi organların katıldığını (besinin bileşimine bağlı olarak) ve hangi süreçlerin gerçekleştiğini kısaca belirt. Hepiniz sınıf arkadaşlarınızın önünde sunum yapınız ve hangi besinin organizmada nasıl sindirildiğini ve emildiğini tartışınız.

2. Enzimlerin Etkisi Üzerine Araştırma

Gruplara ayrılınız ve sindirim enzimleri (amilaz, pepsin, lipaz vb.) hakkında görsel bir sunum hazırlayınız. Bu enzimlerin sindirim sisteminin neresinde üretildiği ya da etkinleştiği, hangi maddeleri parçaladığı ve hangi maddelere kadar parçaladığıyla ilgili bilgileri kapsayınız.

3. Sağlıklı ve Sağlıksız Beslenmenin Organizma Üzerindeki Etkisi

5 öğrencilik gruplara ayrılınız. Gruptan bir öğrenci iki günlük menü hazırlamalıdır: biri sağlıklı beslenme, diğeri sağlıksız beslenme içeren (çok miktarda şeker ve gazlı içecekler bulunan) bir menü. Gruptaki diğer öğrenciler, besinin sindirim kanalında nasıl sindirildiğini, besin maddelerinin emilimi üzerinde nasıl bir etkisi olduğunu ve dişler üzerinde nasıl bir etkisi bulunduğunu analiz ediniz. Sonuçları kısa bir tablo hâlinde ya da poster üzerinde gösteriniz. Sonunda, uzun süreli sağlıksız beslenmenin neden sindirim sorunlarına ve dişlerin çürümeye yol açabileceği konusunda birlikte bir sonuç çıkarınız.

Tekrar Soruları

1. Sindirim sürecinde karaciğerin ve pankreasın işlevini belirt.
2. Besinlerdeki lipitlerin sindirimi hangi enzimlerle ve nasıl başlar?
3. Karaciğer insan organizması için neden bu kadar önemli bir role sahiptir?
4. Sağlıklı bir sindirim sistemine katkıda bulunan üç alışkanlık belirt.
5. Doğru beslenme sindirim hastalıklarının önlenmesine nasıl yardımcı olabilir?

Eğlenceli Biyoloji

- Sindirim süreci, daha ilk lokmayı ısırmadan önce başlar. Yalnızca besini görmek ya da kokusunu almak bile, sindirime "zemin" hazırlamak için beynin tükürük ve sindirim özuları salgılanmasına yönelik sinyal göndermesine neden olur.
- Emilim; deri, diğer organların mukozası, kaslar vb. üzerinden de gerçekleşebilir. Bu yolla bazı zehirler, ilaçlar ya da başka etkin maddeler emilebilir. Maddelerin sindirim kanalı dışında emilmesi sürecine parenteral emilim denir.

2.5 Kanın ve Lenfin Bileşimi

Hatırla!

- Besin maddeleri sindirim kanalında emildikten sonra onlara ne olur?
- Besinlerde neden demir bulunmalıdır, C vitamini neden gereklidir?
- Kan dolaşım sisteminin nasıl bir işlevi vardır?

Sindirim sisteminde emilen besin maddeleri ile akciğerlerdeki gaz alışverişi sırasında elde edilen oksijen, bütün vücut boyunca hücrelere taşınmalıdır. Öte yandan, hücrelerde oluşan atık ürünlerin vücuttan uzaklaştırılabilmesi için solunum ve üriner sisteme götürülmesi gerekir. Bu karmaşık görevler, kan dolaşımı ve lenf sistemi içinde organize olmuş özel organların sorumluluğundadır.

Kan, insan vücudunda sürekli dolaşan, kırmızı renkli, yoğun ve viskoz bir sıvıdır. Kan miktarı insanın vücut kütlesine bağlıdır; yaklaşık 70 kg vücut kütlesine sahip yetişkin bir insanda yaklaşık 5 litre kan bulunur. Bu da vücut kütlesinin yaklaşık %8'idir.

Kanın hareketi, kanı bütün organizma boyunca pompalayan kalbin sürekli çalışmasıyla sağlanır. Bu dolaşım sayesinde kan, bütün organlar, dokular ve hücrelerle temas eder.

Kılcal damarların duvarlarından, kan plazmasının ve çözünmüş maddelerin bir bölümü (oksijen ve besin maddeleri) kandan hücreler arasındaki boşluğa geçer. Bu sıvı, doku sıvısı (interstisyel sıvı) olarak adlandırılır ve hücrelerin gerekli maddeleri almasını ve atık ürünleri vermesini sağlar. Doku sıvısının en büyük bölümü yeniden kan dolaşımına döner. Doku sıvısının küçük bir bölümü doğrudan kan damarlarına geri dönmez; bunun yerine kör başlangıçlara sahip lenf kılcallarına girer. Bu sıvıya lenf denir. **Lenf**, bileşim bakımından kan plazmasına benzerdir; ancak yalnızca beyaz kan hücreleri içerir. Lenf, lenf sistemi boyunca hareket eder ve sonunda yeniden kan dolaşımına döner. **Lenf sistemi**, vücuttaki sıvı dengesinin korunmasında ve organizmanın korunmasında önemli bir role sahiptir.

Kanın, taşıma, düzenleme ve koruma işlevleri olarak gruplandırılacak birden fazla işlevi vardır.

- Kan, oksijeni akciğerlerden vücuttaki bütün hücrelere taşır. Aynı zamanda hücrelerin çalışması sırasında oluşan karbondioksit, kanla akciğerlere taşınır ve soluk verme sırasında dışarı atılır. Kan; sindirim sisteminden emilen ve önce karaciğere, ardından organizmanın bütün bölümlerine taşınan besin maddelerini, vitaminleri, tuzları ve ilaçları da taşır. Endokrin bezlerde üretilen hormonlar doğrudan kana salgılanır ve kan aracılığıyla etkili oldukları organlara ulaşır.
- Kan, vücut sıvılarının düzenlenmesine katılır. Organizmanın pH değerinin düzenlenmesine ve su dengesinin korunmasına yardımcı olur. Kan, dolaşım yoluyla vücut sıcaklığının düzenlenmesine de katılır.
- Kan, organizmayı bakterilerden, virüslerden ve diğer zararlı mikroorganizmalardan koruyan beyaz kan hücreleri içerir. Kanda hastalıklara karşı savunmaya yardımcı olan antikorlar da bulunur. Bunun dışında kan, pıhtılaşma yeteneğine sahiptir; böylece yaralanmalarda aşırı kan kaybı önlenir.

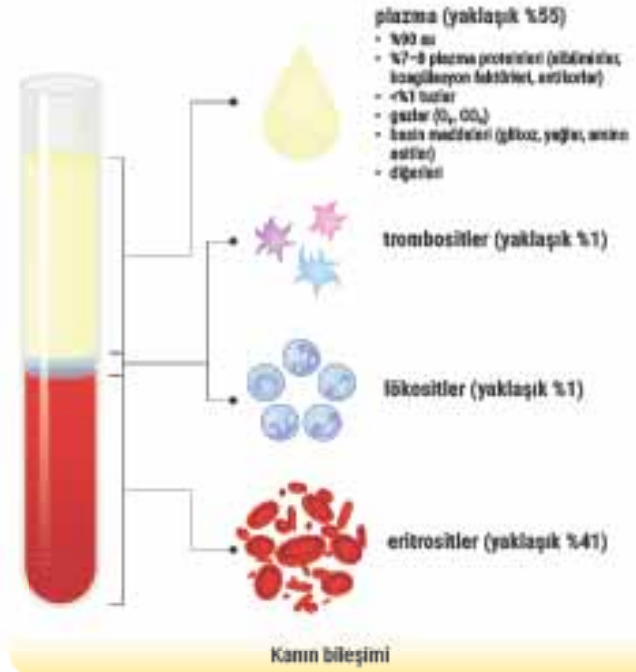
Kan; kanın şekilli elemanlarından (hücreler ve hücre parçaları) ve kan plazmasından oluşan sıvı bağ dokusudur. Şekilli elemanlar plazma içinde süspansiyon hâlinde bulunur ve kan damarları aracılığıyla organizma içinde sürekli hareket eder. Kanın toplam hacminin yarısından fazlası (yaklaşık %55'i) kan

plazmasından oluşur. Geriye kalan %45'lik bölüm kan elemanlarıdır; bu da kanı sudan yaklaşık beş kat daha viskoz hâle getirir.

Kan plazması, kanın sıvı bölümüdür ve yaklaşık %90'ı sudan oluşur; geriye kalan %10'luk kısmı ise çeşitli çözünmüş maddelerdir. Plazma aracılığıyla besin maddeleri, gazlar, hormonlar ve atık ürünler taşınır.

Sudan sonra plazmada en fazla bulunan maddeler *proteinlerdir*. En önemli proteinler; ozmotik basıncı koruyan albüminler, kanın pıhtılaşmasına katılan koagülasyon faktörleri ve enfeksiyonlara karşı savunmaya katılan antikorlardır.

Plazmada glikoz, amino asitler ve düşük oranda yağlar gibi besin maddeleri de bulunur. Mineral maddeler arasında en önemlisi, ozmotik basıncın ve asit-baz dengesinin düzenlenmesinde rolü olan sodyumdur. Potasyum sinirlerin ve kasların çalışmasına katılır; kalsiyum kanın koagülasyonu ve enzimlerin etkinliği için önemlidir; magnezyum ise sinir-kas uyandırabilirliğini düzenler. Plazmadaki demir, transferrin proteinine bağlıdır. Plazmada vitaminler, hormonlar, ilaçlar ve metabolizmanın son ürünleri de bulunur.

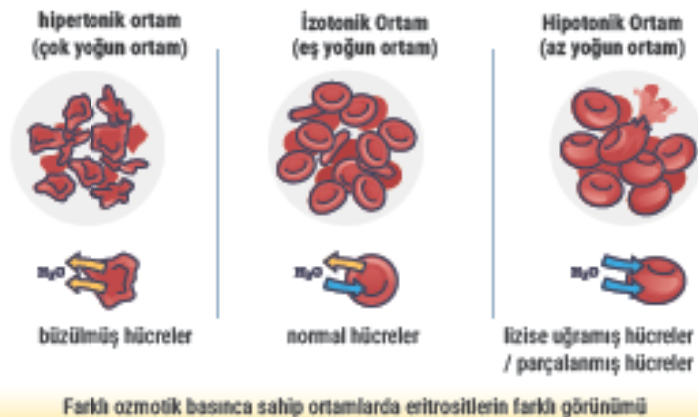


Şekilli elemanlar (kan hücreleri) şu şekilde ayrılır:

- eritrositler (*erythro* - kırmızı) - kırmızı kan elemanlarıdır,
- lökositler (*leuco* - beyaz) - beyaz kan hücreleridir ve
- trombositler ya da kan pulcukları - hücre parçalarıdır.

Eritrositler, çift içbükey (bikonkav) biçimli kan elemanlarıdır. Çekirdekleri yoktur; bu nedenle gerçek hücreler olarak kabul edilmezler. Onların özgül biçimi, gazların daha kolay taşınmasını sağlar. 1 mm³ (1 μ L) kanda yaklaşık 4-5 milyon eritrosit bulunur; ancak sayıları değişebilir. Örneğin, yüksek rakımlarda bulunma durumunda eritrosit sayısı artar; kanamalarda ya da belirli hastalıklarda ise azalır. Bu durum *anemi* olarak adlandırılır.

Eritrositler hücre zarı, hemoglobin ve stromadan oluşur. Zar, suya karşı geçirgendir ve ozmotik koşullara tepki verir; hipotonik ortamda hücreler şişer, hipertonic ortamda ise büzülür. Zarın zarar görmesi ve hemoglobinin dışarı çıkması hemoliz olarak adlandırılır.



Eritrositlerin en önemli bileşeni, onların kuru kütlelerinin en büyük bölümünü oluşturan **hemoglobindir**. Sağlıklı insanların kanında, bir litre kanda 140 ile 170 g arasında hemoglobin bulunur. Hemoglobin; globin ve merkezinde demir bulunan hemden oluşmuş karmaşık bir proteindir. Oksijenin bağlanmasıyla *oksihemoglobin*, karbondioksitin bağlanmasıyla ise *karbamino-hemoglobin* oluşur.



Hemoglobinin insan organizmasındaki vazgeçilmez fizyolojik işlevi, oksijenin akciğerlerden dokulara ve karbondioksitin dokulardan akciğerlere taşınmasıdır; ayrıca tamponlayıcı özelliklere de sahiptir.

Lökositler, düzensiz biçimli ve amipsi hareket etme yeteneğine sahip beyaz kan hücreleridir. Mikroskopik preparatta, çekirdeği farklı biçimlerde olan yuvarlak bir görünüme sahiptirler. 1 mm³ kanda yaklaşık 6 000–8 000 lökosit bulunur; bunların sayısı yemek yedikten sonra, fiziksel efor sırasında ya da adet döngüsü süresince biraz artabilir. Buna karşılık, farklı hastalıklarda lökositlerin sayısı belirgin biçimde değişir.

Lökositlerin organizmanın savunmasında önemli bir rolü vardır ve birkaç önemli özelliğe sahiptirler. Kan damarlarının duvarlarından geçebilirler. *Amipsi* biçimde hareket ederler ve bu yolla enfeksiyon ya da iltihap bölgesine aktif olarak ulaşabilirler. Belirli kimyasal maddelerin etkisiyle lökositler, zarar görmüş dokuya ya da mikroorganizmalara doğru hareket eder; bu olgu *kemotaksi* olarak adlandırılır. Lökositlerin en önemli savunma yeteneği *fagositoz*dur. Fagositoz, onların bakteri gibi zararlı mikroorganizmaları çevrelediği, kendi içine aldığı ve parçaladığı süreçtir. Bu şekilde lökositler organizmayı enfeksiyonlardan korur.



Sitoplazmadaki granüllerin varlığına ve boyanma biçimine göre lökositler granülositler ve agranülositler olarak ayrılır. **Granülositler** grubuna nötrofiller, eozinofiller ve bazofiller; **agranülositler** grubuna ise monositler ve lenfositler dâhildir.

Nötrofiller en çok sayıda bulunan lökositlerdir ve birden fazla segmente ayrılmış çekirdeğe



sahiptirler. Bunlar güçlü fagositik yeteneğe sahiptir ve enfeksiyon bölgesine ulaşan ilk hücrelerdir. **Eozinofiller** alerjik reaksiyonlara, iltihaplanmalara ve parazitlere karşı mücadeleye katılır. **Bazofillerin** alerjik ve iltihabi reaksiyonlarla ilişkili bir rolü vardır.

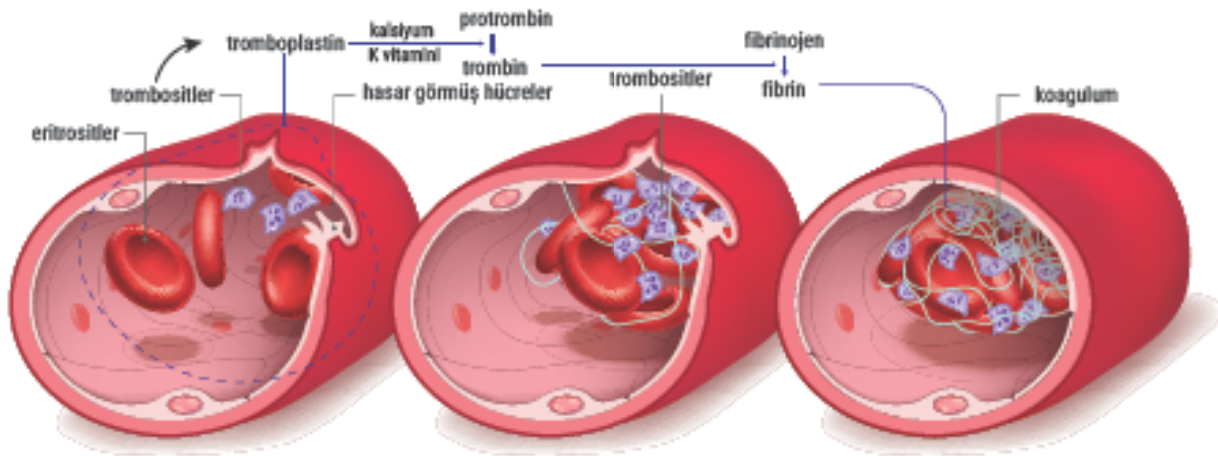
Agranülositler grubuna, en büyük lökositler olan **monositler** girer. Bunlar kandan çıkar ve belirli dokulara yerleşir; burada belirgin fagositik yeteneğe sahip, makrofaj adı verilen büyük hücrelere olgunlaşırlar. **Lenfositler** T- ve B-lenfositler olarak ayrılır ve bağışıklıkta kilit role sahiptir. T-lenfositler bağışıklık yanıtını düzenler; B-lenfositler ise humoral bağışıklık için önemli olan *antikorları* oluşturur.

Trombositler ya da kan pulcukları, en küçük şekilli elemanlardır. Çekirdekleri yoktur, küresel biçime sahiptirler ve insan kanındaki trombosit sayısı 1 mm³'te 150 000 ile 450 000 arasında değişir.

Trombositlerin yapısında çok sayıda enzim ve biyolojik olarak aktif madde bulunur; bunların en önemlileri kanamanın durdurulmasında (hemostaz) ve kanın pıhtılaşmasında (koagülasyon) görev alanlardır. **Hemostaz**, kan damarlarının geçirimsizliğini koruyan ve büyük miktarda kan kaybını önleyen bir süreçtir. Bu süreç üç temel reaksiyonu içerir: sağlıklı kan damarlarının kapanması, yaralanma sırasında kan damarlarının reaksiyonu ve kandaki biyokimyasal süreçler (*koagülasyon*).

Pıhtılaşma (koagülasyon) dört evrede gerçekleşir:

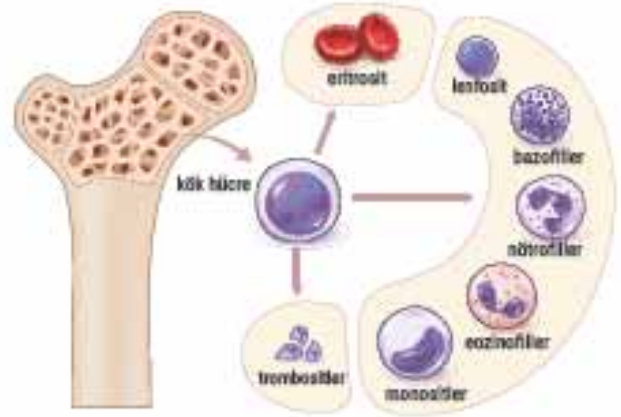
1. **Tromboplastinin etkinleşmesi** – trombositler parçalanır ve yalnızca kalsiyum ile K vitamini varlığında etkin olan bir enzim (*tromboplastin*) salgılar.
2. **Protrombinin trombine dönüşmesi** – tromboplastin, protrombini etkinleştirir; protrombin trombine dönüşür ve sonraki evreye yardımcı olur.
3. **Fibrinojenin fibrine dönüşmesi** – trombin, fibrinojeni fibrine dönüştürür; fibrin bir ağ oluşturur ve kan pıhtısını (*koagulum*) meydana getirir.
4. **Kan pıhtısındaki değişiklikler:**
 - retraksiyon – trombositler, kan pıhtısının parçalanmasını ve büzülmesini sağlayan bir enzim salgılar.
 - fibrinoliz – *plazmin* enzimiyle koagulumdaki fibrin parçalanır ve bu yerde yara izi oluşur.



Koagülasyon süreci

Eritrositler, trombositler ve lökositlerin çoğu kırmızı kemik iliğinde oluşur. Yetişkin insanlarda kırmızı kemik iliği, uzun kemiklerin uçlarında ve yassı kemiklerde (kafatası, göğüs kemiği, kaburgalar, omurlar) bulunur. Kan hücrelerinin öncül hücreleri kök (*stem*) hücreler ya da hemositoblastlar olarak adlandırılır.

Farklı kan hücresi türlerinin yaşam süresi birbirinden çok farklıdır. Örneğin eritrositler, kemik iliğinden çıktıktan sonra kan dolaşımında yaklaşık 120 gün dolaşır. Lökositler kanda yalnızca 6 ile 8 saat bulunabilir. Ancak dokulara girebilir ve burada birkaç gün, ay ya da yıl boyunca yaşayabilirler. Kan pulcuklarının yaşam süresi yaklaşık 10 gündür.



Kan hücrelerinin kemik iliğinde oluşumu

Etkinlik

1. Rol Oynama

4 gruba ayrılınız ve her grup bir rol alacaktır: eritrositler, lökositler, trombositler ya da plazma. Her grup, kendi bileşeninin ne "yaptığını" sunmalı (kâğıt üzerinde ya da sözlü olarak) ve ne taşıdığını, nerede etki gösterdiğini ve olmadığı durumda ne olacağını açıklamalıdır.

2. Mikroskop Altında Kan

2-3 öğrencilik gruplar oluşturunuz ve mikroskop altında bir kan örneğini gözlemleyin. Eritrositleri ve lökositleri tanımlamaya çalışınız. Bunların oranını not edin.

Tekrar Soruları

1. Kan nedir ve onun temel bileşenleri nelerdir?
2. Eritrositlerin, lökositlerin ve trombositlerin işlevini belirt.
3. Kanın koagülasyon sürecine katılan enzimlerin rolü nedir?
4. Bütün şekilli elemanlar nerede oluşur?

Eğlenceli Biyoloji

- İnsan yaşamının farklı evreleri boyunca yedi hemoglobin tipi görülür: Hb Gower 1, Hb Gower 2, Hb Portland, Hb F'nin iki biçimi, Hb A ve Hb A2.
- İnsan kanı her zaman kırmızı değildir. Bazen yeşilimsi ya da kahverengimsi-mavi görünebilir. Yeşil renk, hemoglobinin çoğunlukla bazı ilaçlar ya da toksik maddeler nedeniyle sülfhemoglobine dönüşmesiyle ortaya çıkar. Kahverengimsi-mavi renk ise, hemoglobinin oksijeni doğru biçimde taşıyamadığı methemoglobinemi adı verilen durumda görülür.

2.6 Kalbin ve Kan Damarlarının Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

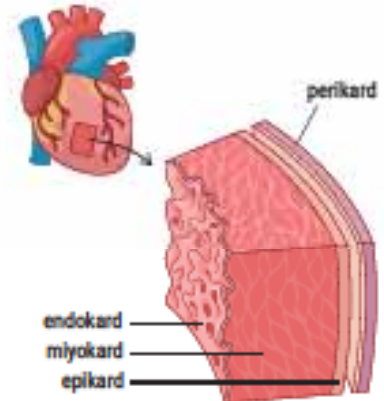
- Kan, vücudun hangi bölümleri boyunca hareket eder?
- Bir otomobilde motorun işlevi nedir?
- Kalp hangi bölümlerden oluşur?

KALP

Kalp, kanı organizma boyunca hareket ettiren başlıca "motor"-dur. Göğüs boşluğunda, akciğerlerin arasında yer alan kaslı ve içi boş bir organdır. Kalp, ritmik kasılmalarıyla kanı kan damarları boyunca iter.

Kalbin duvarları, farklı dokulardan oluşan üç tabakadan meydana gelir:

- **Endokard** (iç tabaka), kalbi iç tarafından saran, skuamöz epitele benzer hücrelerden oluşmuş çok ince ve düzgün bir tabakadır.
- **Miyokard** (orta tabaka), kalbin kaslarını oluşturur. Kalbin kas duvarı, özel yapılı kaslardan oluşur; yapı bakımından enine çizgilidirler (iskelet kasları gibi), ancak istemimiz dışında çalışırlar (bu özellikleriyle düz kaslara benzerler).
- **Epikard** (dış tabaka), çok incedir ve kalbi saran fibröz bir kese oluşturur. Bu zar, perikard adı verilen kalp çevresi zarının oluşumuna katılır.

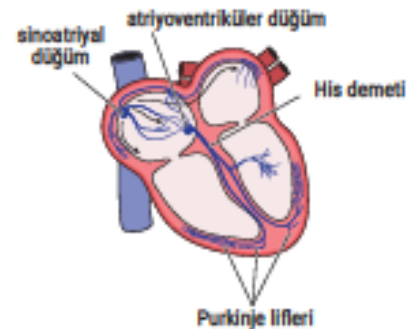


Kalp duvarının yapısı

Kardiyomiyosit adı verilen kalp kası hücreleri, iskelet kası hücrelerinden farklıdır. Bunlar, interkalar diskler adı verilen özel bağlantılarla birbirine bağlanmıştır. Bu disklerde, elektriksel impulsların hızla iletildiği kanallar bulunur. Bunun sayesinde kalp kası tek bir bütün gibi çalışır ve eş zamanlı olarak kasılır. İnsan kalbinde, bağımsız olarak elektriksel impulslar oluşturabilen, sinir-kas düğümleri adı verilen özel kardiyomiyosit toplulukları bulunur.

Kalp kası sürekli çalışır ve herhangi bir başka organdan daha fazla oksijen tüketir. Çalışması için sodyum, potasyum ve kalsiyum iyonları zorunludur. Kalp, "ya hep ya hiç" ilkesine göre tepki verir; uyarı yeterince güçlüyse kasılma en yüksek düzeydedir. Kasılma sırasında kalp kası yeniden uyarılamaz.

Miyokardın kendine ait kan damarları vardır: sağ ve sol koroner atardamar. Bunlar miyokardı oksijen ve besin maddeleriyle besler. Kalp kasından gelen venöz kan, koroner sinüste toplanır ve sağ kulakçığa geri döner.



Miyokarddaki sinir-kas düğümleri

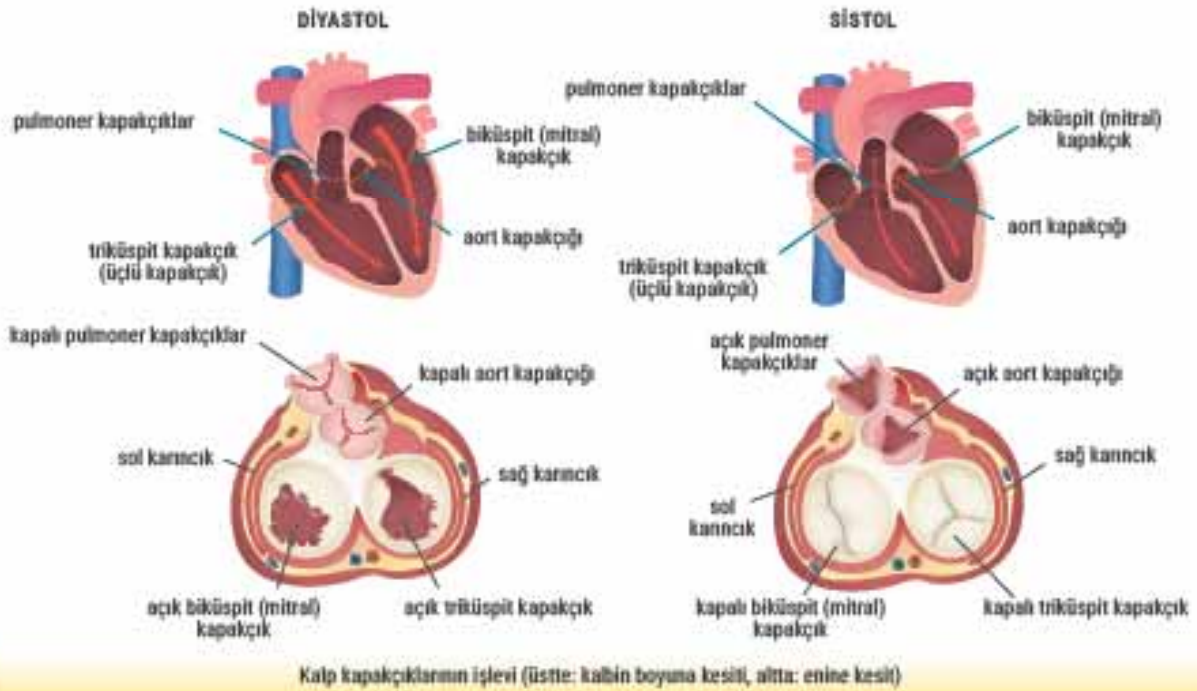
Kalbin İç Yapısı

İnsan kalbi, bir bölme ile tamamen ayrılmış sağ ve sol yarıma bölünmüştür. Sağ yarı, oksijen bakımından fakir kanı küçük (pulmoner) dolaşım yoluyla akciğerlere pompalar; sol yarı ise oksijen bakımından zengin kanı büyük (sistemik) dolaşım yoluyla bütün organizmaya pompalar.

Kalbin her yarısında ikişer boşluk bulunur: kanı alan **kulakçık (atrium)** ve kanı pompalayan **karıncık (ventrikül)**.

- Sağ kulakçık, vücuttan gelen venöz kanı alır; sağ karıncık ise bu kanı akciğerlere pompalar.
- Sol kulakçık, akciğerlerden gelen oksijen bakımından zengin kanı alır; sol karıncık ise (en kalın duvarlara sahip olan bölüm) kanı organizmanın bütün bölümlerine pompalar.

Kulakçıklar ile karıncıklar arasında ve karıncıkların çıkışında, kanın yalnızca tek yönde hareket etmesini sağlayan **kalp kapakçıkları** bulunur. Sağ **atriyoventriküler** kapakçık üç yaprakçıktan oluşur (*triküspit*), sol kapakçık ise iki yaprakçıktan oluşur (*biküspit, mitral*). Sağ karıncığın çıkışında **pulmoner kapakçıklar**, sol karıncığın çıkışında ise **aort kapakçıkları** bulunur; bunlar kanın kalbe geri dönmesini engeller.



Kalbin sağ ve sol tarafı birbirinden ayrılmıştır, ancak birlikte çalışırlar. Kanın kalp içindeki hareketi, kalp kasının kasılmalarıyla sağlanır. Kalbin kasılma evresine **sistol**, dinlenme evresine ise **diyastol** denir. Önce kulakçıklar, ardından karıncıklar kasılır. Kulakçık duvarlarının kasılması tamdır ve karıncıkların kasılmasının başlangıcına kadar sürer. Bu kasılma ve dinlenme sırasına **kalp döngüsü** denir.

Kalbin büyük bir çalışma rezervi vardır; bu, organizmanın gereksinimi arttığında kalbin daha güçlü çalışabileceği anlamına gelir. Dinlenme hâlinde kalp dakikada yaklaşık 75 kez atar ve her atımda yaklaşık 70 mL kan, yani bir dakikada yaklaşık 5 litre kan pompalar. Fiziksel etkinlik sırasında bu miktar önemli ölçüde artar. Kalbin çalışması sırasında stetoskopiyle duyulabilen **kalp sesleri** oluşur.

Kalp dakikada 60 atımdan daha yavaş attığında bu durum *bradikardi*, dakikada 100 atımdan daha hızlı attığında ise *taşikardi* olarak adlandırılır. Bazen *aritmî*, yani düzensiz ritim de ortaya çıkabilir; bu durum sağlıklı kişilerde de, örneğin stres, kafein ya da nikotin etkisiyle görülebilir.

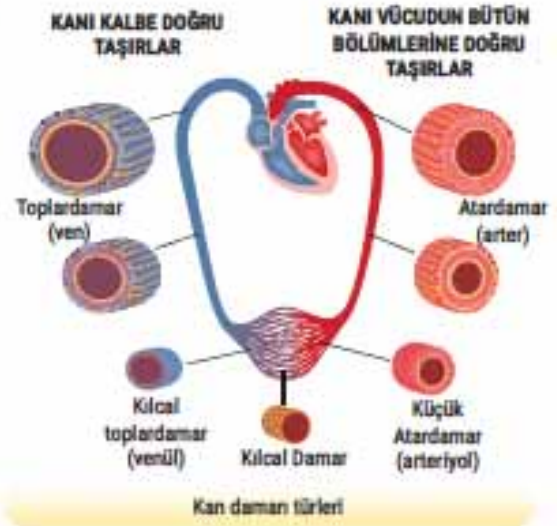
KAN DAMARLARI

Kanı kalpten dışarı taşıyan kan damarlarına **atardamarlar** (arterler) denir. Bunlar daha sonra dallanır ve vücuttaki her organa giren daha küçük bölümler oluşturur. Arter kökenli en küçük dallar arteriyollerdir. Kan, arteriyollerden gazların ve besin maddelerinin kan ile hücreler arasında alışverişinin gerçekleştiği en küçük kan damarları olan **kılcal damarlara** (kapılar) girer. Kılcal damarlardan geçtikten sonra kan, venül adı verilen damarlarda toplanır; bunlar toplardamarlar (ven) adı verilen daha büyük damarlara doğru ilerler. Toplardamarlar, kanı dokulardan kalbe geri getirir.

Atardamarların duvarı üç tabakadan oluşur: iç endotel, düz kaslar ve elastik dokudan oluşan orta tabaka ve dış bağ-destek tabakası. Aort (kanı kalpten dışarı taşıyan ana arter), içine kan en yüksek basınçla gönderildiği için kalın ve sağlam bir duvara sahiptir. Venlerin duvarı atardamarlara göre daha incedir ve kan bu damarlarda daha düşük basınç altında akar. Birçok vende, özellikle ekstremitelerde, kanın geriye dönmelerini engelleyen ve yalnızca kalbe doğru hareket etmesini sağlayan kapakçıklar bulunur. Bu tür kapakçıklar bacak venlerinde çok sayıdadır.

Kan damarları, özellikle atardamarlar, elastiktir ve çaplarını değiştirebilir. Bu, duvarlarında düz kas hücrelerinin bulunmasından kaynaklanır. Kan damarlarının daralmasına **vazokonstriksiyon**, genişlemesine ise **vazodilatasyon** denir.

Kılcal damarlar en küçük kan damarlarıdır. Duvarları çok incedir ve tek kat hücreden oluşur; bu duvarda kan ile hücreler arasında madde alışverişinin gerçekleştiği küçük porlar bulunur. Organizmadaki bütün hücreler, kandan gelen su, oksijen ve besin maddelerini içeren interstisyel sıvıyla çevrilidir. Bu maddeler kılcal damarlardan **difüzyon** adı verilen süreçle geçer. Karbondioksit ve hücrelerde oluşan atık maddeler ise ters yönde hareket eder. Bunlar kılcal damarlara geçer ve kanla atılım organlarına taşınır.



NABIZ VE KAN BASINCI

Kalp normalde dakikada 70–80 kez kan pompalar. Her kasılmayla, atardamarlar boyunca yayılan bir basınç dalgası oluşur ve buna **nabız** denir. Nabız, atardamarların vücut yüzeyine yakın olduğu yerlerde; örneğin el bileğinde, boyunda ya da ayakta hissedilebilir.

Kan basıncı, kanın kan damarlarının duvarlarına uyguladığı kuvvettir. Bu; kalbin çalışmasına, kan hacmine ve kan damarlarının genişliğine bağlıdır. Sağlıklı yetişkin bir kişide genellikle yaklaşık 120/80 mmHg'dir (cıva sütunu); burada birinci sayı kalbin atımı sırasındaki basıncı (sistolik), ikinci sayı ise kalbin dinlenmesi sırasındaki basıncı (diastolik) gösterir.

Damarlar daralmışsa basınç artar; tersine, damarlar genişlemişse basınç azalır. Organizmadaki su ve tuz miktarı, kan basıncı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Daha fazla sıvı ve tuz alındığında kan hacmi artar, bununla birlikte kan basıncı da yükselir. Kan basıncını hormonlar ve diğer maddeler de etkiler.

Kalbin çalışması ve kan basıncı, merkezî sinir sistemindeki merkezler tarafından düzenlenir. En önemli merkezler, *omurilik soğanı* ve *pons*ta yer alır; burada kalbin çalışmasını ve kan damarlarının genişliğini kontrol eden vazomotor merkez bulunur. Solunum merkezi de kan basıncını etkiler.

Omurilikte spinal vazomotor merkez bulunur. Normal koşullarda bu merkez, daha üst merkezlerin kontrolü altındadır ve neredeyse bağımsız olarak etki göstermez; ancak onlarla bağlantı kesilirse kısa bir süre işlev görebilir.

Etkinlik:

Kan Basıncının Ölçülmesi

Gerekenler: dijital ya da analog kan basıncı ölçüm cihazı (sfigmomanometre).

1. Cihazı takmadan önce rahatça otur. Sırtın dik olmalı, bacakların ise çapraz olmamalıdır. Ölçüm yapacağın kol gevşek olmalı ve kalbinin hizasında olacak şekilde masanın üzerine yerleştirilmelidir.
2. Kolunu sıva ve manşonu üst kola yerleştir (dirseğin yaklaşık 2-3 cm üzerine). Ne çok gevşek ne de çok sıkı olmalıdır; altına iki parmak koyabilecek durumda olmalısın.
3. Sakin otur ve konuşma.

Dijital cihazda - cihazı aç ve manşonun şişmesini, ardından havayı yavaşça boşaltmasını bekle. Ekranda görünecek iki sayıyı yaz (ör. 115/75).

Analog cihazda - stetoskopun kulaklıklarını kulaklarında bırak. Dinleme bölümünü (metal disk), kol nabzının hissedilebildiği yere, dirseğin iç tarafına yerleştir. Bir elinle kauçuk pompayı tut, diğer elinle küçük vananın kapalı olup olmadığını kontrol et. Manometrenin ibresi yaklaşık 160 ya da 180 mmHg'ye ulaşıncaya kadar pompayı hızlıca sıkmaya başla. Havanın çıkmaya başlaması için vanayı çok yavaş çevirerek aç (ibre yavaş düşmelidir, saniyede yaklaşık 2-3 milimetre). Dikkatle dinle! İlk belirgin "atma" sesini duyduğun anda ibrenin nerede olduğuna bak. Bu, sistolik basınçtır. Havayı boşaltmaya ve dinlemeye devam et. Sesin kesildiği an, diyastolik basınç değeridir.

Tekrar Soruları

1. Kalbin yapısını betimle ve kapakçıkların onun çalışması için neden önemli olduğunu açıkla.
2. Kalp döngüsü nedir ve onu hangi iki evre oluşturur?
3. Kan damarları nasıl olabilir ve neye göre ayrılmıştır?
4. Nabız nedir, kan basıncı nedir?

Eğlenceli Biyoloji

- Yetişkin bir insanın vücudundaki bütün kan damarları tek bir çizgi hâlinde dizilirse, uzunlukları yaklaşık 95 000 ile 100 000 kilometre arasında olurdu. Bu, Dünya'nın çevresini iki buçuk kez dolaşmak için yeterlidir!
- İnsan kalbi çalışmasıyla ortalama olarak dakikada yaklaşık 5 litre kan pompalar; bu miktar 70 yıllık bir yaşamda yaklaşık 184 milyon litre kana karşılık gelir. Bu, yaklaşık 70 olimpik yüzme havuzunu doldurabilecek bir sıvı miktardır.

2.7 Küçük ve Büyük Kan Dolaşımı ile Lenf Dolaşımı

Hatırla!

- Kalbin sol ve sağ yanya ayrıldığını neden söyleriz?
- Sağ kulakçıkta kan nereden toplanır?
- Sol kanncıktan çıkan kan nereye gider?

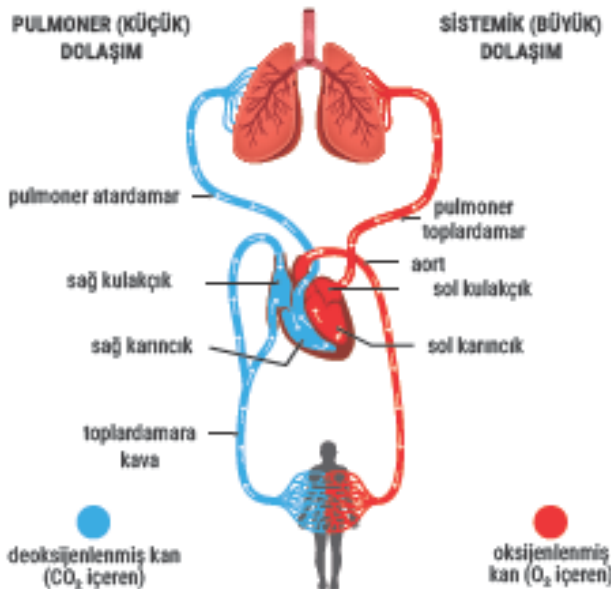
Kan dolaşım sistemi, kalbin çalışması ve kan basıncı farkı sayesinde kanın sürekli hareket ettiği kapalı bir sistemdir. Kan basıncı, en büyük arter olan aortun başlangıcında en yüksektir ve kan atardamarlar, kılcal damarlar ve toplardamarlar boyunca hareket ettikçe yavaş yavaş azalır; en büyük venöz kan damarlarında, kulakçıklara döküldüğü sırada neredeyse sıfırdır.

İnsan organizmasında kanın dolaşımı iki gruba ayrılabilir: küçük (pulmoner) dolaşım ve büyük (sistemik) dolaşım.

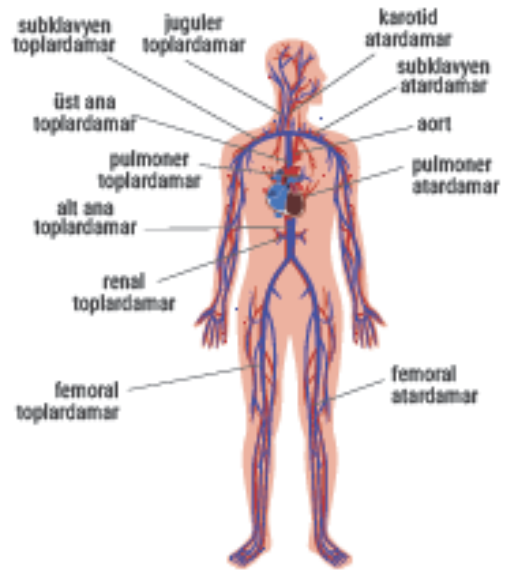
Küçük (pulmoner) dolaşım ile bütün vücuttan toplanan ve karbondioksit bakımından zengin olan kan akciğerlere taşınır. Orada, alveollerde karbondioksit verilir, oksijen alınır ve kan sol kulakçığa geri döner.

Pulmoner atardamarlar, oksijen bakımından fakir kan taşımaları bakımından büyük dolaşımdaki atardamarlardan farklıdır; pulmoner toplardamarlar ise oksijen bakımından zengin kan taşıır.

Büyük (sistemik) dolaşım, bütün dokuları besin maddeleri ve oksijenle besleyen, dokulardan ise son metabolik ürünleri toplayan kan damarlarından oluşur.



Küçük ve büyük kan dolaşımının şematik gösterimi (arteriyel ve venöz kan damarları vücudun her iki tarafında da bulunur; şekilde açıklık sağlamak amacıyla basitleştirilmiştir)



İnsanda dolaşım sisteminin daha önemli kan damarları

LENF SİSTEMİ

Doku sıvısının toplandığı ve taşındığı ikinci yol **lenf sistemidir**. Lenf damarları toplardamarlara benzer bir yapıya sahiptir. En küçük lenf damarları – lenf kılcalları kör başlangıçlara sahiptir, yani bir uçları vücut sıvılarının içine gömülüdür, diğer uçlarıyla ise daha büyük lenf damarlarına bağlanırlar.

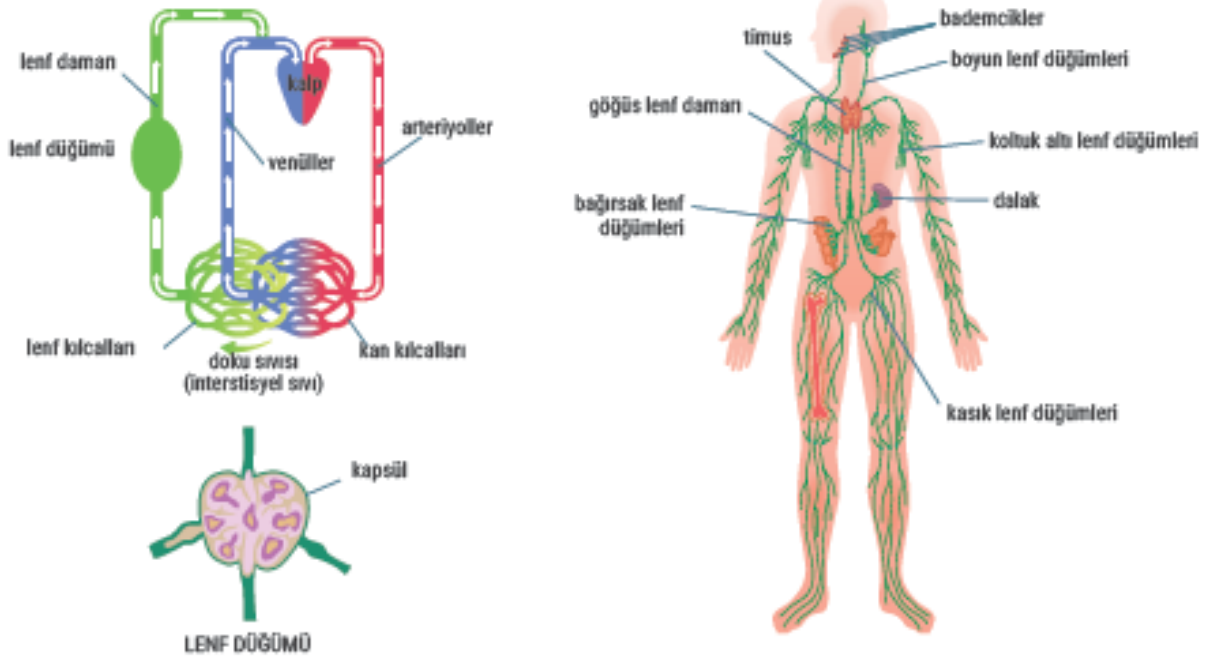
Lenf, lenf damarları boyunca toplardamarlarda olduğu gibi, kasların ve kapakçıkların yardımıyla hareket eder. Sonunda, lenfin bütün miktarı iki büyük lenf damarında toplanır ve yeniden kan dolaşımına döner. Birincisi, vücudun en büyük bölümünden lenf toplayan ve *sol köprücük altı toplardamarına* dökülen **göğüs lenf damarıdır**; ikincisi ise yalnızca başın ve boynun sağ tarafından, sağ koldan ve göğüs kafesinin sağ tarafından lenf toplayan ve *sağ köprücük altı toplardamarına* dökülen **sağ lenf damarıdır**.

Lenf, lenf damarları boyunca ilerlerken lenf düğümleri adı verilen genişlemelerle karşılaşır. Lenf düğümleri lenfin filtreleridir. Buralarda lenf süzülür, artırılır ve bir çıkış lenf damarı aracılığıyla lenf düğümünün dışına taşınır.

Lenf düğümleri, toplu iğne başı büyüklüğünde küçük, küresel kütlelerdir (2,5 cm'ye kadar). Lenf doku-sunda lenfositler ve makrofajlar bulunur. Düğümcüklerin yüzeyindeki farklı yerlerde, kapsülü geçen ve lenfi düğümlerin öz bölgesine taşıyan giriş lenf damarları bulunur. Lenf düğümünün çıkış bölgesi hilus olarak adlandırılır ve lenfi lenf düğümünün dışına taşıyan çıkış lenf damarlarının çıkış yeri olarak görev yapar.

Lenf düğümleri kural olarak gruplar hâlinde yerleşmiştir ve her gruptaki sayı 2, 3'ten 100'ün üzerine kadar farklılık gösterir. Bu grupların bazıları vücudun derinliklerinde yer alır, bazıları ise vücut yüzeyinin altında bulunur.

En önemli lenf düğümü grupları boyun, koltuk altı, bağırsak ve kasık lenf düğümleridir.



Lenf sistemi ve lenf dolaşımının şematik gösterimi

Bademcikler lenfoid dokudan oluşur ve birçok yerde bulunur: yumuşak damağın iki yanında, burun boşluğunun arkasında, boğazın arka duvarında ve dilin kökünde. Bunların organizmanın savunmasında rolü vardır ve enfeksiyonlar sırasında önemli ölçüde büyüyebilirler.

Timus bezi (Göğüs bezi), lenf sisteminin bir parçasıdır ve göğüs kemiğinin arkasında bulunur. Çocuklarda bağışıklığın gelişiminde önemli bir role sahiptir. Burada, timozin hormonunun etkisi altında T-lenfositler adı verilen belirli lenfositler olgunlaşır. Timus çocuklukta en aktiftir; ergenlikten sonra küçülür ve yerini yağ ve bağ dokusu alır.

Dalak, karın boşluğunun sol üst bölümünde, diyaframın altında bulunur. Kan bakımından zengin yumuşak bir organdır ve lenfoid doku, fagositler ile iki bölge içerir: beyaz ve kırmızı pulpa. Dalak kanı filtreler, yaşlı eritrositleri parçalar, organizmanın savunmasına katılır ve kan için bir depo görevi görür. Embriyonal gelişimde eritrositlerin oluşumunda da rolü vardır.

Etkinlik:

Bir Damla Kanın Yolculuğu

Gerekenler: büyük bir kâğıt yaprağı (blok ya da fon kartonu), kırmızı ve mavi keçeli kalem (ya da kuru boya kalem), kurşun kalem ve silgi.

1. Beşer öğrencilik gruplar hâlinde çalışınız. Birlikte kalbin dört bölmesiyle büyük bir şemasını çiziniz; onun üstüne akciğerleri çiziniz, altına ise vücudun geri kalanını bir bütün olarak gösterin.
2. Kırmızı keçeli kalemle (oksijenle dolu kan için) ve mavi keçeli kalemle (karbondioksitli kan için) küçük ve büyük kan dolaşımı boyunca yolu işaretleyiniz. Hareket yönünü oklarla gösteriniz. Önemli bölümleri işaretleyin.

Tekrar Soruları

1. Küçük ve büyük kan dolaşımı arasındaki farkı açıklayınız ve organizmadaki rollerini belirt.
2. Lenf sistemi ile kan dolaşım sistemi arasındaki bağlantı nedir?
3. Kan dolaşımı ile lenf dolaşımı arasındaki fark nedir?

Eğlenceli Biyoloji

- Kan dolaşımı, pompa olarak kalbin yardımıyla hareket eder; lenf dolaşımının ise "pompası" yoktur ve iskelet kaslarının hareketi ile solunum sayesinde hareket eder. Bu nedenle fiziksel etkinlik yalnızca kalp için değil, lenfin doğru hareketi için de önemlidir.

2.8 Bağışıklık ve Kardiyovasküler Sistem Sağlığının Korunması

Hatırla!

- Vücut bulaşıcı hastalıklara karşı hangi şekilde savunur?
- Bağışıklık ne anlama gelir?
- Sence hangi besinler kalp ve kan damarları için zararlıdır?

Mikroorganizmalar ve çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük virüslerle dolu bir dünyada yaşıyoruz. Bunların bazıları ciddi hastalıklara neden olabilir; ancak farklı ve etkili savunma mekanizmaları geliştirdiğimiz için hayatta kalırız. Bizi çok sayıda zararlı etkenden koruma görevi, belirli kan hücrelerine ve birlikte bağışıklık sistemini oluşturan lenf sistemine aittir. **Bağışıklık sistemi**, insan vücudunun savunma mekanizmasıdır.

Deri, organizmanın ilk savunma hattıdır ve mikroorganizmalara karşı mekanik bir engel görevi görür. Deri zarar gördüğünde enfeksiyon riski artar. Solunum, sindirim ve vücuttaki diğer yolları döşeyen mukozalar da koruyucu role sahiptir. Bunlar, kirleri ve mikroorganizmaları tutan yapışkan salgılar salgılar; solunum yollarındaki siller ise bunların dışarı atılmasına yardımcı olur.

Gözyaşı, ter ve tükürük gibi vücut salgıları, mikroorganizmaları yok eden maddeler ve enzimler içerir. Sindirim özuları birçok bakteriyi ve onların toksinlerini yok eder. Organizmanın savunması, zararlı maddelerin vücuttan atılmasına yardımcı olan hapşırma, öksürme, kusma ve ishal gibi reflekslerle de desteklenir.

Mikroorganizmalar engelleri aşmayı ve kana girmeyi başarırsa lökositler etkinleşir. Fagositoz, belirli lökositlerin mikroorganizmaları "yuttuğu" ve yok ettiği süreçtir.

Bağışıklık, organizmanın hastalıklardan korunma ya da onların sonuçlarının üstesinden gelme yeteneğidir. Bağışıklık yanıtı, vücudumuza giren her zararlı etkene karşı etki gösterdiğinde özgül olmayan ya da yalnızca belirli bir etkene yönelmediğinde özgül olabilir.



Bağışıklığın iki temel türü vardır: doğuştan (kalıtsal) ve kazanılmış (edinilmiş).

Doğuştan (kalıtsal) bağışıklık doğumdan itibaren vardır. Bunun bir biçimi tür bağışıklığıdır; bu nedenle insan, hayvanları etkileyen bazı hastalıklara yakalanmaz ve bunun tersi de geçerlidir. İnsanlar arasında doğuştan gelen farklılıklar da vardır; bazı insanların bağışıklığı diğerlerinden daha güçlüdür ve bu durum kalıtıma ve yaşam biçimine bağlıdır.

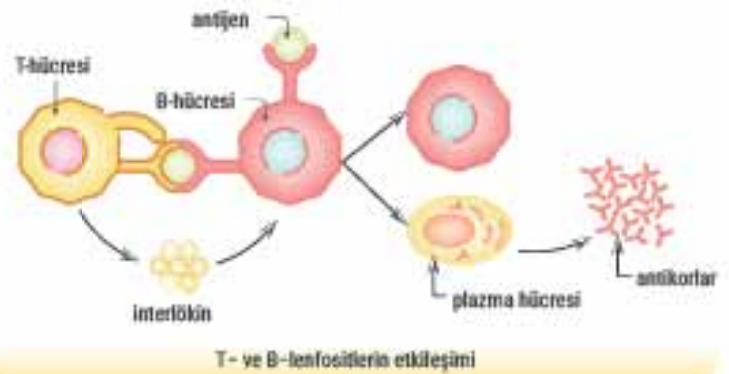
Kazanılmış (edinilmiş) bağışıklık yaşam boyunca gelişir. Doğal yolla (hastalık geçirdikten sonra) ya da yapay yolla (aşılanma ile) kazanılabilir; ayrıca aktif ya da pasif olabilir.



Kazanılmış bağışıklık, organizmaya bir antijenin girmesiyle oluşur; **antijen**, bağışıklık reaksiyonuna neden olan yabancı bir maddedir. Antijenler mikroorganizmaların parçaları, toksinler, polen ya da bazı besinler olabilir.

Antijenler lenfositleri – T- ve B-hücrelerini – etkinleştirir. T-hücreleri göğüs bezinde (timus) olgunlaşır ve hücrel bağışıklığa katılır. T-hücreleri enfekte olmuş hücreleri yok edebilir, bağışıklığı etkinleştirebilir, yanıtı durdurabilir ya da antijeni "hatırlayabilir".

Organizmadaki antijene yanıt olarak B-hücreleri **antikorlar** (immünoglobulinler) oluşturur ve **humoral bağışıklığa** katılır. Etkinleştiklerinde B-hücreleri, kana özgül antikorlar salgılayan plazma hücrelerine dönüşür. Antikorlar glikoproteinlerdir ve organizmanın savunmasında farklı rollere sahip beş immünoglobulin grubuna ayrılır: IgG, IgA, IgM, IgD ve IgE.



Doğal yolla kazanılmış bağışıklık, organizma belirli bir hastalıkla kendisi mücadele ettiğinde oluşur. O zaman yalnızca o etkeni tanıyan özgül antikorlar oluşur. Bu antikorların ve bellek hücrelerinin bir bölümü organizmada uzun süre kalır; bu nedenle koruma aylarca, yıllarca, bazen de yaşam boyu sürebilir. Organizma antikorları kendisi aktif olarak oluşturduğu için bu bağışıklık *aktif bağışıklık* olarak da adlandırılır.

Doğal pasif bağışıklık da vardır; çocuk bunu anneden alır. Antikorlar anneden plasenta yoluyla fetüse geçer, doğumdan sonra ise anne sütüyle (*kolostrumla*) alınır. Bu bağışıklık kısa sürelidir, ancak yaşamın ilk aylarında çocuğun korunması için çok önemlidir.

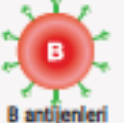
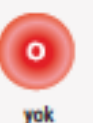
Yapay bağışıklık aşılama ile oluşturulur. **Aşılar**, hastalığa neden olmayan ancak bağışıklık sistemini uyaran zayıflatılmış ya da inaktive edilmiş mikroorganizmalar veya onların parçalarını içerir. Aşının uygulanmasından sonra organizma, gerçek patojenle gelecekteki bir karşılaşmada hızlı ve etkili koruma sağlayan antikorlar ve bellek hücreleri oluşturur.

Aşılamadan sonra hastalık ya hiç gelişmez ya da çok hafif bir biçimde görülür. Aşılama, kolektif bağışıklık da oluşturduğu için bulaşıcı hastalıkların ve salgınların önlenmesinde en etkili yollardan biridir. Aşılar sayesinde kızamık, çocuk felci ve difteri gibi birçok tehlikeli hastalık ortadan kaldırılmış ya da önemli ölçüde azaltılmıştır. Bu nedenle aşılama, kişinin kendi sağlığına ve bütün toplumun sağlığına yönelik bakımın önemli bir parçasıdır.

KAN TRANSFÜZYONU VE TRANSPLANTASYON

İnsan, yaralanma ya da hastalık nedeniyle çok fazla kan kaybettiğinde, hücreler yeterli oksijen ve besin maddelerinden yoksun kalır. Böyle durumlarda kan transfüzyonu uygulanır – başka bir insandan kan eklenmesi. Ancak her kan herkese verilemez; çünkü eritrositlerin yüzeyinde, alıcıda tehlikeli bir bağışıklık reaksiyonuna neden olabilecek antijenler bulunur. Bu nedenle her transfüzyondan önce kan grubu mutlaka kontrol edilir.

A ve B antijenlerinin varlığına göre insanlar dört kan grubundan birine sahip olabilir: A, B, AB ve O (sıfır). O kan grubuna sahip kişilerde eritrositlerin üzerinde A ve B antijenleri yoktur ve herkese kan verebilirler – bu nedenle evrensel vericiler olarak adlandırılırlar. AB kan grubuna sahip kişilerin plazmasında antikor bulunmaz ve herkesten kan alabilirler – bunlar evrensel alıcılardır. Ancak güvenlik nedeniyle çoğunlukla aynı kan grubundan kan verilir.

	grup A	grup B	grup AB	grup O
eritrositlerdeki antijenler	 A antijenleri	 B antijenleri	 A ve B antijenleri	 yok
plazmadaki antikorlar	 anti-B	 anti-A	yok	 anti-A ve anti-B

Farklı kan gruplarında kanın bileşimi

Bu antijenlerin yanında Rh-faktörü de önemlidir. İnsanların %85'inden fazlası Rh-pozitifdir; bu antijene sahip olmayanlar ise Rh-negatiftir. Rh-pozitif kan, Rh-negatif bir insana verilirse, bir sonraki transfüzyonda sorunlara yol açabilecek antikorlar oluşabilir.

Tablo: ABO sisteminde kan grupları

Kan grubu	Eritrositlerdeki antijen	Kan alabilir	Kan verebilir
A	A	A, O	A, AB
B	B	B, O	B, AB
AB	A ve B	A, B, AB, O	AB
O	yok	O	O, A, B, AB

Transplantasyon, başka bir insandan organların ya da dokuların nakledildiği bir işlemdir. Her organizmanın yabancı cismi (antijen) yok etmeye çalışması doğaldır; buna başka bir insandan ya da başka bir hayvandan gelen dokular da dâhildir ve böyle normal bir reaksiyon *reddetme sendromu* olarak adlandırılır. Reddedilme riskini azaltmak için transplantasyondan önce vericinin ve alıcının dokularının uyumlu olup olmadığı kontrol edilir.

İmmünolojik sistemin etkinliği çoğu zaman görünür ve yararlıdır. Ancak belirli durumlarda tehlikeli olabilir ve dikkatli olunması gerekir. Böylece, belirli antijenlerle tekrarlanan temas sırasında bazı insanlarda aşırı duyarlılık ortaya çıkar; bu durumda bağışıklık aşırı tepki verir ve organların çalışmasında bozukluklara neden olabilir. Bu durum alerji olarak adlandırılır ve ortaya çıkan reaksiyonlar alerjik reaksiyonlardır.

Bazen immünolojik sistem, kendi hücrelerine ve dokularına yabancıymış gibi saldırır. Bu olgu otoimmünite olarak adlandırılır. Kendi hücrelerini tanıma yeteneğinin kaybedilmesi, *romatoid artrit*, *multipl skleroz* ve *sistemik lupus* gibi hastalıklara yol açabilir.

Diğer durumlarda immünolojik sistem zayıflamıştır; bu durum *immün yetmezlik* olarak belirtilir. Böyle bir duruma örnek, HIV virüsünün neden olduğu AIDS hastalığıdır. Bu virüs, organizmanın savunması için önemli olan yardımcı T-hücrelerine saldırır ve onları yok eder. Bu hastalığa karşı en iyi korunma, iyi bilgilendirilmiş olmak ve özellikle korunmasız cinsel ilişkilerde ya da doğrudan kan aktarımı sırasında enfekte kanın sağlıklı bir insanın kanıyla temasını önlemektir.

KARDİYOVASKÜLER SİSTEMİN SAĞLIĞI İÇİN ÖNLEYİCİ ÖNLEMLER

Kardiyovasküler sistem, insan vücudunda oksijenin, besin maddelerinin, hormonların taşınmasından ve zararlı maddelerin uzaklaştırılmasından sorumlu olan en önemli işlevsel bütünlerden biridir. Onun doğru çalışmasına, bütün doku ve organların beslenmesi ve yaşamsallığı bağlıdır. Üç temel önleyici faktör, kardiyovasküler sistemin ve kanın sağlığını güçlü biçimde etkiler.

1. Sağlıklı beslenme kan damarlarının durumu ve kalbin işlevselliği üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Doymuş yağlar bakımından zengin besinler, atardamarların duvarlarında yağ birikintilerinin oluşmasına yol açar (*ateroskleroz*). Bu süreç kan damarlarını daraltır ve kanın onların içinden akışını zorlaştırır; bununla kalp daha yoğun çalışmak zorunda kalır. Öte yandan, taze meyve ve sebzeleri, tam tahılları, balığı, kabuklu yemişleri ve ölçülü miktarda sağlıklı bitkisel yağları içeren beslenme; kan damarlarını elastik tutan ve kolesterol birikimini önleyen antioksidanlar ve yararlı yağ asitleri sağlar. Böyle bir beslenme yalnızca kalp hastalıkları riskini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda kan basıncının ve vücut kütlesinin düzenlenmesine de katkıda bulunur.

2. Düzenli fiziksel aktivite sağlıklı bir kardiyovasküler sistemin korunması için ikinci önemli dayanaktır. Hızlı yürüyüş, koşma, yüzme ya da bisiklet sürme gibi orta düzeyde egzersiz, kalp kasını güçlendirir, dolaşımı iyileştirir ve akciğerlerin kapasitesini artırır. Ek olarak, düzenli hareket glikoz metabolizmasını iyileştirir, stresi azaltır ve vücut kütlesinin düzenlenmesine yardımcı olur (yüksek tansiyon, diyabet ve koroner hastalık riskiyle yakından ilişkili faktörler). Gençler için günlük en az 60 dakika fiziksel aktivite önerilir; bu, kalbin ve kan damarlarının sağlıklı büyüme ve gelişimine önemli ölçüde katkıda bulunur.

3. Riskli alışkanlıklardan kaçınmak: Üçüncü önemli yön, sigara içme, aşırı alkol tüketimi, sağlıksız beslenme alışkanlıkları, uzun süreli stres ve sedanter yaşam biçimi gibi riskli alışkanlıklardan kaçınmaktır. Nikotin ve sigaralardaki diğer kimyasal maddeler kan damarlarının duvarlarına zarar verir, kan basıncını artırır ve atardamarlardaki boşluğu daraltır. Sonuçları, kan damarlarının elastikliğinin azalması ve kalp krizi ile inme riskinin artmasıdır. Aşırı alkol kullanımı kalp kasında iltihaplanmaya, kalp ritminin bozulmasına ve kan basıncının yükselmesine yol açabilir.

Bütün bu önleyici önlemler birbiriyle bağlantılıdır ve birlikte uygulandıklarında güçlü bir koruyucu mekanizma oluşturur. Böylece, sağlıklı beslenme ve düzenli egzersiz kombinasyonu vücut kütlesini azaltır; bu da kalbin yükünü hafifletir ve kan basıncını dengeler. Sigara içmekten kaçınmak ve stresi azaltmak

kan damarlarının zarar görmesini önler; böylece sağlıklı beslenmenin ve fiziksel aktivitenin olumlu etkisi tam olarak ortaya çıkar.

Esasında kardiyovasküler sağlığa özen göstermek, her gün oluşturulan ve çok sayıda küçük, ancak önemli seçimin sonucu olan bir süreçtir. Sağlıklı alışkanlıkları daha ergenlik yıllarında uygulayan kişilerin, ilerleyen yaşamda kalp hastalıkları riskinin önemli ölçüde daha düşük olduğu birçok kez kanıtlanmıştır. Bu nedenle gençlerin, bugünkü seçimlerinin yarınki sağlıklarını ne kadar etkileyebileceği konusunda bilinç geliştirmeleri önemlidir.

Etkinlik

1. Vücudun Savunması

Bir mikroorganizmanın vücuda girişinden tamamen yok edilmesine kadar olan yolunu gösteren görsel bir harita (infografik) oluşturun. Sıralamayı göstermek için oklar ve simgeler kullanın: patojenin girişi → özgül olmayan savunma (deri ve fagositler) → özgül bağışıklık (antikorlar ve lenfositler) → hafızanın oluşması.

Çalışmayı kolaylaştır ve yaratıcı ol! Güçlü görseller üretmek için Canva AI veya Bing Image Creator gibi YZ araçlarını kullan (örneğin: "Bir beyaz kan hücresinin virüse saldırmasının gösterimi"). Senin görevin bu görselleri düzenlemek ve gösterimi açıklayan kısa yorumlar eklemektir.

Infografiğin sonunda "Kalkan gevşediğinde ne olur?" başlıklı aynı bir bölüm ekle. Burada bağışıklık zayıfladığında ne olduğunu açıkla ve bunu günlük alışkanlıklarınla ilişkilendir; önlemenin neden en iyi koruma olduğunu vurgula.

2. Sağlıklı Yaşam İçin Sağlıklı Alışkanlıklar

Beşer öğrenciden oluşan gruplar oluşturunuz. Organizma için yararlı ve zararlı olmak üzere iki sütunlu bir tablo yapınız. Tabloyu spor, sigara içme ve sağlıklı beslenme gibi farklı alışkanlıklarla doldurunuz. Her alışkanlık için, onun kalbin ve bağışıklığın çalışmasını somut olarak nasıl etkilediğini araştırınız ve yazınız. Besin ya da etkinlik seçiminin kanın niteliğini ve kan damarlarının açıklığını nasıl değiştirdiğini düşününüz. Bu gerçeklere dayanarak, grubunuzla birlikte uzun ve sağlıklı bir yaşam için açık kurallar içeren bir "Sağlıklı Alışkanlıklar Kodeksi" hazırlayınız. Kodeksinizi sınıf arkadaşlarınızın önünde sununuz.

Tekrar Soruları

1. Özgül olmayan bağışıklık nedir, özgül bağışıklık nedir? Her biri için birer örnek ver.
2. Aşılama nasıl işler ve bulaşıcı hastalıkların önlenmesi için neden önemlidir?
3. Sağlıklı beslenme, düzenli fiziksel aktivite ve riskli alışkanlıklardan kaçınma, sağlıklı bir kardiyovasküler sistem için neden önemli önleyici önlemlerdir?

İlginç biyoloji

- Aşılama sözcüğü Latince vacca – inek sözcüğünden gelir. İlk aşı 1796 yılında çiçek hastalığına karşı yapılmıştır; o dönemde ineklerle çalışan insanların bu hastalığa yakalanmadığı fark edilmiştir.

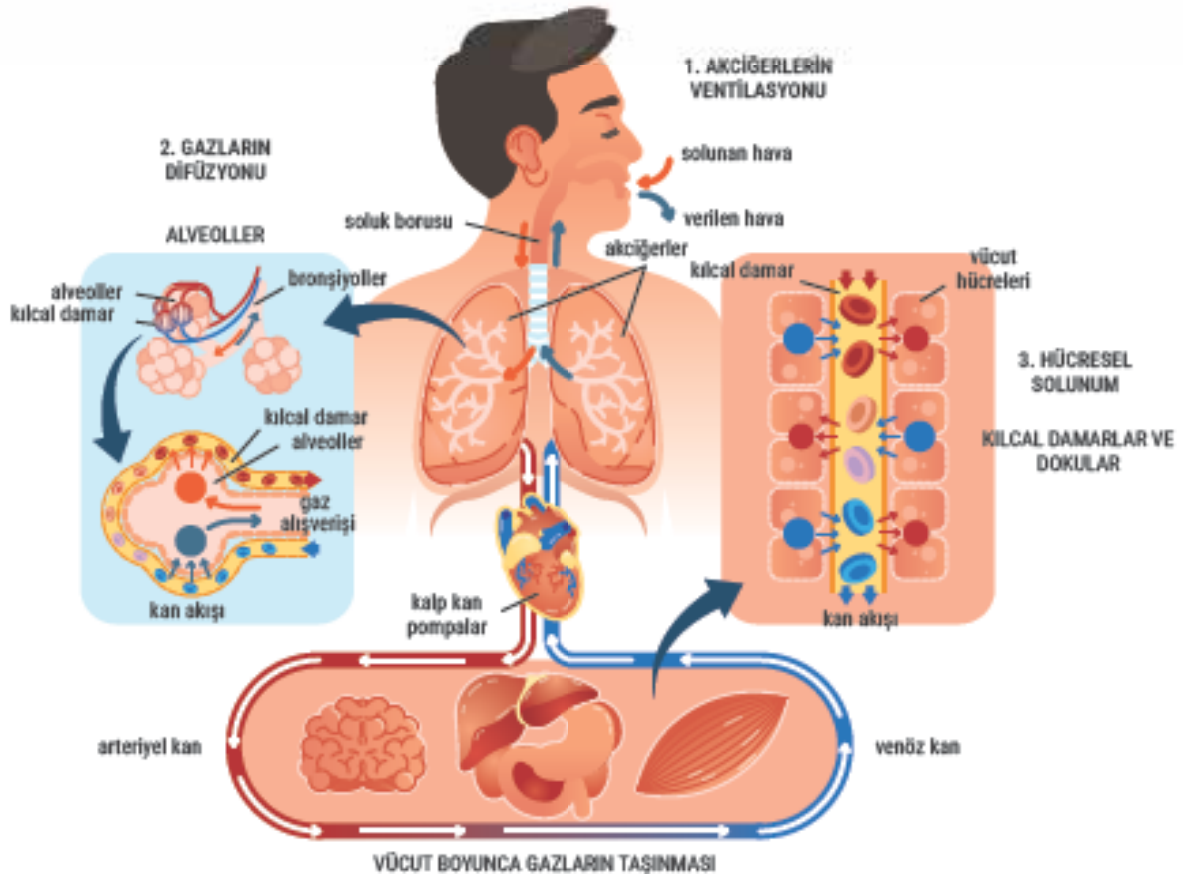
2.9 Solunum Sistemi Organlarının Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

- Soluduğumuz hava nerede sonlanır?
- Dışarı verdiğimiz hava nereden gelir?
- Büyük kan dolaşımı nedir, küçük kan dolaşımı nedir?

İnsan vücudundaki her hücre, çevre ortamla madde alışverişi yapmak zorundadır. Ancak organizmadaki hücrelerin çoğu dış ortamla temas hâlinde değildir ve maddelerin taşınması ile alışverişi için özel sistemlere dayanmak zorundadır. Bu sistemlerin organlarında, madde alışverişinin gerçekleştiği temas yüzeyini artıran adaptasyonlar vardır.

Solunum sistemi, görevi gaz alışverişi (**solunum**) olan organlardan oluşur. Bu organlar havadaki oksijeni organizmaya taşır ve hücrelerde oluşan karbondioksiti uzaklaştırır. Oksijen kan aracılığıyla, yaşamsal



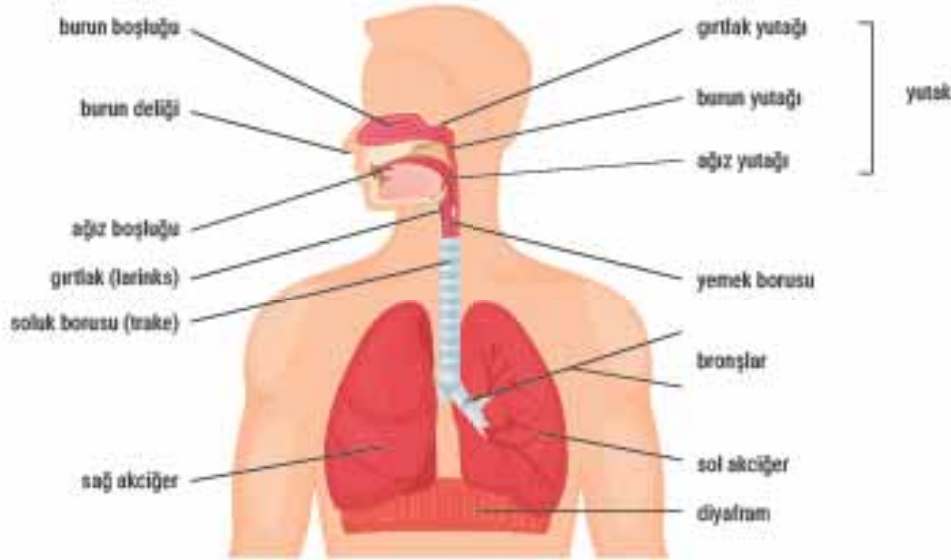
İnsanda gaz alışverişinin şematik gösterimi

süreçler için kullanıldığı bütün hücrelere taşınır; karbondioksit ise akciğerlere götürülür ve vücudun dışına atılır.

Gaz alışverişi üç evrede gerçekleşir:

- akciğer havalanması (ventilasyonu) (atmosfer ile akciğerler arasında hava alışverişi)
- alveollerde gazların difüzyonu (oksijen kana girer, karbondioksit ise kandan çıkar)
- hücresel solunum (respirasyon) – oksijenin vücuttaki bütün hücrelerde kullanılması.

Havanın akciğerlere girmesi (soluk alma) ve onlardan çıkması (soluk verme) sürecine **akciğer ventilasyonu** denir. Oksijenin hücrelerde kullanıldığı, karbondioksitin ise oluştuğu ve uzaklaştırıldığı sürece **hücresel solunum – respirasyon** denir. Respirasyon önemlidir; çünkü organizmanın metabolik süreçler için gerekli oksijenle sağlanmasını ve karbondioksitin atık ürün olarak uzaklaştırılmasını mümkün kılar.



Solunum sistemi organlarının şematik gösterimi

Solunum sistemi, havanın akciğerlere girdiği boşluklardan ve yollardan oluşan karmaşık bir sistemdir. Bu boşluklara burun boşluğu, yutak (sindirim ve solunum sistemi için ortak organ), gırtlak, soluk borusu (trake) ve akciğerler dâhildir.

Hava organizmaya burundan, **burun** delikleri aracılığıyla girer ve iki burun boşluğuna doğru devam eder. Burun boşluklarının duvarları kemik ve kıkırdaktan oluşur ve mukoza ile döşelidir. Mukoza nemli, sıcak ve kan damarları bakımından zengindir; ayrıca mukus salgılayan hücreler içerir. Bunun sayesinde içeri giren hava filtrelenir, ısıtılır ve nemlendirilir. Bu koruyucu rol nedeniyle ağızdan değil, burundan nefes almak önemlidir.



Burun boşluğunun boyuna kesitte şematik gösterimi

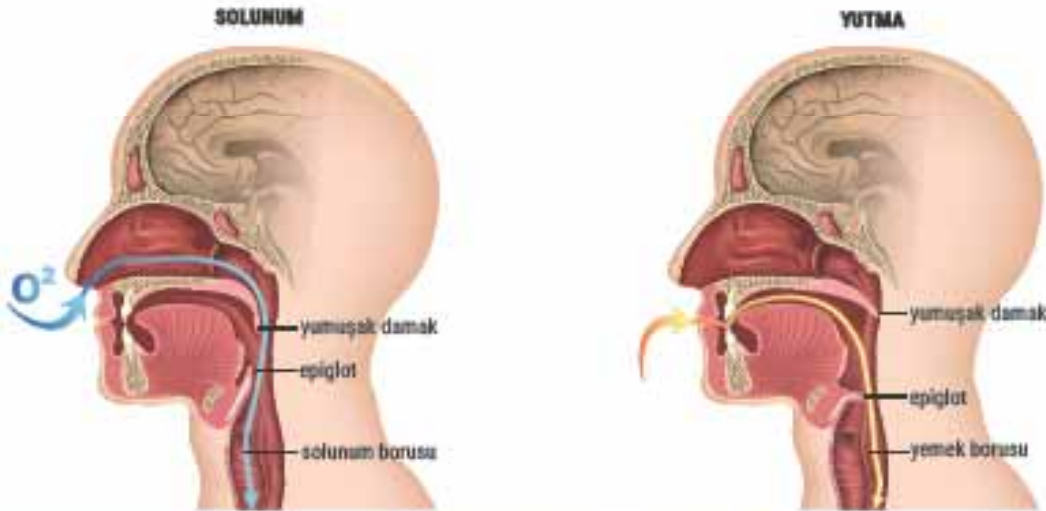
Sinüsler, kafatası kemiklerinde bulunan ve mukoza ile döşeli küçük hava boşluklarıdır. Burun boşluklarıyla bağlantılıdır ve enfeksiyonlar sırasında kolayca iltihaplanabilirler.

Yutak, bir yandan havanın solunum kanalına iletiildiği, diğer yandan besinlerin ve sıvıların sindirim sistemine iletiildiği organdır. Burun boşluklarının arkasında, onların devamında yer alan yutağın üst bölümü burun yutağı olarak adlandırılır. Ağız arkasında yer alan orta bölüm ağız yutağı olarak adlandırılır; en küçük bölüm ise gırtlak yutağı olarak adlandırılır. Son bölüm önde gırtlığa, arkada ise yemek borusuna açılır.

Gırtlak (larinks), yutak ile soluk borusu arasında yer alan organdır. Büyük ölçüde kıkırdaktan oluşur ve sesin oluşmasında ve solunumda önemli bir role sahiptir. Gırtlığın içinde, mukoza kıvrımları olan ses telleri bulunur. Hava akciğerlerden dışarı doğru geçerken ses telleri titreşir ve farklı yükseklikte sesler oluşturur. Ses telleri arasındaki boşluk glottis olarak adlandırılır. Onun üzerinde epiglott bulunur; epiglott, yutkunma sırasında soluk borusunu kapatan ve besinin solunum yollarına girmesini önleyen ince, yaprak biçimli bir kıkırdaktır.



Gırtlak ve ses tellerinin şematik gösterimi

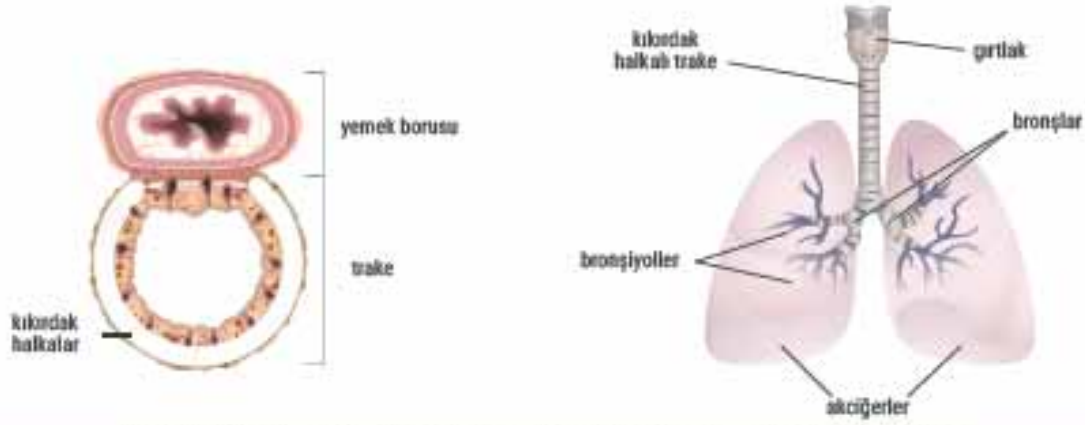


Solunum ve yutma sırasında epiglottun etkisi

Soluk borusu (trake), gırtlaktan iki dala ayrıldığı yere kadar uzanan bir borudur. Boynun ön bölümünde ve göğüs kafesinin üst bölümünde bulunur. Yetişkin bir insanda uzunluğu yaklaşık 10–14 cm'dir. Trake, C harfi biçiminde 16–20 kıkırdak halkadan oluşur. Bunlar trakenin sürekli açık kalmasını sağlar ve havanın kesintisiz akışına olanak verir. Kıkırdakların arka açık bölümü bağ dokusu ve düz kasla bağlantılıdır; bu da soluk borusunun arkasındaki yemek borusunun yutma sırasında genişlemesini sağlar.

Alt ucunda trake, akciğerlere giren iki ana dala – **bronşlara** ayrılır. Her bronş, hilus (akciğer kapısı) adı verilen bir çöküntüden akciğerlere girer.

Bronşlar ve diğer iletili solunum yolları, tek kat hücrelerden oluşan ancak çok katlı dizilmiş gibi görünen özel bir epitel türüyle döşelidir. Epitel hücrelerinde siller (*cilia*) bulunur ve bu hücreler mukus salgılar. Siller mukusu sürekli olarak boğaza doğru hareket ettirir; buradan kirler öksürme, hapşırma ya da burundan dışarı üfleme yoluyla uzaklaştırılır. Bu yapı önemli bir koruyucu role sahiptir ve zararlı parçacıkların akciğerlerin daha derinlerine girmesini önler.



Trakenin (soluk borusunun) enine kesitinin şematik gösterimi ve bronşlar ile bronşiyollerin gösterimi

Akciğerler, hava ile kan arasında gaz alışverişinin gerçekleştiği organlardır. Göğüs boşluğunda yer alırlar ve iki akciğer kanadına ayrılırlar. Her kanada birer primer bronş girer. Bronşlar akciğerlerde ağaç biçiminde dallanarak bronşiyal ağaç oluşturur. Sağ primer bronş, sağ akciğer kanadının üç lobuna giren üç sekonder bronşa ayrılırken, sol primer bronş sol kanadın iki lobu için iki sekonder bronşa ayrılır. En küçük iletili borucuklara **bronşiyoller** denir. Ana bronştan en ince yollara kadar, en küçük bronşiyollere ulaşan yaklaşık 23 dallanma vardır. Bronşlar dallanıp daraldıkça kıkırdak miktarı azalır. Bronşiyollerin sonunda, gaz alışverişinin gerçekleştiği **alveoller** adı verilen küçük hava kesecikleri bulunur.

Alveoller, tek katlı yassı epitelden oluşmuş çok ince duvarlara sahiptir ve yoğun bir kılcal damar ağıyla sarılmıştır. Alveollerin çok sayıda olması nedeniyle toplam yüzeyleri çok büyüktür. Küçük (pulmoner) dolaşım ile kan, oksijen ve karbondioksit gazlarının alışverişinin gerçekleştiği alveollere taşınır.

Akciğerler, göğüs boşluğunun önemli bir bölümünü kaplar; bu boşluk karın boşluğundan **diyafram** adı verilen kasla ayrılmıştır. Her akciğer kanadı, plevra adı verilen çift katlı bir zarla örtülüdür. Plevranın göğüs kafesi duvarına yapışık olan dış yaprağı **pariyetal plevra** (Göğüs zarı) olarak adlandırılır; akciğeri saran iç yaprağı ise **visseral plevra** (akciğer zarı) olarak adlandırılır.

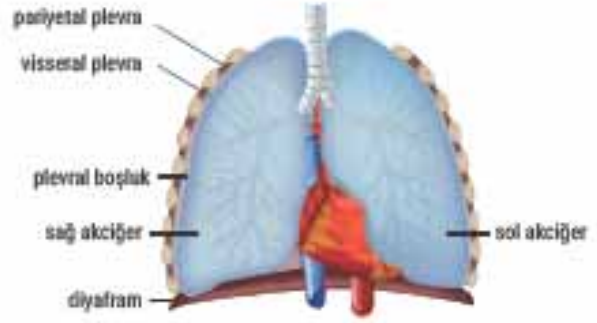
Plevranın iki yaprağı arasında, az miktarda sıvıyla dolu **plevral boşluk** bulunur. Bu sıvı sürtünmeyi azaltır



Akciğerlerin ve alveollerin yapısı

ve akciğerlerin solunum sırasında göğüs kafesinin hareketlerini izleyerek kolayca genişleyip daralmasını sağlar.

Plevranın iki yaprağı arasında, az miktarda sıvıyla dolu plevral boşluk bulunur. Bu sıvı sürtünmeyi azaltır ve akciğerlerin solunum sırasında göğüs kafesinin hareketlerini izleyerek kolayca genişleyip daralmasını sağlar.



Akciğerlerin plevral zarları

Etkinlik

Hava Yolu Haritalaması

Basit, ancak açık bir solunum sistemi diyagramı çiz ve havanın izlediği yolu işaretleyin. Her organın yanına onun temel görevini yaz.

Tekrar Soruları

1. Solunum sisteminin başlıca organlarını sayınız ve bunlardan ikisinin işlevini kısaca açıklayın.
2. Solunum sırasında burun boşluğunun rolü nedir?
3. Gırtlığın yapısını ve görevlerini betimleyin.
4. Akciğerler göğüs kafesinde nasıl korunur?
5. Akciğerlerde gaz alışverişi nerede gerçekleşir?

İlginç biyoloji

- Hava burun boşluğundan akciğerlere doğru yol alırken, mukoza ve ince tüyler sayesinde ısıtılır, nemlendirilir ve arındırılır. Alveollere ulaştığı ana kadar hava, neredeyse vücut sıcaklığıyla aynı sıcaklığa gelir – gaz alışverişi için mükemmel biçimde hazırlanmış olur.

2.10 Akciğer Havalandırılması (Soluk Alıp Verme-Ventilasyon) ve Gaz Alışverişi

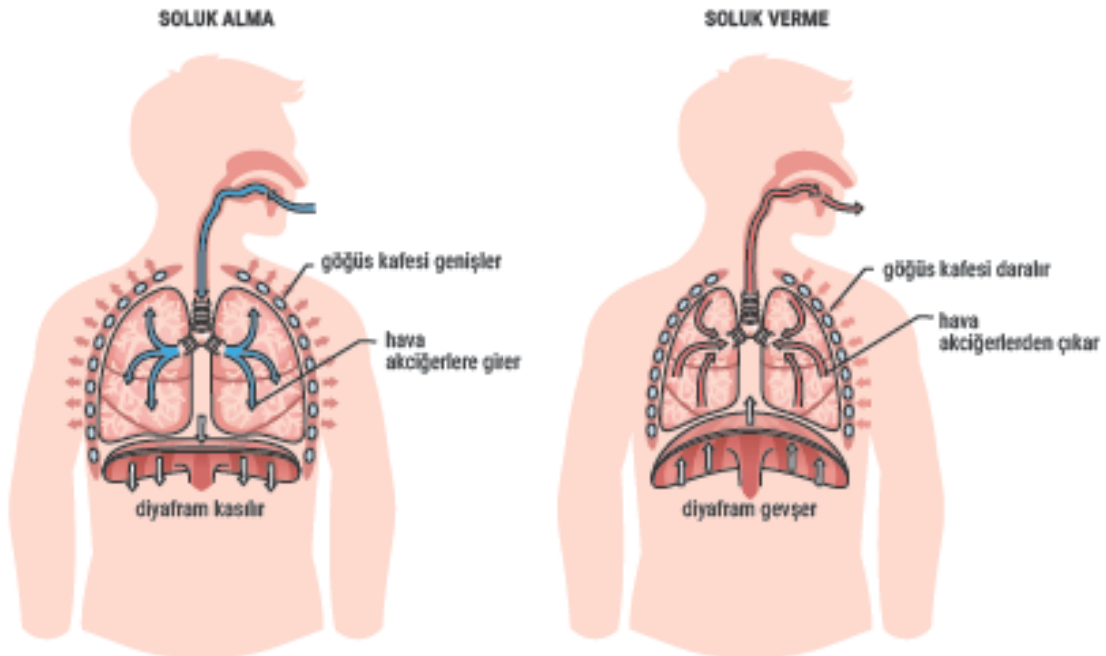
Hatırla!

- Hemoglobin nedir, nerede bulunur ve nasıl oluşmuştur?
- Difüzyon nedir?

Akciğer havalandırılması, göğüs kafesinin ritmik hareketiyle gerçekleşir; bu sırada göğüs boşluğundaki hacim ve basınç değişir. İki karşıt süreci içerir: havanın akciğerlere girdiği **soluk alma** (*inspiration*) ve havanın organizmadan dışarı atıldığı **soluk verme** (*expiration*).

Soluk alma aktif bir süreçtir. Bu sırada **kaburgalar arası kaslar** ve **diyafram kasılır**; böylece göğüs kafesi genişler, hacim artar ve akciğerlerdeki basınç azalır. Bu nedenle dış ortamdan gelen hava akciğerlere girer. Soluk verme çoğunlukla pasif bir süreçtir. Kaslar gevşer, göğüs kafesi daralır, hacim azalır ve akciğerlerdeki basınç artar; bu da havanın dışarı atılmasını sağlar.

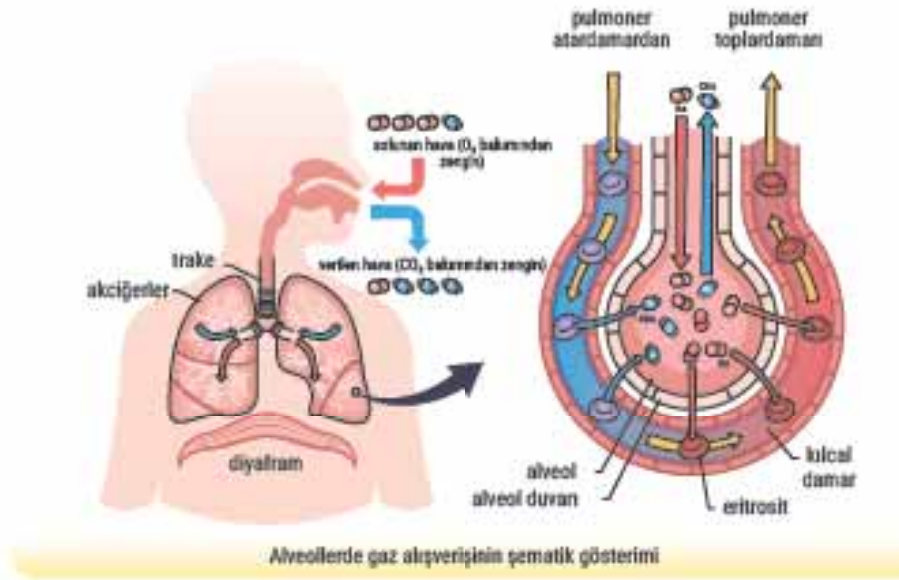
Solunan hava, hava akımıyla solunum yolları boyunca alveollere kadar hareket eder. Alveollerde gaz alışverişi difüzyonla gerçekleşir: oksijen kana geçer, karbondioksit ise kandan havaya geçer. Sürekli akciğer ventilasyonu organizma için yeterli oksijen sağlar ve CO₂'nin etkili biçimde uzaklaştırılmasını mümkün kılar.



Akciğer havalandırılması (ventilasyonu) mekanizması - göğüs kafesi ve diyaframdaki değişiklikler

Alveollerde ve dokularda **gaz alışverişi** difüzyon yoluyla gerçekleşir. Bu sırada gazlar, daha yüksek parsiyel basınca sahip bölgeden daha düşük parsiyel basınca sahip bölgeye doğru hareket eder. İnsanda gaz alışverişi iki düzeyde gerçekleşir – akciğerlerde (alveoller ile kan arasında) ve dokularda (kan ile hücreler arasında).

Akciğerlerde, havadaki oksijen kana geçer, karbondioksit ise kandan alveollere geçer. Bu süreç, alveollerin çok ince ve nemli zarı üzerinden gerçekleşir. Alveoller, yüzeyi tamamen kan kılcallarıyla kaplı hava kesecikleri olarak düşünülebilir. Bronşların dallanması, alveollerin çok sayıda olması (bir akciğer kanadında yaklaşık 300 milyon) ve kılcallarla çevrili olmaları, difüzyon için çok büyük bir yüzey sağlar. Tam da bu nedenle gaz alışverişi çok hızlı gerçekleşir.



Kanın oksijen taşıma yeteneği, eritrositlerde hemoglobinin bulunmasından kaynaklanır. Oksijenin yaklaşık %97'si hemoglobine bağlanır, %3'ü ise plazmada çözünür.

Hemoglobinin temel rolü, oksijeni akciğerlerden dokulara taşımaktır. Her hemoglobin molekülü, dört globin polipeptit zincirinden ve dört globin molekülünün her birine bağlı birer prostetik hem grubundan oluşur. Hem grupları oksijen bağlayabilir.

Akciğerlerden gelen oksijenlenmiş kan, pulmoner venler aracılığıyla sol kulakçığa, ardından kalbin sol karıncığına gider; buradan da aort aracılığıyla vücuda dağıtılır. Orada oksijen kandan dokulara difüze olur, çünkü onun parsiyel basıncı kanda hücrelerdekinden daha yüksektir. Difüzyon o kadar hızlıdır ki kısa sürede kandaki miktarı azalır, bununla birlikte parsiyel basıncı da düşer. Hücreler oksijeni enerji için kullanır ve atık ürün olarak karbondioksit üretir.

Dokularda CO₂ düzeyinin artmasıyla onun parsiyel basıncı yükselir, bu nedenle kana difüze olur. Karbondioksit kana geri döner ve üç şekilde taşınır: çözülmüş olarak plazmada (~%8), hemoglobine



karbaminohemoglobin olarak bağlı (~%20) ya da bikarbonata dönüştürülmüş olarak (~%72). Venöz kanla toplardamarlar boyunca kalbe, ardından pulmoner atardamarlar aracılığıyla akciğerlere taşınır. Orada CO_2 kandan alveollere difüze olur ve soluk verme sırasında dışarı atılır.

Gaz alışverişi süreci hem akciğerlerde hem de dokularda eş zamanlı olarak gerçekleşir; organizmanın sürekli oksijenle beslenmesini ve karbondioksitin uzaklaştırılmasını sağlar.

Solunum, omurilik soğanı ve ponsa bulunan solunum merkezleri tarafından kontrol edilir. Sinir hücrelerinin bir grubu soluk almayı, bir diğeri soluk vermeyi, üçüncü bir grup ise solunumun ritminden ve derinliğinden sorumlu olan göğüs kafesindeki kasları kontrol eder.

Solunum kontrolünün temel amacı, kandaki ve dokulardaki O_2 , CO_2 ve H^+ düzeyini korumaktır. Kemoreseptörler adı verilen özel hücreler değişiklikleri algılar ve solunum merkezlerine sinyaller gönderir. Bu kontrol sayesinde vücut her zaman hücreler için yeterli oksijen sağlar ve fazla CO_2 'yi uzaklaştırır.

Etkinlik

1. Akciğer Kapasitesinin Ölçülmesi

Spirometre yardımıyla akciğerlerinizdeki hava hacmini belirleyiniz.

Olabilirdiğince derin nefes al, ardından bütün gücünle cihaza nefes ver.

Verilen havanın değerini (vital kapasite) yazınız ve farklı fiziksel kondisyon, cinsiyet ve boya sahip öğrencilerin sonuçlarını karşılaştırınız; akciğer fonksiyonu hakkında sonuçlar çıkarınız.

2. Gazların Yolculuğu (Alveoller - Dokular)

İki gruba ayrılınız:

- Oksijen Takımı: oksijenin akciğer alveollerinden, kan aracılığıyla (hemoglobine bağlı olarak), dokulardaki hücrelere kadar izlediği yolu ve taşınma mekanizmalarını betimleyin.
- Karbondioksit Takımı: dokulardan alveollere geri dönerek dışarı verilecek atık karbondioksiti ve taşınma mekanizmalarını betimleyin.

Gaz alışverişinin bütün vücuda nasıl enerji sağladığı konusunda ortak bir sonuç çıkarın.

Tekrar Soruları

1. Oksijen ve karbondioksit kanda nasıl taşınır?
2. Akciğerlerde gazların kolay difüzyonunu sağlayan yapısal özellikler nelerdir?
3. Alveoller ile kılcal damarlar arasında oksijen ve karbondioksit alışverişi nasıl gerçekleşir?
4. Hemoglobinin rolü nedir?

İlginç biyoloji

- Atmosfer havası %78,09 azot, %20,95 oksijen, %0,93 argon ve diğer inert gazlar içerir; ancak yalnızca %0,03 karbondioksit içerir. Atmosfer basıncı 760 mmHg ya da bir atmosferdir (1,0 atm). Bulunan her gaz, toplam atmosfer basıncının bir bölümüne sahiptir ve bu, onun moleküllerinin toplam sayısının sonucudur - onun parsiyel basıncı.

2.11 Solunum Sistemi Sağlığındaki Bozukluklar ve Onun Sağlığı İçin Önleyici Önlemler

Hatırla!

- Havada oksijenin yanında heme karşı büyük afiniteye sahip başka bir gaz da varsa ne olur?
- Vücut oksijenle doğru biçimde beslenmezse ne olabilir?

Vücudun enerji üretebilmesi için solunum sisteminin her bölümünün kusursuz çalışmasının neden önemli olduğunu belirtmiştik. Bu sisteme dikkat edebilmek için, bozulmuş respirasyondan kaynaklanan temel sonuçları bilmek gereklidir.

Örneğin, **hiperventilasyon** (hızlı soluk alıp verme) sırasında, kandaki oksijen düzeyinin artmasını ve karbondioksit düzeyinin azalmasını sağlayan derin, hızlı respirasyon vardır. Bu, baş dönmesine ve kulaklarda çınlama hissine neden olur. Öte yandan, **hipoventilasyon** (yavaş soluk alıp verme) sırasında alveollere giren hava miktarı azalır. Bu durumun, solunumun engellenmesi, akciğer hastalıkları, solunum kontrol merkezlerinin yaralanmaları ve göğüs kafesi deformasyonları dâhil olmak üzere birçok olası nedeni vardır.

Solunum sistemi organları hastalanabilir. Solunum kanalının mukozası, hastalıklara neden olan mikroorganizmalar tarafından saldırıya uğrayabilir. Mikroorganizmaların solunum sisteminden bir insandan diğerine taşınması en hızlı biçimde okullar, tiyatrolar ve diğer kurumlar gibi toplu toplanma alanlarında gerçekleşir. Tek bir hapşırma sırasında çıkan damlacıklar birkaç milyardan fazla patojen mikroorganizma içerebilir. Bu sırada enfeksiyon, mukoza boyunca burun sinüslerine, orta kulağa ya da akciğerlere yayılabilir. Solunum yolları aracılığıyla bulaşan enfeksiyonlar arasında *soğuk algınlığı, difteri, kızamık, çiçek hastalığı, grip, pnömoni ve tüberküloz* bulunur. Enfeksiyon burun ve boğazı etkiliyorsa üst solunum yolu enfeksiyonu olarak adlandırılır.

Grip ya da influenza, üst solunum yolunun iltihaplı durumu ile kendini gösteren ve genel halsizlik ile ağrıların eşlik ettiği akut bulaşıcı bir hastalıktır. Gripe bir virüs neden olur ve sinüslerden aşağıya, akciğerlere kadar yayılabilir. Soluk borusu ve bronşların iltihaplanması, gribe özgü öksürüğe neden olur. Aşılar başarılı olabilir; ancak koruma yaklaşık üç aya kadar sürer. Zatürre (Pnömoni), hava boşluklarının sıvıyla dolduğu bir akciğer iltihabıdır. Etkenleri çok çeşitli mikroorganizmalar olabilir.

Bitki polenine, toza, belirli bir besin türüne ve diğer **alerjenlere** karşı aşırı duyarlılık, saman nezlesine ya da astıma veya her ikisine birden neden olabilir. Saman nezlesi, gözlerden ve burundan sulu akıntıyla kendini gösterir.

Akciğer kanseri, akciğerlerin daha ağır hastalıklarından biridir. Akciğer kanserinin temel nedenlerinden biri *sigara içmektir*. Akciğer kanserine yakalanma riski, yaşamın daha erken dönemlerinde sigara içmeye başlayan, günde çok sayıda sigara içen ve dumanı çok derin soluyan insanlarda artmıştır.

Suni (yapay) solunum, insan bilincini kaybettiğinde ve solunumu güçleştiğinde uygulanır. Bu tür durumlar, sigara dumanıyla boğulma, elektrik şoku ve suda boğulmadan kaynaklanabilir. Belirli işlemler ve yöntemlerle, yapay yolla, belirli bir zaman süresi boyunca akciğerlerin işlevi sürdürülebilir.

Hayata Döndürme (Reanimasyon), akciğerleri ve kalbi çalışmayı durdurmuş yaralılarda yapay solunum ve kalp masajının birlikte uygulandığı bir işlemdir.



Oksijenle tedavi, insanın yaşamı tehlikeye girdiğinde ve hücreler ile dokuların oksijenle yetersiz beslendiği durumlarda uygulanır. Oksijen hastaya maske, kateter ya da burun kanülleri aracılığıyla verilebilir.

TEMİZ HAVA

Gaz alışverişi organları çok narin ve duyarlıdır. Bu nedenle temiz hava, solunum sisteminin korunması ve sağlığı için ilk koşuldur. Temiz hava ve farklı fiziksel aktivite türleri, solunum organlarının güçlenmesine, doğru gelişmesine ve korunmasına yol açar.

Temiz hava, sağlığı bozabilecek zararlı parçacıkları, kimyasalları ve mikroorganizmaları en az miktarda içeren havadır. Oksijen bakımından zengindir ve yüksek yoğunlukta toz, duman ya da egzoz gazı içermez. Temiz hava soluduğumuzda, akciğerlerimiz gaz alışverişini daha kolay gerçekleştirir ve vücut normal işleyiş için yeterli oksijen alır. Temiz hava solunum yollarını tahriş etmez ve öksürüğe, burunda yanmaya ya da zor nefes almaya neden olmaz. Böyle koşullarda alveoller etkili biçimde çalışır, hemoglobine ise organizmayı oksijenle doğru biçimde besler.

Temiz ve taze havaya sahip bir ortamda bulunmak, alerji, iltihaplanma ve kronik akciğer hastalıkları riskini azaltır. Aynı zamanda kalp sağlığını da destekler; çünkü daha iyi oksijenlenmiş kan vücut boyunca dolaşır. Çocuklar ve ergenler temiz havadan özellikle yarar görür; çünkü onların akciğerleri hâlâ gelişmektedir. Temiz hava daha kolay nefes almamızı, kendimizi daha dinç hissetmemizi ve gün boyunca daha fazla enerjiye sahip olmamızı sağlar. İşte bu nedenle, kirlilik düzeyi düşük ortamlarda bulunmak ve kapalı mekânları düzenli olarak havalandırmak önemlidir.

Nüfusun yoğun olduğu yerlerde hava, otomobil egzoz gazları ve endüstriyel duman nedeniyle **kirlenir**. Araçlardan çıkan egzoz gazları karbon monoksit, azot oksitler ve gaz alışverişini engelleyen, bronşların daralmasına yol açan diğer toksinleri içerir. Karbon monoksit hemoglobine bağlanır ve oksijen taşınmasını engeller; bu da yorgunluk, nefes darlığı ve güçsüzlük oluşturur. Uzun süreli maruz kalma, astım, bronşit ve akciğer dokusunun zarar görmesi riskini artırır.



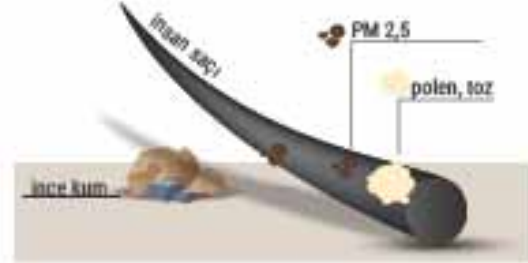
Doğal ortamlar – parklar, ormanlar ve dağlar – çoğunlukla en kaliteli havayı sağlar

PM-2,5 ve PM-10 (PM parçacıkları) mikroskobik parçacıklar olarak bilinir; bunlar kolayca solunur ve akciğerlerin derinliklerine nüfuz eder. PM-2,5 alveollere kadar ulaşabilir ve kan dolaşımına girebilir; iltihaplanmaya, öksürüğe ve solunum kapasitesinin azalmasına neden olur. PM-10 solunum yollarını tahriş eder, astım riskini artırır ve solunum güçlüklerine yol açar.

Tarım bölgelerindeki hava, tarım alanlarında yakılan bitki kalıntılarından çıkan dumanı ve pestisitleri de içerir. Kapalı alanlarda, özellikle sigara içilen ortamlarda bulunmak, zamanla doğru solunum süreçlerinin bozulmasına yol açabilir. Bu nedenle bulunduğumuz mekânların sürekli havalandırılması gerekir.

Sigara dumanı; nikotin, katran ve karbon monoksit gibi toksik maddeler içerir. Bunlar solunum yollarındaki mukozaya ve silli yapılara zarar verir. Ayrıca alveollere kadar girer, burada birikir ve hasara neden olur. Bu durum kronik iltihaplanmaya, filtreleme yeteneğinin azalmasına ve enfeksiyonlar ile hastalıklar açısından daha yüksek riske yol açar. Gençlerde duman, özellikle akciğer fonksiyonunu azaltır.

Kirli havanın günlük etkisini hafifletmek için korunmaya yönelik önleyici önlemler alabiliriz – **temiz havada rekreasyon**. Özellikle hafta sonlarında dağda ya da parklarda yapılan yürüyüşler, akciğerlerin havalanmasını sağlar.



PM parçacıklarının boyutunun saç teliyle karşılaştırılması



sağlıklı akciğerler
pembe, düzgün, elastik; iyi çalışır
ve gaz alışverişi etkilidir



sigara içen kişinin akciğerleri
koyu renkli, lekeli, sert; toksin ve katran
birikimi sonucunda dokusu zarar görmüş ve
işlevi azalmıştır

Sigara içmeyen ve sigara içen kişide akciğerlerin üç boyutlu (3B) illüstrasyonu

Etkinlik

1. Dinlenme ve Egzersiz Sırasında Solunum

Sakin otururken bir dakikadaki soluk alma sayısını ölç; ardından aynı işlemi bir dakika hızlı hareket ya da egzersiz yaptıktan sonra tekrarla. Sonuçları karşılaştır ve kasların çalıştığında vücudunun neden daha hızlı "ventilasyon" istediğini açıkla.

2. Eko-Meydan Okuma

Kirli havanın solunumu nasıl zorlaştırdığı ve neden "temiz havanın akciğerlerin için yakıt" olduğu hakkında kısa bir sonuç yaz. Akciğerlerinin sağlığını korumak için üç önleyici önlem say.

3. Akciğer Hastalıkları İçin Dijital Dedektifler

Kirliliğin neden olduğu solunum hastalıkları (astım ya da bronşit gibi) hakkında verileri araştır ve bilgileri yapay zekâ araçlarına (Google Gemini, ChatGPT Advanced Data Analysis, Claude.ai vb.) gir. Yapay zekâdan, farklı kirlilik düzeylerine sahip çeşitli ülkelerdeki ya da şehirlerdeki hastalık oranlarını karşılaştıran grafikler oluşturmalarını iste. Grafikleri incele ve hava kirliliği ile belirli solunum hastalıklarının ortaya çıkışı arasındaki neden-sonuç bağlantısı hakkında bir sonuç çıkar. Bulgularını sınıfın önünde sun.

Tekrar Soruları

1. Fiziksel aktivite solunumun frekansını ve derinliğini nasıl etkiler? Bu organizma için neden yararlıdır?
2. Hava kalitesinin solunum sisteminin sağlığını nasıl etkilediğini açıkla.
3. Kirli havaya ya da alerjenlere uzun süreli maruz kalmanın akciğerler üzerinde ne gibi sonuçları olabilir?
4. Solunum sisteminin sağlığının korunmasına yardımcı olan en az iki önleyici önlemi belirtiniz ve açıkla.

İlginç biyoloji

- Pasif sigara içiciliği, başka insanların sigara dumanını solumaktır. Sigara içmesen bile zarar verebilir. Kısa süreli maruz kalma bile sigara içmeyenlerde kalbe ve kan damarlarına zarar verebilir. Düzenli olarak maruz kalan kişilerde kalp hastalıkları, inme ve akciğer kanseri riski %20–30 daha yüksektir.

2.12 Boşaltım Sistemi Organlarının Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

- Homeostaz nedir?
- Metabolizmanın son ürünleri nelerdir?
- Su, sindirim kanalı boyunca nerede emilir?
- Kanda ve lenfte ne kadar su vardır?

İnsan organizmasında, bütün canlı organizmalarda olduğu gibi, sürekli olarak uzaklaştırılması gereken metabolik atık maddeler oluşur. Bunlar karbondioksit, azotlu bileşikler, fosfatlar, sülfatlar ve diğerleridir. Ayrıca besinler ve hava aracılığıyla organizmaya toksinler, ilaçlar ve katkı maddeleri de alınır; bunların da dışarı atılması gerekir. Bu maddelerin en büyük bölümü suyla birlikte uzaklaştırılır.

Su, insanda vücut kütlesinin yaklaşık %60'ını oluşturur ve çözücü, taşıyıcı ve metabolik süreçlere katılan bir madde olarak önemli bir role sahiptir. Suda tuzlar, besin maddeleri, gazlar, atık maddeler, enzimler ve hormonlar çözünmüş hâlde bulunur. Vücut sıvılarının miktarında ya da bileşiminde meydana gelen değişiklikler, organizmanın işleyişindeki bozukluklara işaret eder.

İç ortamın sürekliliği; böbreklerin, hormonların, susama mekanizmasının ve pH değerinin düzenlenmesinin katıldığı, su ve iyonların alınması ile dışarı atılmasının hassas biçimde düzenlenmesi yoluyla korunur. Sağlıklı bir insanda alınan ve dışarı atılan su miktarı yaklaşık olarak eşittir. Yetişkin bireyler günde yaklaşık 2 500 mL su alır; bunun bir bölümü içeceklerle, bir bölümü ise besinlerle alınır.

İnsanda fazla suyun ve atık maddelerin dışarı atılması birkaç ekskretör sistem aracılığıyla gerçekleşir:

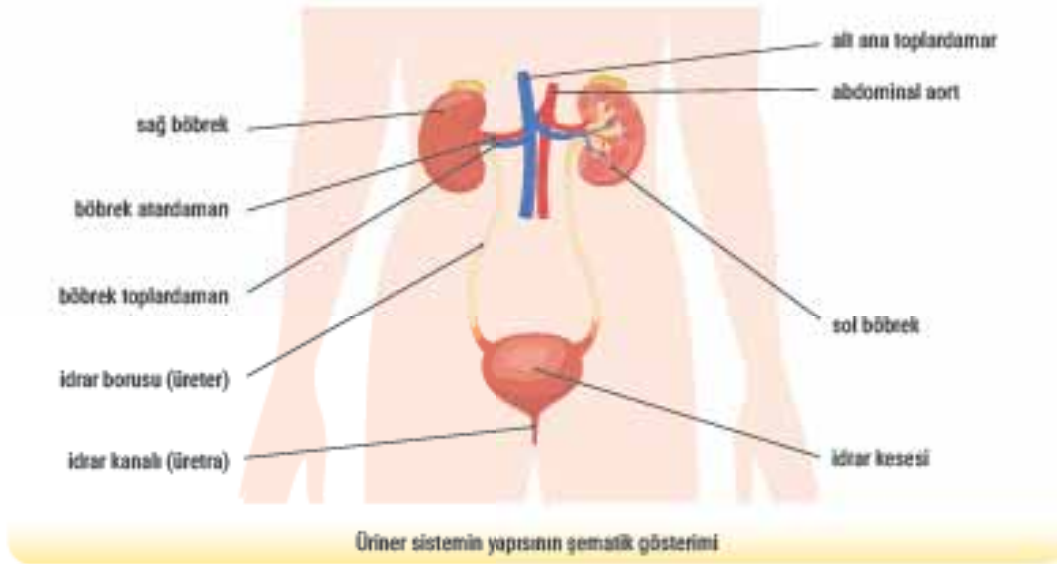
- **Üriner (boşaltım) sistemi** suyu, azotlu atık maddeleri ve tuzları idrar biçiminde dışarı atar; bu sırada günde yaklaşık 1–1,5 litre su atılır.
- **Sindirim sistemi** suyu, tuzları, safranin bir bölümünü ve sindirilmemiş kalıntıları dışkıının bileşiminde dışarı atar. Karaciğer; toksinlerin, ilaçların ve eritrositlerin parçalanma ürünlerinin ayrıştırılmasında önemli bir role sahiptir.
- **Solunum sistemi** karbondioksiti ve suyu soluk verme sırasında su buharı biçiminde uzaklaştırır.
- **Deri, terleme** yoluyla boşaltıma katılır; bu sırada su, mineral tuzlar ve az miktarda azotlu madde dışarı atılır.

Vücut sıvılarındaki suyun ve çözünmüş maddelerin düzenlenmesiyle kararlı bir iç ortam – homeostaz korunur; bu, organizmanın normal işleyişi için zorunludur.

Organizma fazla suyu etkili biçimde uzaklaştıramazsa, su hücreler arası boşluklarda birikir ve şişlik (*ödem*) ortaya çıkar. Öte yandan, özellikle yüksek sıcaklıklarda, ishallerde ya da kusmada sıvıların yetersiz alınması dehidratasyona, yani organizmadaki su miktarının azalmasına yol açar.

Üriner sistemin temel bölümleri şunlardır:

- İki **böbrek** – Bu organlarda zararlı maddeler kandan uzaklaştırılır, vücut sıvılarının dengesi korunur ve idrar oluşturulur. Tam da bu nedenle organizmamızda filtreler gibi işlev görürler.
- İki **idrar borusu (üreterler)** – Bunlar, idrarı böbreklerden idrar kesesine ileten iki boru biçimli organdır.
- **İdrar kesesi** – İki idrar borusu aracılığıyla gelen idrarın alınması ve saklanması için bir depodur.
- Bir **idrar kanalı (üretra)** – İdrarı idrar kesesinden organizmanın dışına ileten borudur. İdrar kanalı kadınlarda vajinanın yakınındadır, erkeklerde ise penisin içinden geçer. İdrar yapmanın düzenlenmesine, idrar kanalı ile idrar kesesi arasındaki bölümde bulunan halka biçimli kaslar (sfinkterler) yardımcı olur.

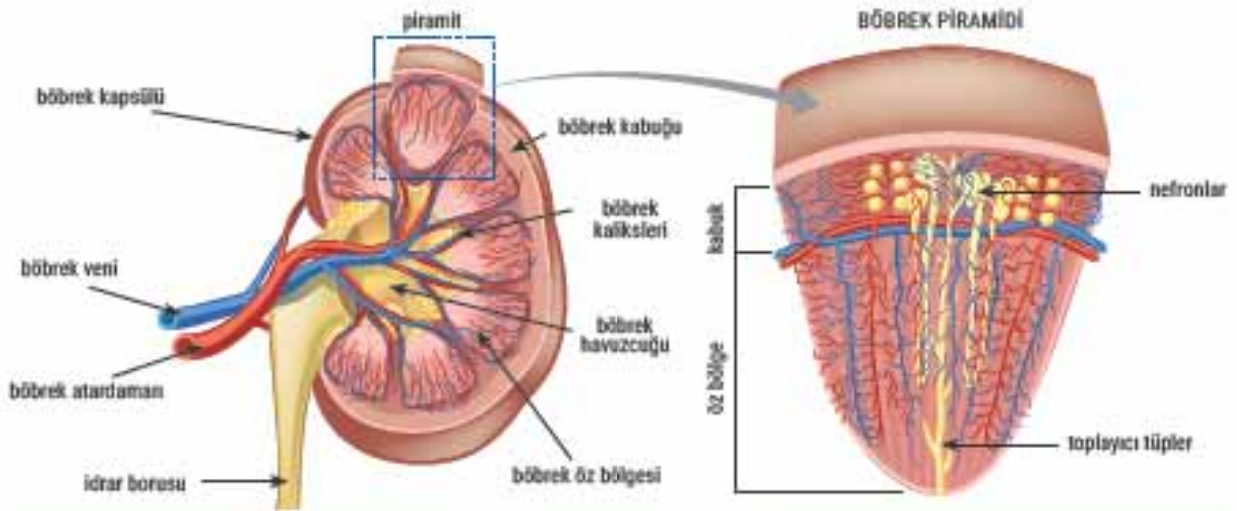


İki böbrek, karın boşluğunun üst, bel bölgesinde, omurga sütununun iki yanında bulunur. Diyaframın altında yer alırlar ve alt kaburgalarla korunurlar. Her böbrek fibröz kapsül ile sarıdır; bunun üzerinde koruma ve destek görevi gören yağ (adipoz) dokusu tabakası bulunur.

Kan böbreklere, abdominal aortun bir dalı olan **böbrek (renal) atardamarı** aracılığıyla gelir. Temizlendikten sonra kan, böbreği böbrek veni aracılığıyla terk eder; bu damar **alt ana toplardamara** dökülür.

Böbrek, fasulye biçiminde, yaklaşık 10 cm uzunluğunda, 5 cm genişliğinde ve 2,5 cm kalınlığında bezsi bir organdır. Enine kesitte böbrek; **böbrek kabuğu (cortex)**, **böbrek öz bölgesi (medula)** ve **böbrek havuzcuğundan** oluşur. **Nefronların** en büyük bölümü kabukta yer alır. Öz bölgesi, uçları böbrek havuzcuğuna doğru yönelmiş **piramitleri** oluşturan **toplayıcı kanallardan** meydana gelir. Havuzcuk huni biçimindedir ve idrarı **kaliksler** aracılığıyla toplar; idrar daha sonra idrar borusuna iletilir ve idrar kesesinde toplanır.

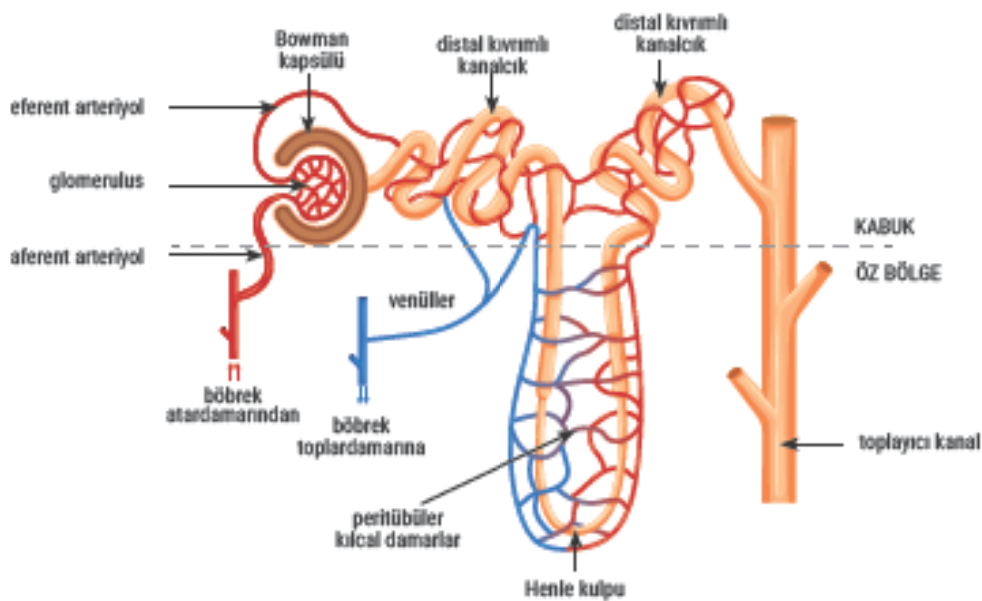
Böbreğin temel yapısal ve işlevsel birimi **nefrondur**. Her böbrek yaklaşık bir milyon nefron içerir. Nefron, **Bowman kapsülü** ve ince, kıvrımlı kanalcıklar sisteminden oluşur. Bowman kapsülünde, kanın filtrasyonunun başladığı kılcal damar ağı olan **glomerulus** bulunur.



Böbreğin yapısının şematik gösterimi

Bowman kapsülü, proksimal kıvrımlı kanalcık ile devam eder; bu kanalcık Henle kulpuna (ilmek) geçer, ardından distal kıvrımlı kanalcığa uzanır. Birden fazla nefronun distal kanalcıkları, böbreğin öz bölgesinden geçen ve böbrek havuzcuğuna açılan toplayıcı kanallara dökülür. İki böbrekteki bütün nefron kanalcıklarının toplam uzunluğu yaklaşık 100–120 km'dir.

Glomerulus, Bowman kapsülü ve kıvrımlı kanalcıkların büyük bölümü böbrek kabuğunda yer alırken, Henle kulpu öz bölgesine girer. Glomerulusun yakınında, kan basıncının ve böbreklerin çalışmasının düzenlenmesinde önemli bir role sahip olan jukstaglomerüler aygıt (JG aygıtı) bulunur.



Nefronun yapısının şematik gösterimi

Üriner (idrar) yolları, idrarı böbreklerden dış ortama iletir ve idrar borularını, idrar kesesini ve idrar kanalını kapsar.

İdrar boruları, idrarı böbreklerden idrar kesesine taşıyan iki uzun ve ince kaslı kanaldır. Uzunlukları yaklaşık 25–32 cm'dir. İdrar borularının idrar kesesi duvarına eğik biçimde girmesi, idrarın ters yönde geri dönmesini önler.

İdrar kesesi, idrarın organizmadan dışarı atılmadan önce toplandığı kaslı bir depodur. Hacmi yaklaşık 400–600 mL'dir. İdrar kesesinin duvarı mukoza, bağ doku ve onun önemli ölçüde gerilmesini sağlayan üç düz kas tabakasından oluşur. Boşken idrar kesesi küçük ve buruşuktur; dolarken büyür. İdrar kesesinin boşalması idrar yapma (*miksiyon*) olarak adlandırılır ve iç ile dış sfinkter tarafından kontrol edilir. Çocuklarda bu süreç refleksiftir; büyümeye birlikte büyük beynin kabuğunda bulunan bir merkez tarafından istemli olarak kontrol edilir.

İdrar kanalı (üretra), idrarı idrar kesesinden organizmanın dışına iletir. Kadınlarda kısadır (yaklaşık 4 cm) ve yalnızca ekskretör işleve sahiptir. Kadınlarda vajinanın giriş bölümüne, küçük dudaklar arasında, vajinal açıklığın üstünde açılır. Erkeklerde idrar kanalı daha uzundur (yaklaşık 20 cm), prostat ve penisten geçer ve çift işleve sahiptir – idrarın dışarı atılmasına ve üreme hücrelerinin taşınmasına hizmet eder.

Etkinlik

Vücudun "Filtresinin" Haritalanması

4–5 öğrencilik gruplar hâlinde üriner sistemin bir şemasını çizin, organları doğru biçimde işaretleyiniz ve idrarın yolunu çizin. Bütün süreci açıkça göstermek için renkli oklar kullanın.

Her grup kendi şemasını sınıfın önünde açıklasın.

Tekrar Soruları

1. Vücuda çok fazla sıvı alırsak ne olur?
2. Böbrek nasıl yapılandırılmıştır?
3. İdrar kesesinin rolü nedir?
4. Nefron nedir ve onun bileşenleri nelerdir?

İlginç biyoloji

- Böbreklerinden yalnızca bir gün içinde bütün kanın yaklaşık 40 kez geçer.
- Yetişkin bir insanın idrar kesesi gerilebilir ve 400 ile 600 mililitre arasında sıvı toplayabilir. Kapasitesinin yalnızca dörtte biri dolduğunda, boşaltım zamanının geldiğini beyne bildirir.

2.13 Böbreklerin ve Derinin İşlevleri

Hatırla!

- Filtrasyon nedir?
- Böbrek nasıl yapılandırılmıştır?
- İdrar nedir ve nerede oluşur?

İdrarın oluşumu, birlikte **Malpighi cisimciğini** oluşturan glomerulus ve Bowman kapsülünde başlar. Glomerüler kılcal damarların duvarları gözeneklidir ve su ile küçük çözünmüş maddelere geçirgendir; ancak kan hücrelerine ve büyük proteinlere geçirgen değildir. Getirici arteriyolün götürücü arteriyolden daha geniş olması nedeniyle glomerulusta, diğer kılcal damarlardakinden 3–4 kat daha yüksek kan basıncı oluşur. Bu artmış basınç, sıvının ve çözünmüş maddelerin kandan Bowman kapsülüne geçmesini sağlar. Bu süreç **glomerüler filtrasyon**, elde edilen sıvı ise glomerüler filtrat ya da ilk (primer) idrar olarak adlandırılır. Primer idrar su, iyonlar, glikoz, amino asitler, üre ve ilaçların bir bölümünü içerir.

24 saat içinde böbreklerden yaklaşık 1 700 litre kan geçer; bu sırada 160–180 litre primer idrar oluşur, ancak organizmadan yalnızca 1–1,5 litre son idrar dışarı atılır. Bu, filtratın en büyük bölümünün yeniden kana döndüğü anlamına gelir.

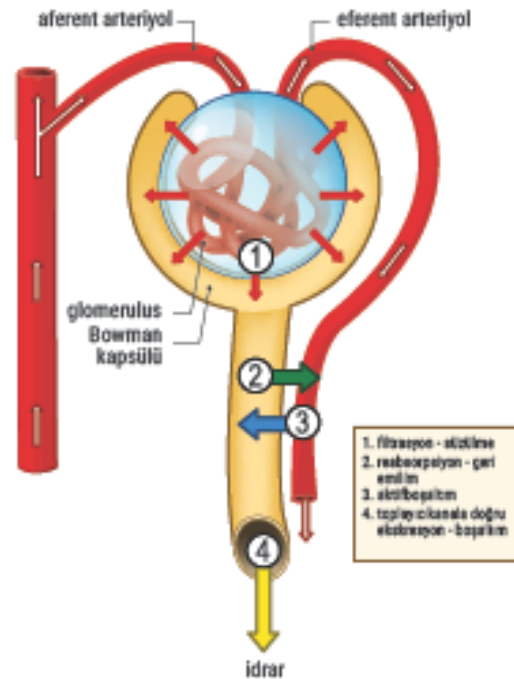
Primer idrar, **reabsorpsiyon** ve sekresyonun gerçekleştiği böbrek kanalcıklarına geçer. Reabsorpsiyon süreciyle su ve yararlı maddeler (glikoz, amino asitler, iyonlar) yeniden kana döner. Bu, nefronların yaklaşık 40–50 m² olan büyük absorpsiyon yüzeyi sayesinde mümkün olur.

Filtrasyon ve reabsorpsiyonun yanı sıra, son idrar belirli maddelerin kandan kanalcıklara geçtiği **tübüler sekresyon** ile de oluşur. Özellikle hidrojen ve potasyum iyonlarının sekresyonu önemlidir; bununla organizmanın asit-baz dengesi düzenlenir. Distal kıvrımlı kanalcıkta filtrata (primer idrara) üre, amonyak, kreatinin, toksinler ve iyonlar salgılanır. Geriye kalan sıvı, toplayıcı kanalcıklarda toplanan son (sekonder) idrarı oluşturur.

Toplayıcı kanalcıklarda, osmoz ve hormonal düzenlemenin etkisi altında, suyun bir bölümü yeniden geri emilir; böylece idrar daha yoğun hâle gelir ve organizma suyu tutar.

Eğer kandaki maddenin yoğunluğu normalden yüksekse, böbrekler normal yoğunluğa ulaşılan kadar onu süzer ve fazlası idrarla dışarı atılır.

Böylece glikoz konsantrasyonu 180 mg/dL'yi (10 mmol/L) aştığında, böbrek kanalcıkları onu



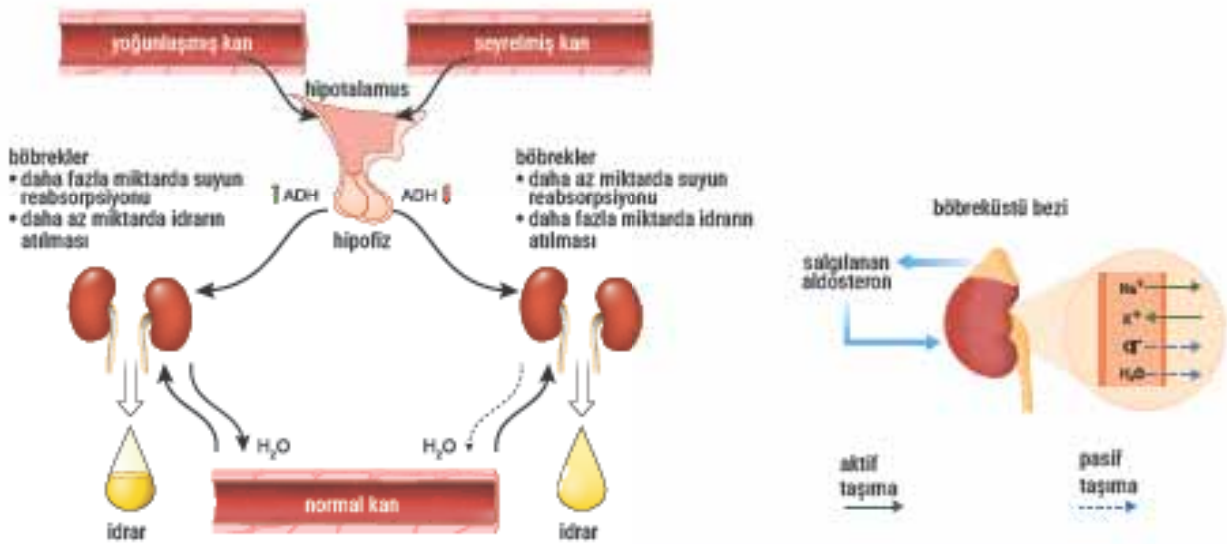
Nefronda glomerüler süzülme (filtrasyon), salgılama (sekresyon / aktif boşaltım) ve geri emilim (reabsorpsiyon) ile idrar oluşumu

tamamen geri emilmez ve glikoz idrarla atılır – bu durum glukozüri olarak adlandırılır. Böyle bir durum çoğunlukla kontrolsüz şeker hastalığından (diabetes mellitus) kaynaklanır.

İdrarla dışarı atılan su miktarı *antidiüretik hormon* (ADH) ve *aldosteron* kontrolü altındadır. ADH, distal ve toplayıcı kanalcıkların duvarını suya karşı daha geçirgen hâle getirir; böylece suyun bir bölümünün kana geri dönmesini sağlar.

ADH salgılanması, feedback sistemi (geri bildirim) yoluyla kontrol edilir. Yani kan daha yoğun hâle geldiğinde, hipotalamus daha fazla miktarda hormon üretir; bu hormon hipofizden gönderilir ve oradan ADH kana salınır. Kan yoluyla distal ve toplayıcı kanalcıklara ulaşır ve suyun organizmaya geri dönmesini düzenler. Kan seyrelir ve böylece hipotalamusun uyarılması sona erer. ADH eksikliği, büyük miktarlarda suyun atılması ve güçlü susuzluk hissiyle seyreden şekeriz diyabete (diabetes insipidus) neden olur; bu durum diyabet mellitusa benzer.

Böbreküstü bezinin kabuğunda üretilen aldosteron da distal ve toplayıcı kanalcıklarda etki gösterir. Bu hormon sodyumun (Na^+) reabsorpsiyonunu artırır ve potasyumun (K^+) sekresyonunu uyarır; böylece su-elektrolit dengesini ve kan basıncını korur.



Su miktarının ADH ve aldosteron tarafından düzenlenmesi

İdrarın glomerüler filtrasyon, reabsorpsiyon, sekresyon süreçleriyle oluşturulmasının yanı sıra, böbreklerin çok önemli işlevleri de vardır; bunlar şunlardır:

- Atık maddelerin ekskresyonu – böbrekler hücrel metabolizmanın son ürünlerini, fazla tuzları ve toksinleri dışarı atar. Örneğin, üre amino asitlerin parçalanmasının başlıca atık ürünüdür.
- Su dengesinin korunması – böbrekler, su alımı ve su kaybındaki günlük değişimleri dengeleyerek organizmadaki su miktarını düzenler.
- Asit-baz dengesinin düzenlenmesi – böbrekler, metabolizma ya da besin alımı sırasında oluşan fazla asitleri veya bazları dışarı atarak vücut sıvılarının kararlı pH değerini korur.

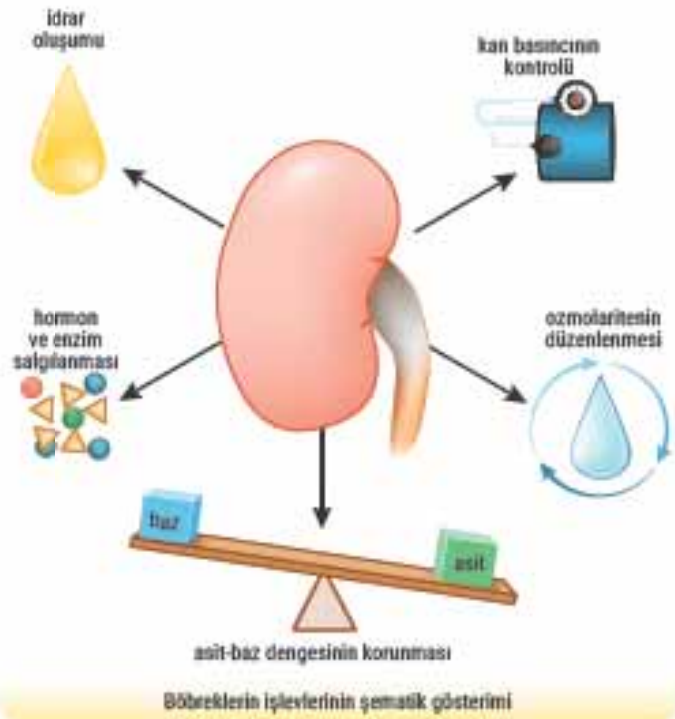
- Renin oluşturulması – kan basıncının düzenlenmesine katılan enzim.
- Eritropoietin oluşturulması – kırmızı kemik iliğinde eritrosit oluşumunu uyaran hormon.

İDRAR

İdrar, safra pigmentlerinin varlığından kaynaklanan açık sarı renge sahip berrak bir sıvıdır. Sağlıklı bir insanda idrar, asidik fosfatların varlığı nedeniyle hafif asidik pH'a (5-7) sahiptir. Son idrar %95 su içerir; geriye kalan %5 ise kuru maddelere aittir. Bunların yaklaşık %3'ü organik moleküller, %2'si ise mineral tuzlardır. İdrarda şu maddeler çözülmüş hâlde bulunur:

- Azotlu son ürünler, bunlar arasında üre, ürik asit ve kreatinin yer alır.
 - Üre, memelilerde ve insanda azot metabolizmasının gereksiz bir ürünüdür ve karaciğerde oluşturulur. Karaciğerde, amino asit metabolizmasından elde edilen toksik amonyak üreye dönüştürülür; bu daha sonra kanla böbreklere taşınır ve idrarla dışarı atılır
 - Ürik asit, nükleik asitlerin parçalanmasının son metabolik ürünüdür ve suda az çözünür.
 - Kreatinin, kaslarda enerjinin hızlı salınmasına hizmet eden kreatin-fosfatın parçalanması sırasında oluşan bir atık ürünüdür. Sürekli olarak oluşur, kana geçer ve böbreklerde reabsorbe edilmeden filtrelendir; ardından idrarla dışarı atılır.
- Elektrolitler, sodyum klorür ile farklı türde sülfatlar ve fosfatlar gibi, kandaki normal konsantrasyonlarının korunması için belirli miktarlarda idrarla dışarı atılır.
- İdrarın sarı rengi, yaşlı eritrositlerdeki *hemoglobinin* parçalanması sırasında oluşan ürobilin pigmentinden kaynaklanır. Sarı rengin yoğunluğu, onun konsantrasyonuna bağlıdır.

İdrarın incelenmesi, böbreklerin işlevselliğinin ve organizmanın genel durumunun değerlendirilmesi için önemli bir bölümdür. Rutin analizler idrarın renginin, bulanıklığının, pH değerinin ve özgül ağırlığının incelenmesini kapsar. İdrarda hastalıklara işaret eden belirli bileşikler de saptanabilir.



Rutin idrar analizi

BOŞALTIM ORGANI OLARAK DERİ

Organizmadan gereksiz maddelerin uzaklaştırılması sürecine, böbreklerin yanı sıra deri de katılır; derinin rolü başlıca suyun bir bölümünün ve az miktarda üre ile tuzların ekskresyonudur.

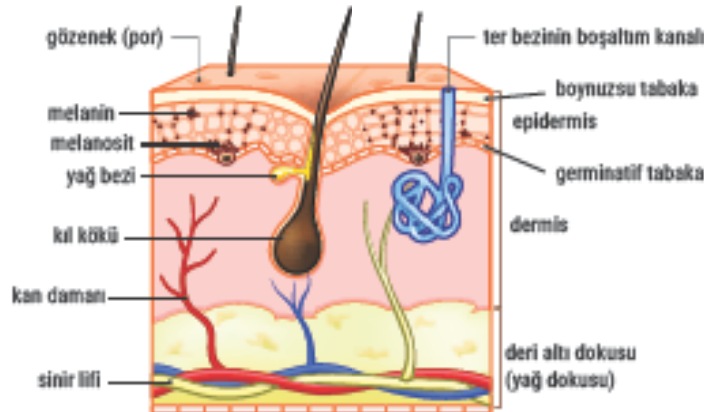
Derinin birçok işlevi vardır. Deri, organizmayı ince bir tabaka hâlinde saran dış örtüdür. Yüzeyi yaklaşık 1,5–2 m²'dir. Deri tabakasının kalınlığı, vücudun farklı bölümlerinde 1 ile 4 mm arasında değişir. Deri; epitel, bağ ve sinir dokusu gibi birkaç doku türü içerdiği için büyük ölçüde bir organ niteliği taşır. Öte yandan; bezleri, damarları, sinirleri ve deri altı tabakasını içerdiği ve bunların tümü birlikte bir sistem olarak işlev gördüğü için örtü (integumenter) sistem olarak da adlandırılabilir. Bu ad, "örtü" anlamına gelen *integument* sözcüğünden gelir. Kutanöz sistem terimi de deriye karşılık gelir.

Deri sistemi, deri ve deridekilerden farklı yapılar içeren deri altı tabakasından oluşur. Deri iki ana tabakadan, epidermis ve dermisten oluşur.

Epidermis, derinin yüzeysel tabakasıdır. Onun dış hücreleri sürekli dökülür, yeni hücreler ise *germinatif tabaka* adı verilen en derin tabakada oluşur. Epidermisin en üst tabakası *boynuzsu tabaka* olarak adlandırılır ve deriyi koruyan ölü, keratinleşmiş hücrelerden oluşur. Epidermisin en alt tabakasında, derinin rengini belirleyen pigment olan melanin oluşur. Avuç içi parmakları, ayak parmakları ve ayak tabanları gibi belirli yerlerde deride parmak izlerini oluşturan kabartılar ve çöküntüler bulunur. Bu izler her insan için benzersizdir ve kimlik belirlemede kullanılır; epidermis ile derminin karşılıklı biçimlenmesi sonucunda oluşurlar.

Dermis, "gerçek deri" olarak adlandırılır ve elastik bağ dokusundan oluşur. Kan damarları ve sinir uçları bakımından zengin biçimde donanmıştır; bu nedenle deri duyarlıdır ve iyi beslenir. Derinin kalınlığı vücudun bütün bölümlerinde aynı değildir – avuç içlerinde ve ayak tabanlarında deri daha kalındır, göz kapaklarında ise çok ince ve narindir. Ter bezleri, yağ bezleri ve kıllar gibi deri oluşumlarının büyük bölümü dermiste yer alır ya da deri altı tabakalarına uzanır.

Dermis, deri altı tabakalarıyla sıkı biçimde bağlantılıdır. Deri altı dokusu elastik ve fibröz bağ dokusundan, ayrıca yalıtım ve enerji rezervi görevi gören yağ (adipoz) dokusundan oluşur. En büyük kan damarları deri altı tabakalarından geçer ve deriyi besin maddeleriyle besler; aynı zamanda termoregülasyona (vücut sıcaklığının korunmasına) yardımcı olur. Ter bezleri ve kıl kökleri gibi bazı deri oluşumları deri altı dokusunda yer alır. Bu tabaka sinirler ve sinir uçları bakımından zengindir; bunlar dermis ve epidermisin duyarlılığını tamamlar.



Derinin boyuna kesitte yapısının şematik gösterimi

Derinin kendi rengi vardır; bu renk, melanin pigmentinin miktarına ve yüzeysel kan damarlarından akan kana bağlıdır. Melanin, vücudu ultraviyole ışınlarından korur ve kıllarda ve gözün irisinde de bulunur.

Yaşlanmayla birlikte deri elastikliğini kaybeder, kırışıklıklar ve "yaşlılık" kahverengi lekeleri oluşur, deri altı yağ dokusu azalır, ter bezleri daha az çalışır; bu da deriyi kuru hâle getirir. Kıllar daha ince, daha gri ya da beyaz olur, tınaklar ise kalınlaşır ve rengini kaybeder.

Deri oluşumları

Ter bezleri, dermis ve deri altı dokusunda yer alan boru biçimli, yumak şeklinde yapılardır. Her ter kanalı, derinin yüzeyine bir por ile açılır. Su, az miktarda mineral tuz ve organik maddelerden oluşan ter, buharlaşma yoluyla vücut sıcaklığının düzenlenmesine katılır. Baş, koltuk altları ve ayak tabanları gibi vücudun bazı bölgelerinde ter bezleri daha yoğun olarak dağılmıştır.

Yağ bezleri, deriyi ve kılları yağlayan, esnekliği koruyan ve onları dış etkenlerden koruyan bir salgı (sebum) salgılayan keseciklerdir. Yağ bezlerinin kanalları kıl foliküllerine açılır. Tıkanılırsa yağ kistleri ya da sivilceler oluşur.

Süt bezleri, göğüs bölgesinde yer alan çift bezlerdir. Kadınlarda ergenlik döneminde gelişirler, emzirme sırasında ise süt üretirler.

Diğer deri bezleri, kulak kanalındaki serüminöz bezlerdir (kulak kiri üretirler), göz kapaklarındaki siliyer bezler ve koltuk altlarında, üreme organlarının çevresinde ve anal açıklık çevresinde yer alan, kendine özgü kokusu olan bir salgı salgılayan koku bezleridir.

Kıllar ve tınaklar, derinin *boynuzsu oluşumlarıdır*. Bunlar foliküllerden – derideki kalınlaşmalardan – büyür; bu foliküller bazen ince düz kaslarla bağlantılıdır. Bu kaslar kasıldığında kıl dikleşir ve deride bir kabarıklık oluşturur. Tınaklar, epidermis tabakalarındaki hücreler tarafından üretilen, parmaklardaki sert keratin çıkıntılarıdır. Yeni hücreler tınağın kökünde sürekli olarak oluşur.

Derinin işlevleri

Derinin birçok işlevi vardır; bunlar arasında şunlar bulunur:

- **Koruyucu rol** – Deri, vücudu rüzgâr, su, UV ışınımı ve mikroorganizmalar gibi dış etkilere korur. Epidermin keratin hücrelerinden oluşan dış tabakası, su kaybını ve patojenlerin içeri girmesini engelleyen geçirimsiz bir bariyer oluşturur. Bu hücrelerin sürekli yenilenmesi, mikroorganizmaların deri yüzeyinden mekanik olarak uzaklaştırılmasını sağlar.
- **Vücut sıcaklığının düzenlenmesi** – Deri, kan damarları ve ter aracılığıyla ısı verir. Yüksek sıcaklıklarda kan damarları genişler (vazodilatasyon); bu sırada ısı verilir. Düşük sıcaklıklarda ise kan damarları daralır (vazokonstriksiyon) ve böylece ısı korunur.
- **Duyusal işlevler** – Dermiste ağrı, dokunma, basınç ve sıcaklık için çok sayıda sinir ucu ve reseptör bulunur; bu da deriyi önemli bir duyu organı hâline getirir.
- **Absorpsiyon, sekresyon ve rejenerasyon** – Deri belirli maddeleri absorbe edebilir ve ter ile yağ bezleri aracılığıyla zararlı maddeleri salgılayabilir. Rejenerasyon yeteneğine sahiptir; böylece yaralanmış bölümler yeni epidermisle tamamlanır.
- **D vitamini sentezi** – Deri güneş ışığına, özellikle ultraviyole ışınlarına maruz kaldığında, epidermiste kolesterolden provitamin D3 oluşur; bu daha sonra kemiklerin, kasların ve bağışıklığın sağlığı için önemli olan D3 vitaminine (kolekalsiferol) dönüşür.

Derinin organizmadaki rolü nedeniyle, onun hijyeni ve bakımı çok önemlidir. Doğru beslenme ve iyi dolaşım, derinin sağlığına yardımcı olur. Düzenli temizlik, kirlerin uzaklaştırılması ve zarar görmüş bölümlerin tedavi edilmesi, yüzey tabakasını hafif asidik durumda tutar; bu da bakterilerin gelişmesini engeller. Ellerin sabunla dikkatli biçimde yıkanması, özellikle tırnakların altındaki bölümlerin temizlenmesi çok önemlidir; çünkü bunlar bakterilerin organizmaya girmesi için başlıca yollardır.

Deri, güneşe aşırı maruz kalmaktan da korunmalıdır. Güneşlenmeden önce ve güneşlenme sırasında uygun koruma, zarar görme riskini azaltır, hızlı yaşlanmayı önler ve kanserli değişikliklerin ortaya çıkma olasılığını azaltır.

Etkinlik

Böbrek Simülasyonu

4-5 öğrencilik gruplar oluşturunuz. Her öğrenci bir rol alır (glomerulus, kanalcıklar, toplayıcı kanal, deri) ve kartlar/ işaretler aracılığıyla hangi maddelerin filtrelendiğini, hangilerinin kana geri döndüğünü, hangilerinin ise dışarı atıldığını göstermelidir. Sonunda her grup, kendi rolünün kanın arıtılmasına ve atık maddelerin dışarı atılmasına nasıl katkıda bulunduğunu açıklar.

Tekrar Soruları

1. Filtrasyon ve reabsorpsiyon süreçlerini açıklayın.
2. Boşaltım organları olarak böbreklerin ve derinin rolüne birer örnek ver.
3. ADH etkisi altında hangi madde reabsorbe edilir ve nasıl?
4. Deri neden bir sistem olarak kabul edilir?

İlgili biyoloji

- Diyaliz, böbrekler doğru çalışmadığında atık maddelerin kandan uzaklaştırıldığı bir süreçtir. Kan, yarı geçirgen zara sahip bir makineden geçer; burada üre gibi moleküller, daha yüksek konsantrasyonlu yerden daha düşük konsantrasyonlu yere doğru hareket eder. Makine böbreklerin işlevini yerine getirir; makinedeki ve diyalizat adı verilen çözelti ise maddelerin alışverişini düzenler.

2.14 Boşaltım Sisteminin Sağlığının Korunması

Hatırla!

- Böbreklerin temel işlevi nedir?
- Organizmadaki su düzeyi kontrol edilemezse ne olur?
- Vücut zararlı metabolik maddeleri uzaklaştıramazsa ne olur?

Boşaltım (Ekskretör) sistemin normal işleyişi çok önemlidir; çünkü organizmanın atık maddelerden kurtulmasına ve iç dengesini korumasına yardımcı olur. Ancak onun zarar görmesine ve bununla birlikte organizmada bir bütün olarak değişikliklere yol açan çok sayıda sağlıksız alışkanlık ya da uygulama vardır.

FARKLI BAĞIMLILIK TÜRLERİNİN BOŞALTIM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bağımlılıklar, insanın belirli bir maddeyi kullanmaya ya da belirli bir davranışa yönelmeye güçlü bir gereksinim geliştirdiği, bunun sağlığına, ilişkilerine ya da günlük işleyişine zarar vermesine rağmen sürdüğü bir durumdur. Bunlar, haz, rahatlatma ya da stresten "kaçış" duygusu oluşturan bir maddeye ya da alışkanlığa tekrar tekrar maruz kalmanın sonucu olarak yavaş yavaş ortaya çıkar.

Çoğunlukla madde bağımlılıkları (alkol, nikotin, uyuşturucular, kötüye kullanılan ilaçlar gibi) ve davranış bağımlılıkları (bilgisayar ve telefonların kontrolsüz kullanımı, şans oyunları, aşırı yeme ya da alışveriş gibi) olarak ayrılan farklı bağımlılık türleri vardır. Organizmayı etkileme biçimlerine göre bağımlılıklar fiziksel ve psikolojik olarak ayrılır. Fiziksel bağımlılıkta vücut gerçekten alışır ve belirli belirtilerle tepki verir (titreme, bulantı, huzursuzluk); psikolojik bağımlılıkta ise güven, gevşeme ya da haz hissedebilmek için davranışı tekrarlamaya yönelik güçlü bir duygusal ya da zihinsel gereksinim ortaya çıkar.

Gençlerde bağımlılıklar özellikle tehlikelidir; çünkü beyinleri hâlâ gelişmektedir ve dış etkilere çok daha duyarlıdır. Bu yaşta alışkanlıklar, eleştirel düşünme ve öz denetim becerisi oluşur; bu nedenle bağımlılık oluşturan her madde ya da davranış, öğrenmede, bellekte, duygu durumunda ve sosyal gelişimde ciddi bozukluklara neden olabilir.

Madde bağımlılıklarında kalp, karaciğer, akciğerler, böbrekler ile ilgili kronik hastalıkların gelişmesi; beyin hasarı; hormonal ve bağışıklık sistemlerinde bozukluklar mümkündür. Psikolojik bağımlılıklar anksiyeteye, depresyona, bozulmuş sosyal ilişkilere ve karar verme sorunlarına yol açabilir. Gençlikte kazanılan alışkanlıklar çok sık olarak yetişkinlik yıllarında da devam eder; bu dönemde sonuçlar daha belirgin hâle gelir ve aşılması daha güç olur.

Bu nedenle bağımlılıkların yalnızca "kötü alışkanlıklar" değil, doğal dengeyi bozan, gelişimi etkileyen ve insanı yaşamı boyunca izleyebilecek riskler taşıyan durumlar olduğunu anlamak ve bilmek son derece önemlidir.

Alkol, beyni ve sinir sistemini etkileyerek gevşeme ya da öforiye neden olan psikoaktif bir maddedir. Sık kullanımla beyin alışır ve aynı etki için daha büyük miktarlar ister; bu da bağımlılığa yol açar. *Alkolizm* olarak adlandırılan uzun süreli kullanım, ciddi biçimde onu bedensel ve zihinsel sağlığı, okul başarısını ve günlük işleyişi tehlikeye atar. Vücudu ve beyni hâlâ gelişmekte olan gençlerde alkol; öğrenmeyi, belleği, karar vermeyi ve davranış kontrolünü bozar. Bağımlılık, ergenlerde yetişkinlere göre daha hızlı gelişir.

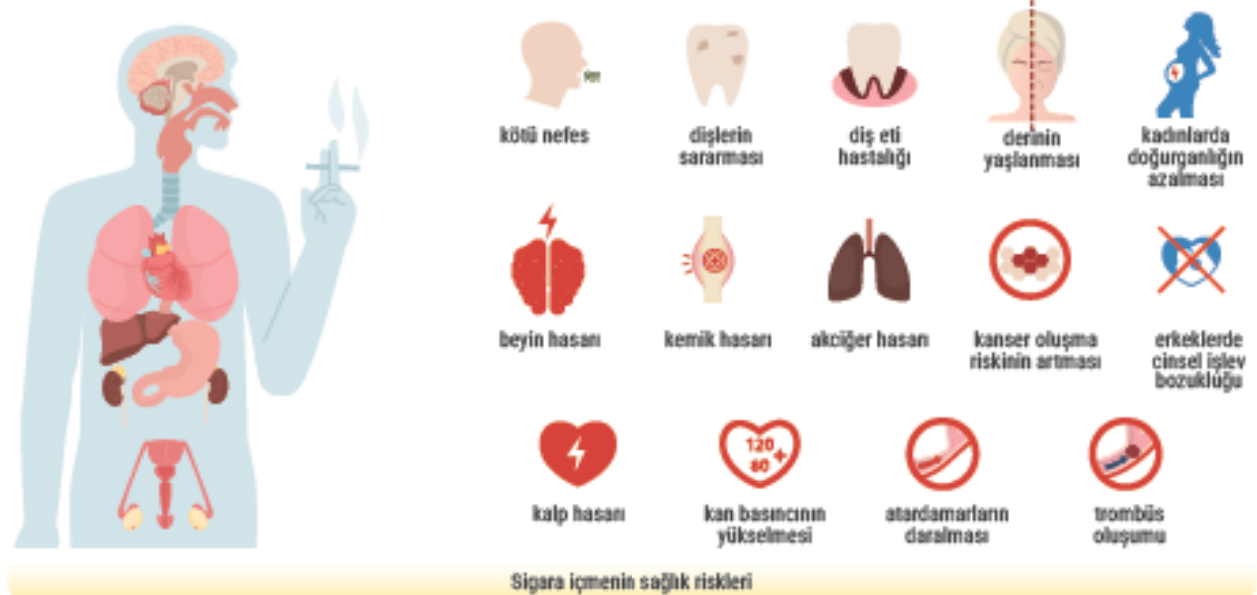
Alkol, ekskretör sistemin çalışmasını da bozar. Antidiüretik hormonun (ADH) etkisini azaltır; bu da böbreklerde suyun reabsorpsiyonunu azaltır. Sonuç olarak daha fazla miktarda idrar oluşur, sık idrara çıkma ve su ile elektrolit kaybı meydana gelir; bu da susuzluk, baş ağrısı, yorgunluk ve ağız kuruluğuna neden olur. Ayrıca alkol, terleme yoluyla derinin etkinliğini artırır; bu da dehidratasyonu hızlandırır.

Bu riskler nedeniyle, ergenler için güvenli bir alkol miktarı yoktur. En iyi korunma, tamamen uzak durmaktır; böylece gelişim ve sağlık korunur, kararlı ve başarılı bir yaşam için temel oluşturulur.

Sigara içmek, tütün nikotin – güçlü bağımlılığa neden olan bir madde – içerdiği için en tehlikeli alışkanlıklardan biridir. Sigara içildiğinde nikotin hızla beyne ulaşır ve kısa süreli bir rahatlama duygusu oluşturur. Zamanla beyin alışır ve daha fazla nikotin ister; bu da bağımlılığa yol açar. Tehlike yalnızca nikotinden değil, kanserojenler dâhil 7 000'den fazla kimyasal içeren toksik dumandan da kaynaklanır. Bu duman akciğerlere, kalbe, kan damarlarına ve deriye zarar verir; kronik hastalıklara, öksürüğe, nefes darlığına, enfeksiyonlara karşı direncin azalmasına ve tümör riskinin artmasına neden olur.

Sigara içmek, kan damarlarını daraltarak ve filtrasyonu azaltarak böbreklere zarar verir; deri ise kurur, daha hızlı yaşlanır ve koruyucu işlevinin bir bölümünü kaybeder.

Ergenler (14–16 yaş) için sigara içmek özellikle zararlıdır: beyin ve vücut hâlâ gelişim sürecindedir; nikotin öğrenmeyi, konsantrasyonu, belleği ve dürtü kontrolünü bozar.



Bağımlılıktan korunmanın en iyi yolu, sigaraya hiç başlamamaktır.

Elektronik sigaralar (e-sigaralar), normal sigaralarda olduğu gibi duman yerine solunan buhar oluşturan cihazlardır. Genellikle bir batarya, ısıtıcı ve e-likit adı verilen sıvıyla dolu küçük bir hazne içerirler. Bu sıvı çoğunlukla nikotin, aromalar ve ısıtıldığında aerosol (buhar) hâline gelen çeşitli kimyasallar içerir. Klasik sigaralardan farklı görünseler de elektronik sigaralarla da organizmaya zarar verebilecek maddeler alınır.

Elektronik sigaraların vücudu sigaranın zararlı etkilerinden tamamen korumadığını bilmek önemlidir. Klasik sigaralara göre daha az zararlı madde içerebilirler; ancak özellikle güçlü bağımlılık oluşturan ve nabızı hızlandıran, kardiyovasküler sisteme zarar veren ve ergenlerde beyin gelişimini etkileyen nikotin nedeniyle hâlâ bir risk oluştururlar. Elektronik sigaralar, kan akışını ve toksinlerin filtrelenmesini azaltarak böbreklere zarar verir; bu toksinler doğrudan onların dokularını tahrip eder. Aynı zamanda bu kanserojen maddeler idrar kesesinde birikir; bu da iltihaplanma ve kanser riskini önemli ölçüde artırır. Birçok araştırma, e-sigara kullanan ergenlerin gelecekte normal sigara içmeye başlama olasılıklarının daha yüksek olduğunu göstermektedir. Bu nedenlerle elektronik sigara kullanma.

Narkotik maddelere bağımlılık ya da madde bağımlılığı, kişinin zararlı sonuçlarına rağmen uyuşturucu kullanmaya devam ettiği, beyin ciddi kronik bir hastalığıdır. Uyuşturucular, beyin haz, motivasyon ve duygularla ilişkili yapılarına etki eder ve "ödül kimyasalı" olan dopaminde ani bir artışa neden olur. Beyin hızla alışır ve giderek daha yüksek dozlar ister; bu da bağımlılığa yol açar. Uzun süreli kullanım beyne zarar verir; belleği, konsantrasyonu ve duygu durumunu bozar ve psikolojik bozukluklara neden olur. Beyni hâlâ gelişmekte olan gençlerde uyuşturucular; öğrenme, duygular ve karar verme ile sorumlu bölümlerin olgunlaşmasını bozar. Bu durum kötü okul başarısına, riskli davranışlara, zayıf öz denetime ve kişilik gelişiminin bozulmasına yol açabilir.

Uyuşturucu çoğunlukla akciğerler, mukozalar ya da kan yoluyla absorbe edilir. Karaciğer uyuşturucuyu metabolize eder; ancak metabolitler çoğu zaman toksiktir ve karaciğere, böbreklere ve sinir sistemine zarar verir.

Uyuşturucu çoğunlukla akciğerler, mukozalar ya da kan yoluyla absorbe edilir. Karaciğer uyuşturucuyu metabolize eder; ancak metabolitler çoğu zaman toksiktir ve karaciğere, böbreklere ve sinir sistemine zarar verir.

Yoksunluk, uzun süre psikoaktif bir madde (nikotin, alkol, uyuşturucu ya da ilaçlar) kullanan bir kişi aniden bıraktığında ya da kullanımını önemli ölçüde azalttığında ortaya çıkar. Maddenin düzenli varlığına alışmış organizma hemen uyum sağlayamaz; bu da yoksunluk krizi olarak bilinen fiziksel ve psikolojik belirtilere neden olur. Kriz, beyin ve sinir sisteminin uzun süreli kullanımla değişmiş olmasından dolayı ortaya çıkar. Belirtiler bağımlılık türüne bağlıdır; ancak çoğunlukla huzursuzluk, sinirlilik, maddeye karşı güçlü istek, baş ağrısı, terleme, kalp atışının hızlanması, uykusuzluk, mide-bağırsak şikâyetleri, konsantrasyon düşüşü ve duygu durum değişikliklerini içerir. Eroin ya da bazı ilaçlar gibi daha güçlü maddelerde yoksunluk ciddi olabilir ve tıbbi gözetim gerektirebilir.

Beyni gelişim sürecinde olan gençlerde yoksunluk daha yoğun olabilir. Bu durum güçlü duygusal tepkilere – korku, panik, sinirlilik, üzüntü ya da saldırganlık – neden olur ve öğrenme, dikkat ve dürtü kontrolüyle ilgili sorunlara yol açabilir. Yoksunlukla başa çıkmak destek ve uzman yardımı gerektirir. Gençlerde aile ve okul desteği, yoğun duygularla başa çıkmak için kilit öneme sahiptir.

Doping, fiziksel gücü, dayanıklılığı ya da sportif sonuçları yapay olarak artıran maddelerin veya yöntemlerin kullanılmasıdır. Daha sık olarak, isteyen gençler tarafından da kullanılır kas kütlesini daha hızlı artırmak ya da "daha güçlü" görünmek isteyen gençler tarafından da kullanılmaktadır; bu özellikle tehlikelidir, çünkü onların organizmaları gelişim hâlinindedir ve hormonal ile metabolik bozukluklara duyarlıdır.

Farklı doping türleri vardır ve etkilerine göre ayrılabilirler:

- Hormonal doping – steroidlerin, testosteronun, büyüme hormonunun kullanımını içerir.
- Uyarıcılar – amfetaminler, çok yüksek dozlarda kafein ya da uyanıklığı ve dayanıklılığı artıran yasa dışı maddeler gibi.
- Kan dopingi – vücudun oksijenle daha iyi beslenmesi için eritrosit sayısının yapay olarak artırılması ya da eritropoietin hormonunun kullanılması.
- Psikoaktif maddelerle doping – daha fazla cesaret, azalmış ağrı ya da artmış motivasyon amacıyla kokain ya da marihuana gibi uyuşturucuların kullanılması.

Gençlerde doping kullanımı özellikle risklidir. Nitekim bu yaşlarda hormonal sistem kararlı değildir; bu nedenle dışarıdan alınan hormonlar ya da uyarıcılar büyümeyi, cinsiyet özelliklerinin gelişimini, kemik sağlığını ve psikolojik dengeyi kalıcı olarak bozabilir. Ek hormonlara erken yaşta başlayan birçok kişide kemik büyümesi erken kapanır; bu da daha düşük nihai boy uzunluğuyla sonuçlanır. Doping olarak kullanılan anabolik steroidler, uyarıcılar ve diğer maddeler karaciğeri ve böbrekleri zorlar; çünkü bu organlar toksik metabolitleri işlemek zorundadır. Doping, idrarda protein ve kan atılımının artmasına, nefronların zarar görmesine ve su-elektrolit dengesinin bozulmasına neden olabilir. Deride akne, iltihaplanmalar ve salgının artması görülür; bunlar hormonal değişikliklerin ve maddelerin toksisitesinin sonucudur.

BÖBREKLERİ VE DERİYİ KORUMAK İÇİN SAĞLIKLI ALIŞKANLIKLAR

Böbrekleri ve deriyi korumak için en önemli sağlıklı alışkanlıklardan biri düzenli su içmektir. Vücut iyi hidrate olduğunda, böbrekler kanı daha kolay filtreler ve idrar oluşturur. Bu nedenle ergenlerin günde 6–8 bardak su içmesi iyidir. Böylece derinin de elastik, temiz ve hidrate kalması sağlanır.

İkinci önemli alışkanlık, beslenmede tuzun azaltılmasıdır. Aşırı tuz, böbrek sistemini zorlar ve sıvı tutulmasına ve yüksek kan basıncına yol açabilir. Aynı zamanda meyve, sebze ve tam tahıllar bakımından zengin sağlıklı beslenme hem deriyi hem de böbrekleri koruyan vitaminler ve mineraller sağlar.

Alkol, sigara, elektronik sigara ve uyuşturuculardan uzak durmak, ekskretör sistemin korunması için kritik önemdedir.

Düzenli fiziksel aktivitenin de büyük rolü vardır. Hareket, dolaşımı iyileştirir ve bütün boşaltım organlarının daha hızlı ve daha etkili çalışmasını sağlar. Egzersizle deri terler; bu, atık maddelerin bir bölümünün dışarı atılmasına yardımcı olur ve aynı zamanda porların temiz kalmasını sağlar.

Bir diğer önemli alışkanlık, iyi kişisel hijyenin sürdürülmesidir. Düzenli duş alma ve deriyi temizleme, bakterilerin gelişmesini, porların tıkanmasını ve iltihaplanmaların ortaya çıkmasını önler.



Düzenli su içme sağlıklı alışkanlığı



Beslenmede tuzu azaltma alışkanlığı

Sağlıklı böbrekler için, idrar kesesinin düzenli boşaltılması da önemlidir. İdrarı uzun süre tutmak enfeksiyon riskini artırır; bu nedenle öğrencilerin tualete gitme gereksinimini görmezden gelmemeyi alışkanlık hâline getirmeleri iyidir.

Son olarak, yeterli uyku ve stres yönetimi gereklidir. Kalitesiz uyku ve sürekli stres bağışıklığı bozar; bu da böbreklerin çalışmasını zayıflatabilir ve deriyi daha duyarlı, iltihaplanmalara daha yatkın hâle getirebilir.



Yeterli uyku alışkanlığı

Etkinlik

1. Sağlıklı Boşaltım Sistemi

3 öğrencilik gruplar oluşturunuz. Her grup bir madde listesi (alkol, sigara, elektronik sigaralar, uyuşturucular) ve kısa senaryolar alır. Bir tablo yapmanız gerekir: madde → böbrekler üzerindeki etkisi → deri üzerindeki etkisi → sonuçlar. Ardından, ekskretör sistemi korumak için üç sağlıklı alışkanlık öneriniz. Sonunda her grup tabloyu ve sağlıklı alışkanlıkları sunsun ve sonuçlar üzerine tartışınız.

2. Bağımlılıklar Üzerine Sunum

Birkaç öğrenciden oluşan gruplara ayırınız ve bir konu seçiniz: alkol, uyuşturucular veya doping vb. Yapay zekâ araçlarını (ChatGPT, Google Gemini, Bing Copilot veya Perplexity AI) kullanarak en önemli sonuçları içeren kısa bir sunum (2-3 dakika) hazırlayınız. Sonunda hep birlikte bağımlılıkların ortak ve farklı etkileri üzerine tartışınız.

Tekrar Soruları

1. Boşaltım organları olarak böbreklerin ve derinin rolüne birer örnek ver.
2. Alkol, sigara ve uyuşturucular böbreklerin ve derinin çalışmasını nasıl etkiler?
3. Yeterli su alımı ve sağlıklı beslenme gibi sağlıklı alışkanlıklar, ekskretör sistemin korunması için neden önemlidir?
4. Alkolün insan vücudundaki zararlı etkileri nelerdir? Nedenini açıkla.

İlgili biyoloji

- Birçok sporcu doping kullandığı için madalyalarını ya da unvanlarını kaybetmiştir. Örneğin, sprinter Ben Johnson 1988 Seul Olimpiyat Oyunları'nda ve atlet Marion Jones 2000 Sidney Olimpiyat Oyunları'nda. Bisikletçi Lance Armstrong, Tour de France'taki rekor serisini kaybetmiş; atlet Marcel Kitter ise 2007 Dünya Şampiyonası'ndan diskalifiye edilmiştir.



2.15 Hareket (Lokomotor) Sistemin Bölümlerinin Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

- Akciğer ventilasyonu sürecinde göğüs kafesi nasıl hareket eder?
- Besinin bileşenlerinden olan kalsiyum ve onun tuzları neden önemlidir?
- Kanın şekilli elemanları nerede oluşur?

Hareket, insanın temel işlevlerinden biri ve günlük yaşamın ayrılmaz bir parçasıdır. Çoğu zaman bunun üzerine düşünmesek de hareket, birden fazla yapının katıldığı karmaşık bir süreçtir. Sert iskelet vücuda destek verir, eklemler kemikler arasında bağlantı ve **hareketlilik** sağlar; iskelete tutunmuş olan kaslar ise kasılıp gevşemeleriyle hareket için gerekli gücü oluşturur. İnsan, ancak bunların ortak ve koordineli çalışmasıyla günlük görevleri yerine getirebilir: yürüme ve koşmadan yazmaya, nesneleri kaldırmaya ve doğru duruşu korumaya kadar; ayrıca kas dokularının bulunduğu iç organların normal etkinliğine kadar.

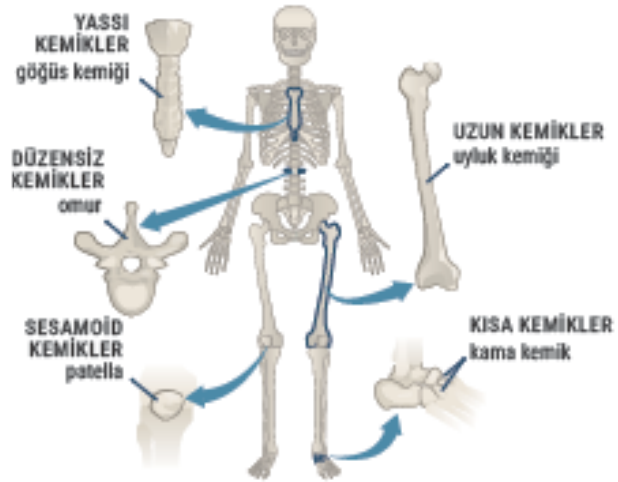
Hareket sistemi, birlikte insanın hareket etmesini, ayakta durmasını ve farklı etkinlikleri yerine getirmesini sağlayan kemikler, eklemler ve kaslardan oluşan bir sistemdir. Kemikler ve eklemler, hareket sisteminin hareketsiz (pasif) bölümünü temsil eden **iskelet sistemini** oluşturur.

Kaslar, vücudun ve onun ayrı bölümlerinin biçimini belirler; tendonlarla birlikte **kas sistemini** oluşturur. Bu bölümler, hareket sisteminin hareketli (aktif) bölümünü temsil eder. Yetişkin bir insanda hareket sisteminin bölümleri vücut kütlelerinin %60'ını kaplar (%20 iskelet, %40 kaslar).

İSKELET SİSTEMİ

İskelet sistemi; birbirine bağlı olarak kararlı bir bütün gibi işlev gören kemikler, kıkırdaklar ve ligamentlerden oluşur.

Kemiklerin birçok önemli işlevi vardır: vücuda destek ve biçim verirler, önemli organları korurlar (beyin ve omurilik gibi), kaslarla birlikte hareketi sağlarlar, kalsiyum tuzları için depo görevi görürler ve onların öz bölgesinde kan elemanları oluşturulur. İskelet, embriyonal dönemde gelişmeye başlar. Erken gelişim döneminde kıkırdak bir iskelet oluşur. Gelişim süreci boyunca kıkırdak doku yavaş yavaş yerini kemik dokuya bırakır.



İnsan iskeletindeki farklı kemik türlerinin şematik gösterimi

İskeletin bazı bölümleri; eklem yüzeyleri, gırtlak, soluk borusunun kıkırdak halkaları, kulak kepçesi, burnun ön bölümü ve kaburgaların uç kısımları gibi yapılar, yaşam boyunca kıkırdak olarak kalır.

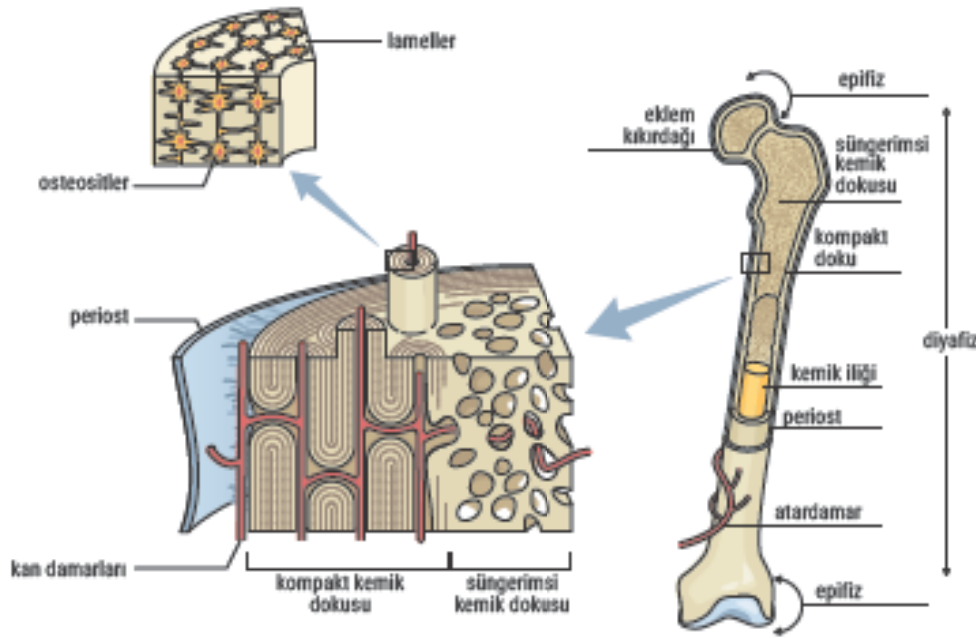
Yetişkin bir insanda iskelet 206 kemikten oluşur. Şekillerine göre kemikler yassı (kafatası, kaburgalar, göğüs kemiği), kısa (el ve ayak kemikleri), düzensiz (omurlar) ve uzun (uyluk kemiği, üst kol kemiği) olabilir. Kollarda ve bacaklarda bulunan uzun kemiklerin uzamış bir gövdesi – **diyafiz** ve iki genişlemiş ucu – **epifizler** vardır. Diyafizin içinde kemik iliğiyle dolu bir kanal bulunur.

Kemikler iki tip kemik dokusundan oluşur: kompakt ve süngerimsi.

Kompakt kemik dokusu sert ve yoğundur; kemiklerin dış örtüsünü ve uzun kemiklerin gövdesini oluşturur. Kemiğin sertliğini kalsiyum tuzları sağlar; *osein* adı verilen organik bölüm ise ona esneklik kazandırır. Çocuklarda daha fazla kolajen bulunduğu için kemikleri daha esnektir; yetişkinlerde ise mineraller baskındır ve kemikler daha sert hâle gelir.

Süngerimsi kemik dokusu daha çok boşluk içerir ve uzun kemiklerin uçlarında ve diğer kemiklerin iç kısmında bulunur. İçinde kemik iliği yer alır; bu ilik, kan elemanlarının oluşturulduğu *kırmızı kemik iliği* ya da çoğunlukla yağlardan oluşan ve uzun kemiklerin kanalında yer alan *sarı kemik iliği* olabilir. Bu yapı, kemiklerin aynı anda hem sağlam hem de hafif olmasını, ayrıca kan elemanları oluşturmalarını ve enerji depolamalarını sağlar.

Kemikler dıştan periost ile sarılıdır; bu, iç tabakası kemiklerin büyümesine ve yenilenmesine katılan ince bir örtüdür. Kan damarları onu besin maddeleriyle besler, sinirler ise ona duyarlılık kazandırır. Kemiklerin uçları, kıkırdak dokudan oluşmuş kıkırdak ile örtülüdür. Bu yapı esneklik sağlar ve hareket sırasında kemikler arasındaki sürtünmeyi azaltır.



Uzun kemiklerin yapısının şematik gösterimi

Eklemler, iki ya da daha fazla kemiğin birleşme yeridir. Birleşen kemiklerin hareketliliğine göre eklemler; hareketli, yarı hareketli ve hareketsiz olabilir.

Hareketli eklemlerde, bir kemiğin genişlemiş ucu, diğer kemiğin elma biçimindeki genişlemiş bölümünün içine girdiği çanak biçimindedir. İki kemiğin yüzeyi, *eklem kıkırdığı* adı verilen kıkırdaktan oluşmuş düzgün bir örtüyle korunur. Hareketli eklemlerde iki birleşmiş kemik arasında, kemikler arasındaki doğrudan teması önleyen sıvı (sinoviyal sıvı) bulunur. Hareketli eklemlerin yapısına ve stabilizasyonuna ligamentler ve tendonlar da katılır.

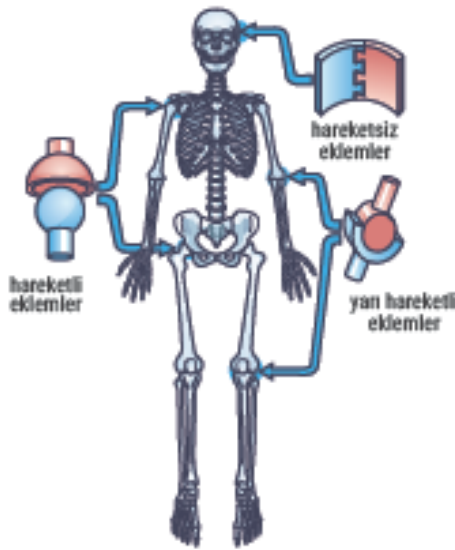
Eklemler bağları (ligamentler), komşu kemikleri birbirine bağlar ve aşırı hareketleri sınırlandırarak eklemi güçlendirir. **Kas kırımları (tendonlar)** ise kasları kemiklere bağlar ve kas etkisini eklem üzerine aktarır. Ligamentler ve tendonlar, kolajen lifler bakımından zengin yoğun bağ dokusundan oluşur.

Yarı hareketli eklem bağlantısı, iki kemik arasında bulunan kıkırdak yardımıyla kurulan bağlantıdır. Bu tür bağlantı kaburgalar ile göğüs kemiği arasında, omurganın omurları arasında ve pelvis kuşağında görülür.

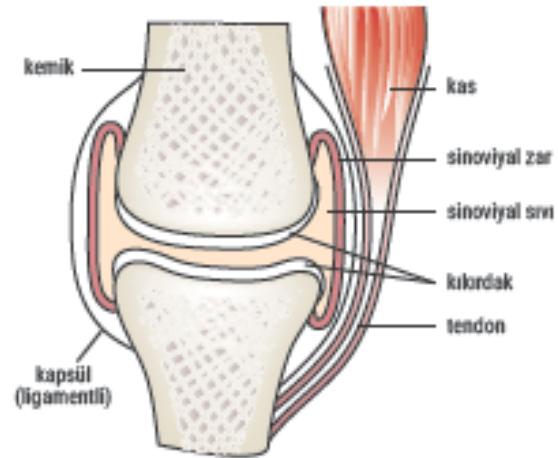
Hareketsiz bağlantı, dikişlerle gerçekleşir. İki kemiğin birbirinin içine giren dişli bölümleri vardır. Baş kemikleri, kafatası kutusunu oluşturan bu şekilde birbirine bağlanmıştır.

Tablo: Eklem Tipleri

Harekete göre	Kemikler arasındaki madde	Örnekler
Hareketsiz	• eklem boşluğu yoktur • kemikler arasında fibröz bağ dokusu	• kafatası kemikleri arasındaki dikişler
Yarı hareketli	• eklem boşluğu yoktur • kemikler arasında kıkırdak	• pelvis eklemleri, omurlar arasındaki eklemler, göğüs kemiği ile kaburgalar arasında
Hareketli	• sıvı içeren eklem boşluğu	• kayar, menteşe, eyer, topuzlu ve diğer eklem türleri



Eklem türlerinin şematik gösterimi

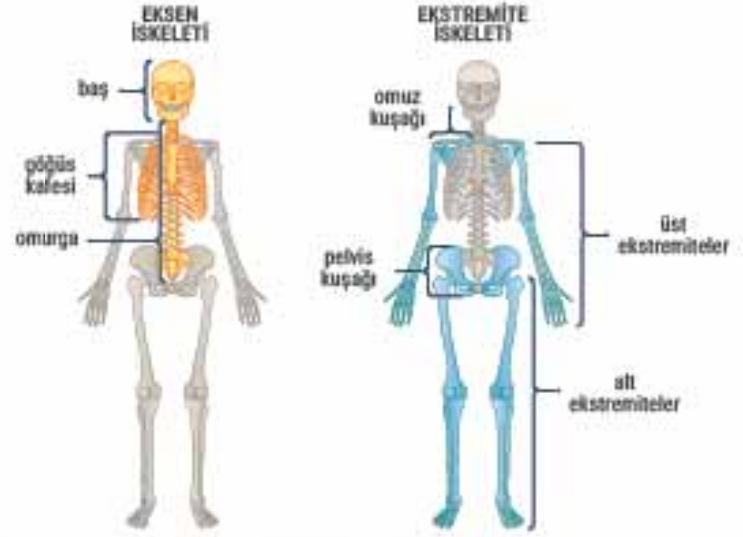


Hareketli eklemin yapısı

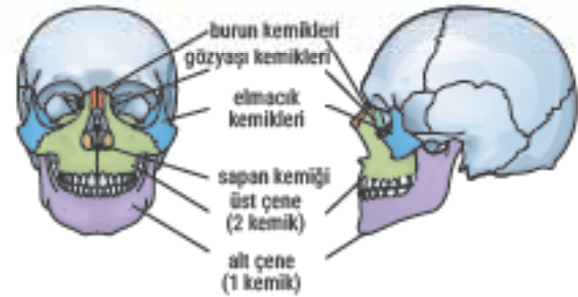
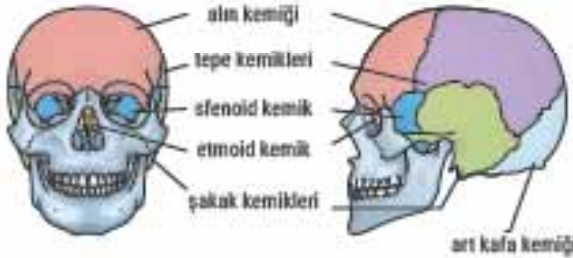
İskelet iki temel kemik grubuna ayrılabilir:

1. Eksen iskeleti - baş ve gövde kemiklerinden oluşur.
2. Ekstremité iskeleti - omuz ve pelvis kuşaklarıyla birlikte ekstremitelerin temelini oluşturur

Baş kemikleri **kafatasını** oluşturur, kafatası iki bölüme ayrılır: kafatası kutusu kemikleri ve yüz kemikleri. Kafatası bölümü, kafatası kutusunu oluşturan birden fazla birleşmiş kemikten yapılmıştır; bu kutunun içinde beyin yer alır ve korunur. Tabanında, omurga ile bağlantı kurmasını sağlayan bir açıklık bulunur. Yüz bölümü; çeneleri, burnu ve yanakları oluşturan kemiklerden meydana gelir; alt çene ise kafatasının tek hareketli kemiğidir.



İnsanda iskeletin temel sınıflandırılması

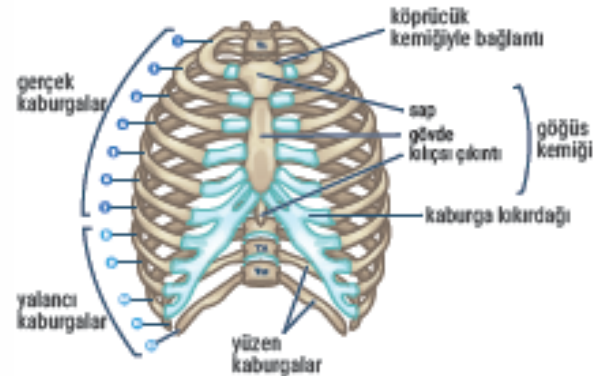


Kafatası kutusu kemikleri ve yüz kemikleri (önden ve yandan görünüm)

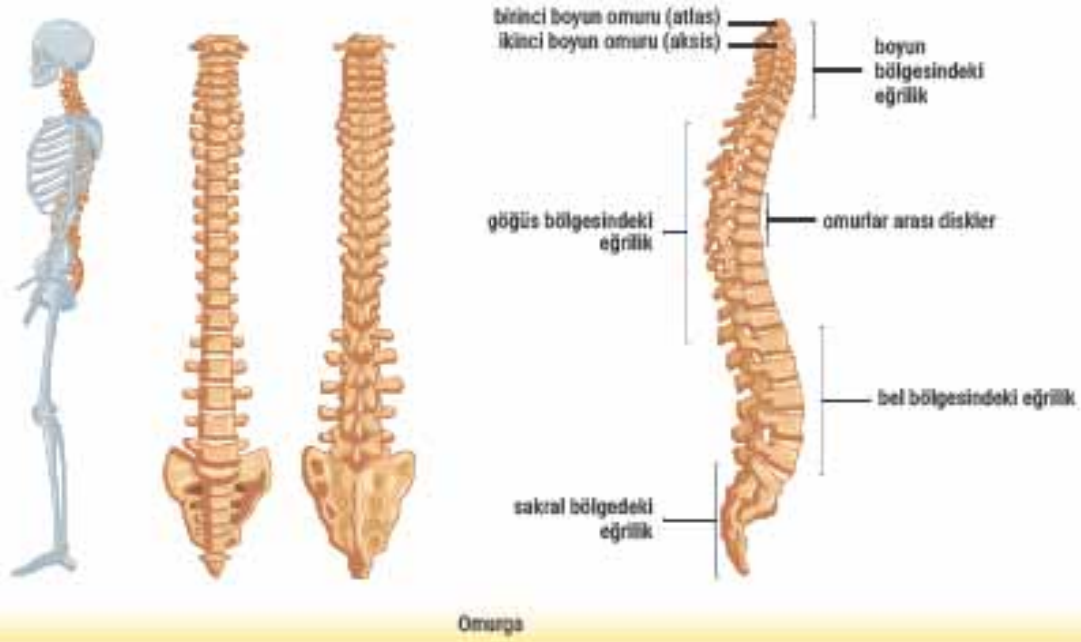
Gövde kemikleri arasında omurga ve göğüs kafesi kemikleri yer alır.

Omurga, birbirine bağlı omurlardan oluşur; bunların arasında ona esneklik kazandıran ve hareketi mümkün kılan kıkırdak diskler bulunur. İç kısmında, omuriliğin yer aldığı omurga kanalı bulunur.

Göğüs kafesi, kalbi ve akciğerleri koruyan ve solunuma katılan **göğüs kemiği** ile on iki çift kaburgadan oluşur.



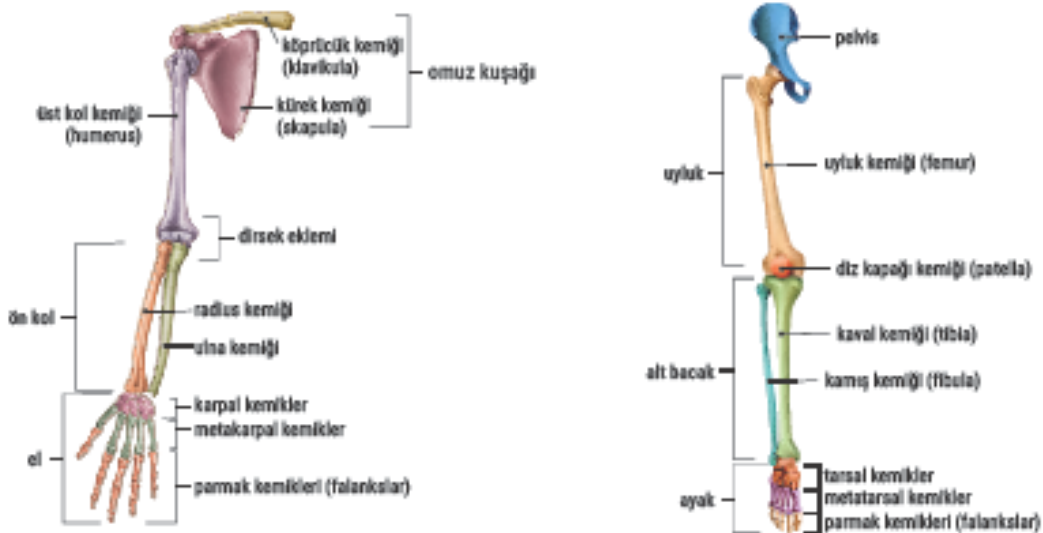
Göğüs kafesi kemikleri



Ekstremité iskeleti, üst ve alt ekstremité kemiklerinden oluşur.

Üst ekstremité (ön üyeler) kemikleri, *omuz kuşağındaki kemikler ve kol kemikleri* olarak ayrılır.

Alt ekstremiteler (arka üyeler), *pelvis kuşağındaki kemikler ve bacak kemiklerinden* oluşur. Pelvis kuşağı, omurga ile sıkı biçimde bağlantılıdır ve gövdeyi taşır; kadın pelvisi daha geniştir ve gebelik ile doğuma uyum sağlamıştır. Bacak kemikleri dengeyi korumayı, yürümeyi, koşmayı ve stabilizeyi sağlar.



Kol ve bacak kemikleri

Etkinlik

Hareket Biyomekaniği

Kemiklerin ve eklemlerin insan vücudunda "kaldıraçlar" gibi nasıl işlev gördüğünü araştırmak için ikili çalışınız. Biriniz dirsek, omuz ve dizle hareketler yaparken, diğeriniz sürece katılan kemikleri doğru biçimde yazsın. Eklem bağlantısının tipini analiz ediniz ve hareketin tek yönde mi sınırlı olduğunu yoksa bütün yönlerde mi serbest olduğunu belirleyiniz. Bu gözlem yoluyla diz ve omuz eklemi arasındaki temel farkları tanımlayınız. Sonunda, lokomotor sistemin her hareketimizde hassasiyeti ve gücü nasıl sağladığı konusunda ortak bir sonuca varınız.

Tekrar Soruları

1. Hareket sisteminin temel bölümleri nelerdir ve bunların her birinin rolü nedir (kemikler, eklemler, kaslar, tendonlar, ligamentler)?
2. Tendon ile ligament arasındaki farkı açıklay.
3. Elin hareketini sağlamak için kemikler ve eklemler nasıl iş birliği yapar?
4. İnsan iskeletinde kemiklerin nasıl düzenlendiğini betimle.

İlginc biyoloji

- İnsan vücudundaki en küçük kemik, kulaktaki çekiç kemiğidir; yalnızca 3–4 mm uzunluğunda ve birkaç miligram ağırlığındadır, ancak işitmede önemli bir role sahiptir. Buna karşılık uyluk kemiği yaklaşık 45 cm uzunluğundadır ve en güçlü kemiktir; vücut kütlelerinden birkaç kat daha büyük bir yükü taşıyabilir.
- Kemikler canlıdır – sürekli olarak yıkılır ve yeniden oluşurlar. Her 7 ila 10 yılda bir, aslında tamamen yeni bir iskelete sahip olursun.

2.16 Kas Sisteminin Bölümlerinin Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

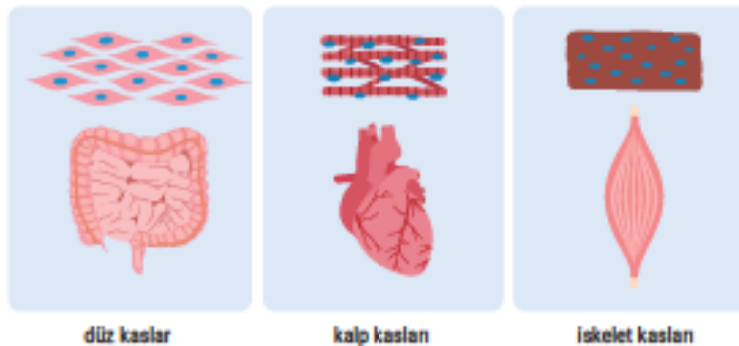
- Ne tür kaslar vardır?
- Kaslar harekete hangi şekilde katılır?

Kas sistemi, hareket sisteminin aktif bölümünü oluşturur ve onun aracılığıyla vücudun bütün hareketleri gerçekleştirilir. İnsanın toplam vücut kütlelerinin yaklaşık %45–50'si kas kütlelidir; bunun %40'ı iskelet kaslarına, %5–10'u ise düz kaslara ve kalp kasına aittir.

Kaslar, sinir sistemiyle doğrudan bağlantılıdır; böylece vücudun koordineli hareketleri sağlanır. Kas sistemi, kas hücrelerinin besin maddeleri ve oksijenle beslendiği, metabolizmanın gereksiz ürünlerinin ise uzaklaştırıldığı zengin bir kan damarı ağıyla donatılmıştır.

Üç tür kas dokusu vardır: düz, kalp ve iskelet kas dokusu; bunlar ilgili kas türlerini oluşturur.

- Düz kaslar, kan damarları, solunum yolları ve sindirim ile ürogenital sistem organları gibi iç organların duvarlarında bulunur. Düz kaslar bilinçsiz olarak çalışır ve organların içeriğini ilerleten yavaş, ritmik hareketler oluşturur.
- Kalp kası (miyokard) da iradenin katılımı olmadan çalışır ve kalbin ritmik çalışmasını sağlar. Çok sayıda mitokondriye sahip enine çizgili hücrelerden oluşur ve yorulmaz; bu da kanın sürekli pompalanmasını sağlar.
- İskelet kasları (enine çizgili kaslar olarak da bilinir), tendonlar aracılığıyla kemiklere tutunur ve vücudun hareket etmesini sağlar. Hücreleri uzun, silindirik, çok çekirdekli ve enine çizgili görünüme sahiptir. Bunlar irademizle (bilinçli olarak) çalışır ve hızlı biçimde kasılıp gevşeyebilir. İnsan vücudunda 650'den fazla iskelet kası vardır.



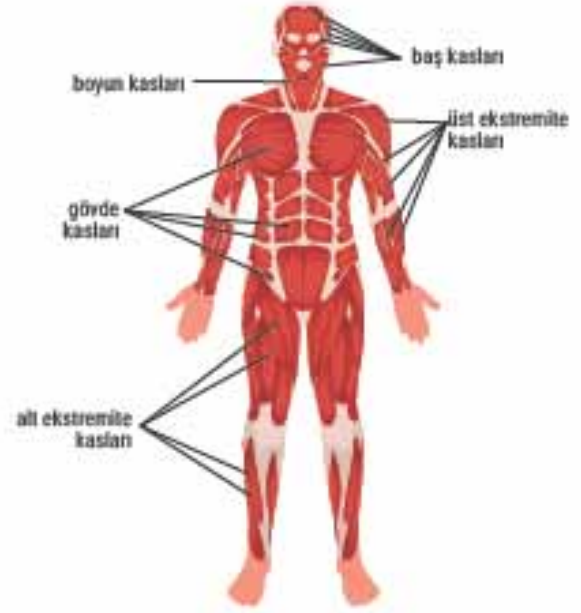
Kas dokusu türleri ve üç kas tipi

Kasların yapısı farklıdır, ancak vücudun hareketini sağlamak için çoğunlukla gruplar hâlinde etki gösterirler. Rollerine ve konumlarına bağlı olarak büyüklük ve biçim bakımından farklılık gösterirler. Kaslar yuvarlak (gözlerin ve dudakların çevresinde), yassı (diyafram ile sırt ve karın kasları), boyunda şerit biçimli ya da ekstremitelerdeki kasları gibi uzun ve iğ biçimli olabilir. Baş sayısına, yani kemiklere tutunma yerlerinin sayısına göre iki başlı (biseps), üç başlı (triseps) ve dört başlı (kuadriseps) kaslar olarak ayrılırlar.

Bulundukları yere bağlı olarak kaslar, baş ve boyun kasları, sırt ve göğüs bölgesi kasları, karın ve pelvis kasları ile ekstremitelerdeki kasları olabilir.

Baş ve boyun kasları mimik, çiğneme ve başın hareketini sağlar. Sırt ve göğüs kafesi kasları gövdeye stabilite kazandırır, solunuma ve omuzlar ile kolların hareketine katılır. Karın ve pelvis kasları, gövdenin dönmesine ve yana eğilmesine, ayrıca oturur durumdan doğrulmaya, yokuş yukarı yürümeye ve sıçramaya katılır. Kol kasları dirseğin bükülmesini ve düzeltilmesini, elin ve parmakların hareketini sağlar. Bacak kasları yürüme, koşma ve sıçramayı sağlar.

İskelet kasları, eklemlerin koordineli hareketi için çoğunlukla gruplar hâlinde etki gösterir. Böylece, belirli bir etkinlik sırasında bir kas ana role sahipse (örneğin, kolun bükülmesinde – agonist), başka bir kas bu etkinliğe yardımcı olur, üçüncü bir kas zıt yönde etki eder (kolu düzeltir – antagonist), dördüncü kas ise bu etkinlikler sırasında eklemi sabit tutar.



Vücudun farklı bölümlerindeki kaslar



ÖN KOLUN GERİLMESİ



ÖN KOLUN BÜKÜLMESİ

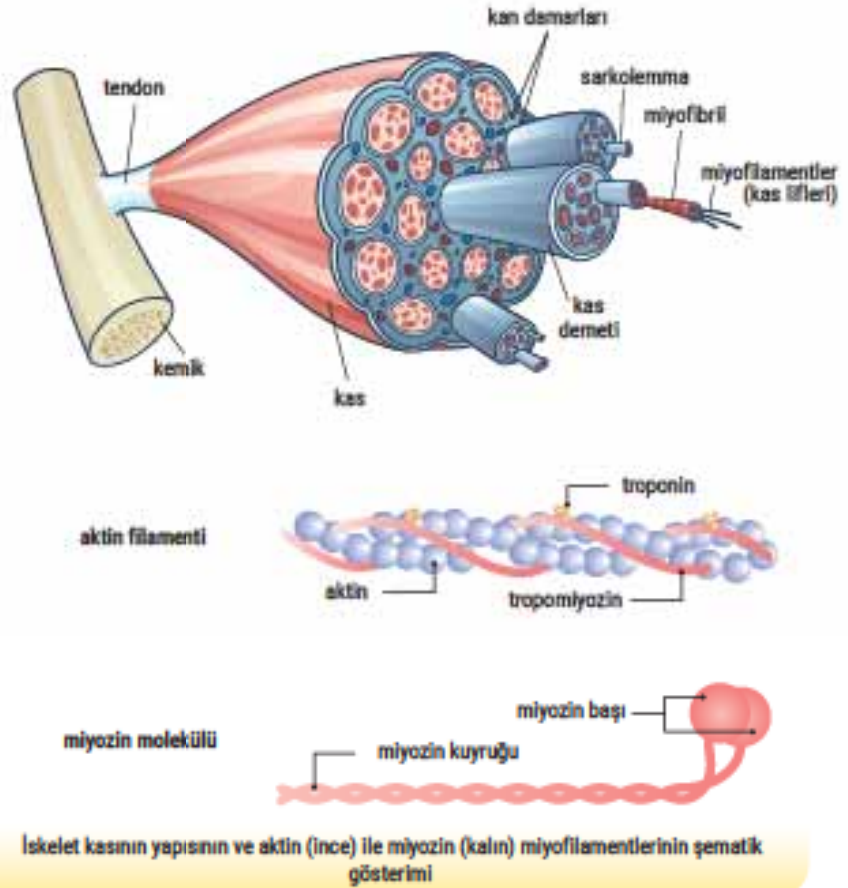
Kas çiftinin birlikte etkisi

Kas hücreleri, bütün diğer hücreler gibi, beyinden sinir uçları aracılığıyla gelen uyarılara duyarlıdır. Kasılma yeteneğine sahiptirler; yani kısalabilir ya da uzayabilirler.

İSKELET KASI HÜCRELERİNİN YAPISI

İskelet kaslarındaki kas hücreleri özel bir yapıya sahiptir. Sitoplazma (sarkoplazma) glikojen ve miyoglobin bakımından zengindir. Çalışma için gerekli enerjiyi sağlayan çok sayıda mitokondriye sahiptirler; ayrıca kas kontraksiyonu için gerekli olan çok miktarda kalsiyum iyonu içeren endoplazmik retikulumları (sarkoplazmik retikulum olarak bilinir) vardır. Kontraksiyonlar; aktin, miyozin, troponin, tropomiyozin vb. kas proteinleri tarafından sağlanır.

Hücrelere çizgili görünüm kazandıran yerleşime sahip aktin ve miyozin liflerinden (miyofilamentler) oluşan miyofibrillerin varlığı da karakteristiktir. Lifler, birlikte kasi oluşturan demetler hâlinde gruplanır. Kas, tendonlar aracılığıyla kemiklere bağlanır; bu nedenle kontraksiyon sırasında kuvvet kemiğe aktarılır ve hareket meydana gelir.



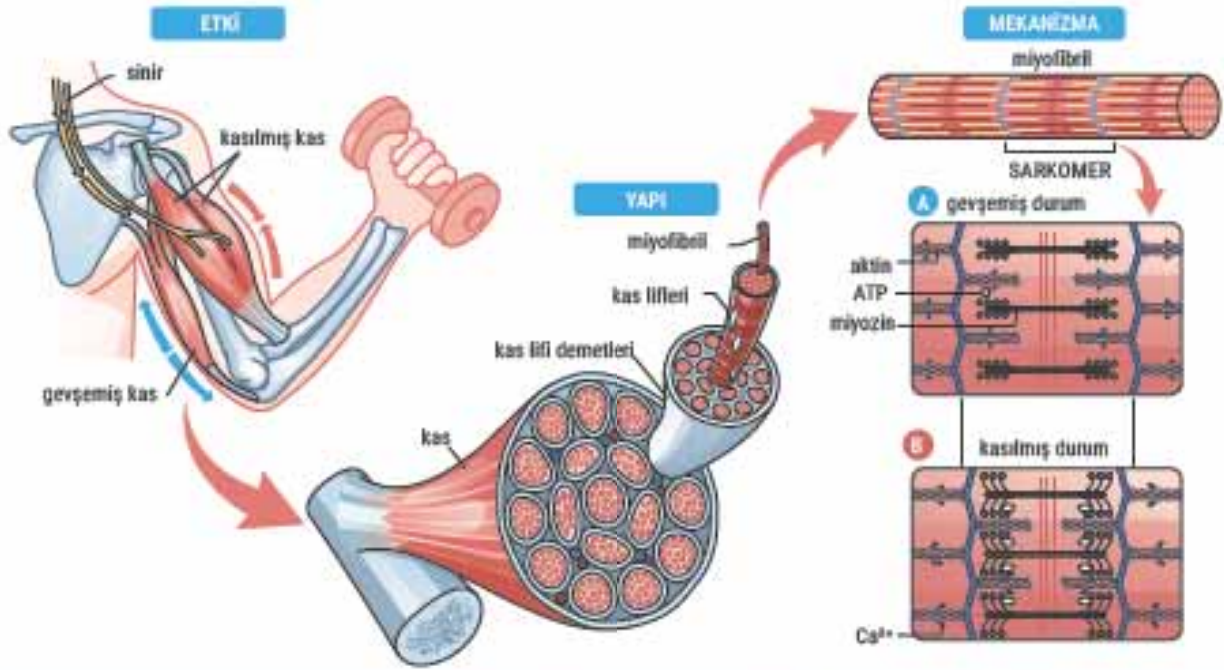
KAS KASILMA MEKANİZMASI

İskelet kasları genellikle irademizin kontrolü altındadır.

Kasılabilmek için kas hücreleri, hücresel solunum sırasında elde edilen ATP biçimindeki enerjiyi kullanır.

Kasların kontraksiyonu, sarkomerler adı verilen çok küçük bölümlerden oluşan miyofibriller yardımıyla gerçekleşir. Kas kasıldığında, aktin filamentleri miyozin filamentleri arasından kayar; bununla sarkomerler kısalır ve kas hareket eder. Kontraksiyon için uyarı, kas liflerine sinir hücreleri aracılığıyla ulaşır. Bu süreçte kalsiyum iyonları Ca^{2+} önemli bir role sahiptir.

Bu kontraksiyon çok daha uzun sürer ve tetanik kontraksiyon ya da kas *krampı* olarak bilinir. Kaslar normal güçle kasılma yeteneğini kaybettiğinde *kas yorgunluğu* ortaya çıkar. Bu, enerji rezervleri (ATP) tükendiğinde, oksijen eksikliği olduğunda ya da kaslarda laktik asit biriktiğinde gerçekleşir. Kas yorgunluğu hareketleri yavaşlatır ve zayıflatır; çoğunlukla yoğun çalışma, spor ya da dinlenmeden yapılan uzun süreli etkinlikler sırasında ortaya çıkar. Dinlenme, hidrasyon ve doğru beslenme, kasların daha hızlı toparlanmasına yardımcı olur.



Kas kasılma mekanizmasının şematik gösterimi

Etkinlik

Kas Yorgunluğu

Dik dur ve iki kolunu avuç içleri aşağı bakacak şekilde yatay olarak öne doğru uzat.

Bu pozisyonda 60 saniye hareketsiz kal. Omuzların titremeye başladığı ve üst kol kaslarının "yanmaya" başladığı anı gözlemlle. Bu olgu, kas hücrelerinin enerji rezervlerini (ATP) hızla tüketmesi ve büyük bir ağırlık olmamasına rağmen yorulmaya başlaması nedeniyle gerçekleşir.

Tekrar Soruları

1. Farklı kas hücresi türlerinin işlevleri arasındaki fark nedir?
2. Kemikler, kasların katılımı olmadan neden kendi başlarına hareket edemez?
3. Kasların yapısını betimley.
4. İskelet kaslarının çalışması nasıl, düz kasların çalışması nasıl kontrol edilir?

İlginç biyoloji

- İnsandaki en küçük iskelet kası orta kulakta bulunur; yaklaşık 1–2 mm uzunluğundadır ve 1 mg'dan daha hafiftir. En büyük kas, 1 kg'dan daha ağır olabilen kalça kasıdır ve yürüme ile koşma için temel öneme sahiptir. Oluşturduğu kuvvete göre en güçlü kas ise çiğneme kasıdır; ısırma sırasında yaklaşık 500–700 N kuvvet geliştirebilir.

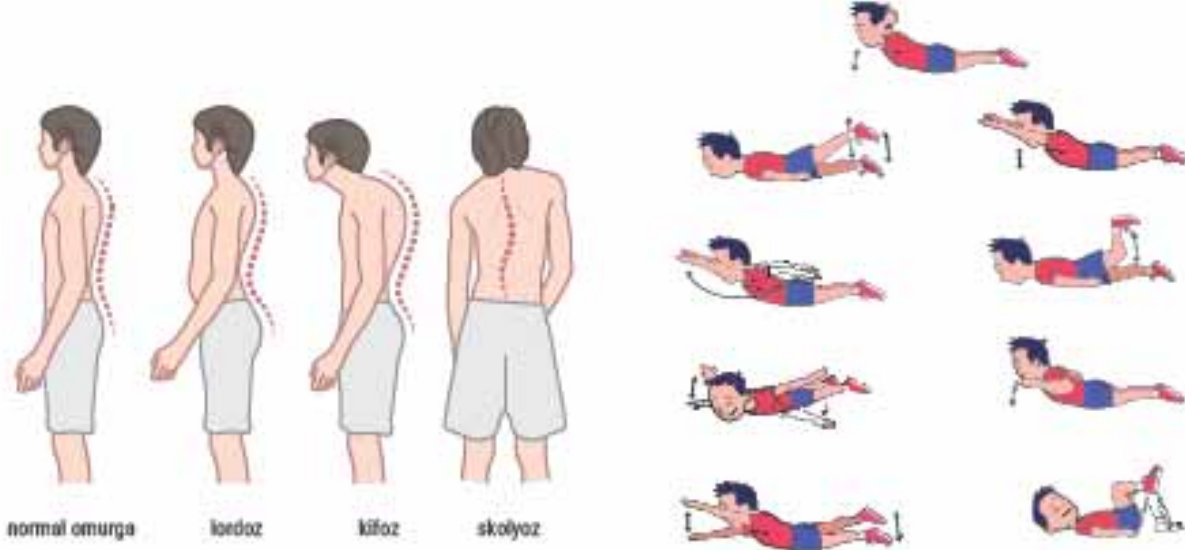
2.17 Hareket Sisteminin Sağlığının Korunması

Hatırla!

- Belirli yaralanmalarda, yaralanan bölge neden alçıyla sarılır?
- Belirli bir artmış fiziksel etkinlik sırasında kaslarda neden ağrı hissedersiniz?

Sağlıklı hareket sistemi, doğru ve koordineli hareketin yanı sıra gençlerde normal büyüme ve gelişmeyi de sağlar. Bu sistemdeki bozulmalar ağrılara, hareketliliğin azalmasına ve kalıcı hasarlara yol açabilir. Yalnızca doğru gelişmiş kemikler ve kaslar, organizmadaki diğer bütün organların da doğru büyüme ve gelişmesini sağlar. Hareket sırasında, otururken ya da yük taşıırken yapılan yanlışlıklar, omurgada veya ayaklarda belirli deformitelere neden olur.

Gençlerde sık görülen bir durum, omurganın eğrilmesidir. Buna göre, geriye doğru eğrilme *kifoz* (kamburluk) olarak bilinirken, öne doğru eğrilme *lordoz* olarak bilinir. Omurganın yana doğru eğrilmesi de mümkündür ve buna *skolyoz* denir. Bu tür eğriliklerin ortaya çıkmasının en yaygın nedeni yanlış oturmaktır.



Omurga eğrilikleri

Skolyozu iyileştirmek için önerilen egzersizler

Raşitizm, kemiklerde çok sayıda değişikliklerle karakterize edilen nadir bir çocukluk hastalığıdır. Kalsiyum ve fosfor tuzlarının kullanımını düzenleyen D vitamini eksikliğinin sonucu olarak ortaya çıkar. Bunlar olmadan kemikler yumuşak kalır ve eğilmeye başlar.

Birçok mekanik etki, neredeyse her kemikte kırıklara neden olabilir.



bacakların dışı doğru eğilmesi (O-bacak)



normal dizler



bacakların içi doğru eğilmesi (X-bacak)

Rasizizm



yer değiştirmemiş kırık



yer değiştirmiş kırık



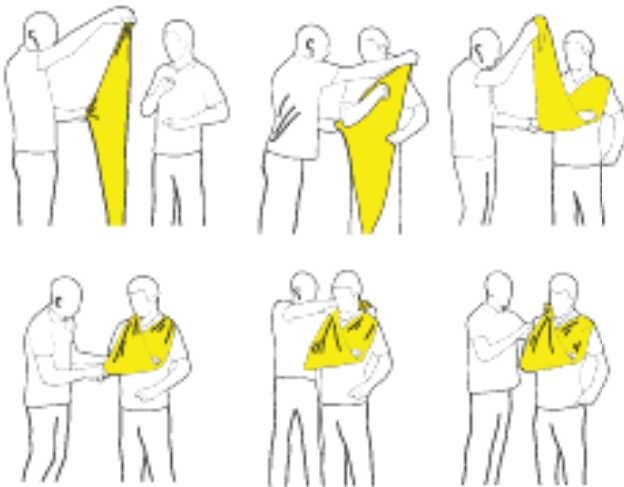
açık kırık

Kemik kırıkları

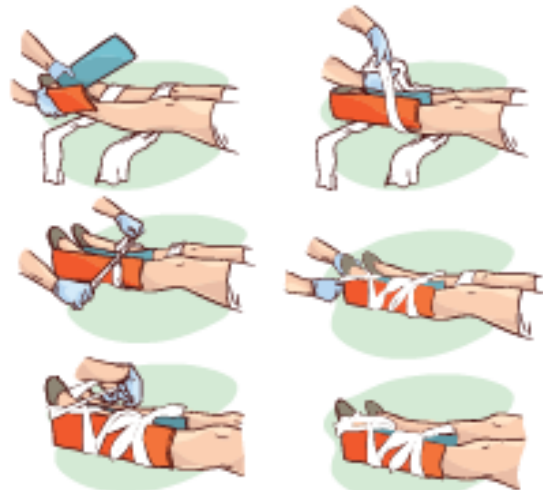
Kırıklarda ilk yardım uygulamasında çok önemli bir işlem, zarar görmüş bölümlerin hareketten korunmasıdır. Bu, tahta parçaları, bezler ve benzeri araçlarla yapılabilen immobilizasyon ile sağlanır. Kişilerin sırt yaralanmaları olduğu durumlarda, sert tahtalar ya da kapılar üzerinde dikkatli ve doğru biçimde taşınmalarıyla, omurilikte daha ciddi yaralanmaların oluşması önlenir. İlk yardım, daha ileri hasarı ve kanamayı kontrol etmek ve önlemek için her zaman kazanın olduğu yerde verilmelidir.

Eklemler, mekanik etkiyle zarar görebilen bağlantılardır. Darbenin şiddetine bağlı olarak eklemlerde çıkık ya da burkulma oluşabilir. Eklem çıkığında (luksasyon) kemikler bağlantı yerinden çıkar; burkulmada ise ligamentlerin yırtılması ya da çatlamasıyla eklem gerilir.

Kasların genel rahatsızlığı kramp olarak adlandırılır ve kasların ani ve istemsiz kasılmasıdır. Kramp sırasında her zaman ağrı hissedilir. Atrofi, kullanılmadıklarında kasların zarar görmesi ya da boyutlarının küçülmesidir; bu durum ekstremitelerde en sık kırıklar sırasında görülür kemiklerde. Miyalji, "kas ağrısı" olarak bilinir ve kas dokusunun iltihaplanmasını ifade eder. Düz tabanlık, ayak kemerinin genel bir bozukluğudur; bu durumda aşağı doğru bükülme olur ve ayak tabana doğru iner. Düz tabanlık, kemeri



Kırık kolun bezle sabitlenmesi

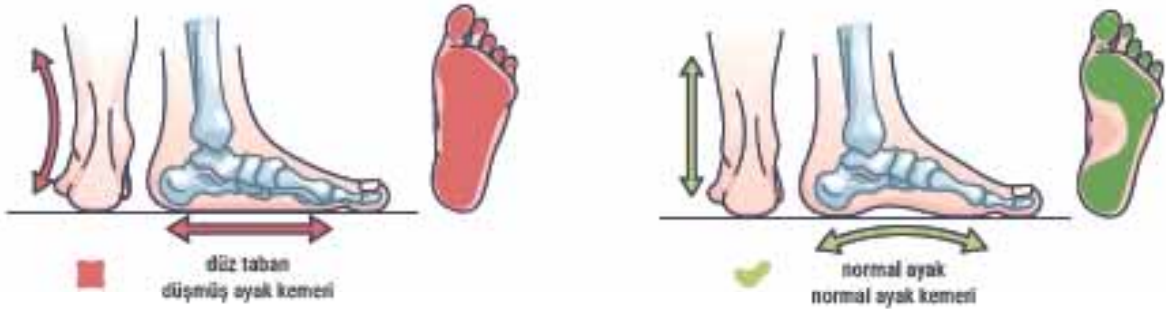


Kırık bacağın tahtalarla sabitlenmesi

destekleyen kasların zayıflamasının sonucudur ve genellikle ağrı ile birlikte görülür. Kemerı koruyan kasların yanlış kullanılması (yürürken ayakları sürüklemek gibi) ya da yetersiz bedensel egzersiz, düz tabanlığın ortaya çıkmasına katkıda bulunur. Rahat ayakkabılar giymek ve parmak uçlarında yürümek, düz tabanlığın ve bacakta görülen diğer ağırlı hasarların ortaya çıkmasına karşı korunmaya yardımcı olur.



Normal ve atrofik kas



Düz taban ve normal ayak

KEMİKLERİN VE KASLARIN DOĞRU GELİŞİMİ VE İŞLEVİ İÇİN SAĞLIKLI ALIŞKANLIKLAR

Kemiklerin ve kasların doğru gelişimi ve sağlığı, onların en hızlı büyüdüğü ve güçlendiği çocukluk ve ergenlik döneminden itibaren başlayan birçok alışkanlığa bağlıdır.

En önemli alışkanlıklardan biri düzenli ve ölçülü fiziksel aktivitedir. Hızlı yürüme, koşma, yüzme, dans etme ya da spor yapma gibi egzersizler, kemik oluşturan hücrelerin çalışmasını uyarır – kemik dokusunun kalitesini ve yoğunluğunu artırır. Bu egzersizler, sınav ya da çömelme gibi egzersizlerle birlikte kasların büyümesini ve gelişimini uyarır. Genç birey fiziksel olarak aktif değilse, kemikler daha zayıf, daha seyrek ve kırıklara daha yatkın hâle gelir. Uzun süre oturmak, özellikle de günümüzde gençlerin bilgisayar ya da cep telefonu başında çok zaman geçirmesi, daha erken yaşlarda duruş bozukluğuna ve sırt ağrılarına yol açabilir; bu sırada kaslar da zayıflar, kütle kaybeder ve atrofi ortaya çıkar; bu da kişiyi daha az dayanıklı ve yaralanmalara daha yatkın hâle getirir.

Kemiklerin ve kasların yapımına katılan besin maddeleri bakımından zengin doğru beslenme de aynı derecede önemlidir. Sütte, yoğurtta, peynirde, bademlerde, yeşil sebzelerde ve bazı balıklarda bulunan kalsiyum, kemikler için temel "yapı malzemesi"dir. Kalsiyumun emilebilmesi için güneş ışığıyla, ayrıca yumurta, balık vb. yoluyla aldığımız D vitamini de gereklidir. Beslenme kalsiyum ve D vitamini bakımından yetersizse, kemikler kırılgan hâle gelir; çocuklarda ve ergenlerde büyüme bozuklukları, kötü duruş

ya da deformasyon riskinde artış görülebilir. Protein bakımından zengin besinler, örneğin yumurta, et, balık, süt, yoğurt, peynir, baklagiller ve kabuklu yemişler, onların yapımı ve yenilenmesi için gereklidir. Fiziksel aktiviteden sonra vücudun, zarar görmüş kas liflerini onarmak için proteinlere olan gereksinimi artar. Beslenmede protein eksikse, kaslar daha yavaş gelişir, egzersizden sonra toparlanma daha güç olur ve vücut kendi kas kütleini parçalamaya başlar. Öte yandan, karbonhidratlar enerji kaynağı olarak önemlidir – onlar olmadan kaslar hızla yorulur ve daha uzun süreli bir efora dayanamaz. Vitamin ve minerallerin, özellikle magnezyum, potasyum ve B grubu vitaminlerinin alınması; krampların önlenmesi, kas işlevinin korunması ve doğru sinir-kas koordinasyonu için gereklidir.

Vücudun su dengesi (hidrasyon), çoğu zaman ihmal edilen bir başka önemli faktördür. Kemik dokusu, sert ve kuru görünmesine rağmen, metabolizması için önemli olan %30'a kadar su içerir. Yeterli su içmek, kemiği oluşturan ve yenileyen hücrelerin normal işleyişini sürdürür. Yetersiz hidrasyon; hızlı yorulmaya, fiziksel dayanıklılığın azalmasına ve yaralanmalardan sonra daha yavaş iyileşmeye katkıda bulunabilir. Öte yandan, kaslar yüksek oranda su içerir; sıvı eksikliği ise kramplara, güç azalmasına ve daha hızlı yorulmaya yol açar. Egzersiz sırasında vücut terleme yoluyla su kaybeder; bu su zamanında yerine konmazsa kaslar verimli çalışamaz ve yaralanma riski artar. Bu nedenle gün boyunca, özellikle de fiziksel aktiviteden önce, fiziksel aktivite sırasında ve sonrasında su içmek önemlidir.

Son olarak, **doğru uyku**, hareket sistemi için bir bütün olarak önemli bir rol oynar. Uyku sırasında vücut, kemik ve kas dokusu dâhil olmak üzere dokuların büyümesi ve yenilenmesi için önemli olan hormonlar üretir. Uyku eksikliği yalnızca büyümeyi bozmakla kalmaz; aynı zamanda kas gücünün zayıflamasına, egzersiz sırasında konsantrasyonun azalmasına ve hata ile yaralanma olasılığının artmasına yol açar.

Özellikle önemli olan, riskli ve sağlıksız alışkanlıklardan kaçınmaktır. Sigara ve alkol, kemik dokusunu olumsuz etkiler ve onun gelişimini yavaşlatır. Sigara içen ya da sık sık alkol tüketen gençlerde yaralanma riski daha yüksektir; kırıkların iyileşmesi daha yavaş olur ve kemik ile kas kütleinde zayıflama görülebilir. Enerji içecekleri çok sık kullanıldığında, organizmanın mineral dengesini etkileyebilir ve kemiklerin doğru büyümesini bozabilir. Kötü duruş ve aşırı oturma, kambur omuzlar, çantanın yalnızca tek omuzda taşınması ya da kuralara uygun olmayan oturma – omurgada eğriliklere ve kronik ağrıların ortaya çıkmasına yol açabilir.



ölçülü fiziksel aktivite



sağlıklı beslenme ve hidrasyon



dinlenme

Hareket sisteminin sağlığını koruma yolları

Etkinlik

1. Kendi Bedeninin Mimarları

Günlük hareketlerinin iskeletinin ve kaslarının "yapısını" nasıl biçimlendirdiğini araştır. Alışkanlıkların bir listesini yap ve onları iki sütuna ayır – sağlıklı (dik duruş, egzersiz) ve riskli (ağır sırt çantaları, yanlış oturma, ekran karşısında çok fazla zaman geçirme). Her birinin sonuçlarını analiz et ve uzun vadede ne olduğunu açıkla. Sırt çantasını tek omuzda taşımak omurgayı nasıl eğir? Hareketsizlik kemikleri neden kırılgan hâle getirir? Her alışkanlık için, hareket sisteminin güçlü kalmasına yardımcı olacak üç somut önleyici önlem öner (örneğin: otururken "90 derece kuralı").

2. Hareketin İçin Dijital Ölçer

Günlük hareketinle ilgili veriler topla (adım ve aktivite dakikaları). Mobil cihaz kullan ya da son 24 saatteki aktivitenle ilgili kısa bir anket doldur. Sayıları yapay zekâ destekli bir uygulamaya gir (ör. AI eklentili Google Sheets veya ChatGPT Advanced Data Analysis, Google Gemini vb.). Araçtan ortalamayı hesaplamasını ve aktivitenin grafiğini çizmesini iste. Aynı verileri elle ya da sıradan bir tablo yazılımında (Excel) hesapla. Sonuçların örtüşüp örtüşmediğini kontrol et. Hangi yöntem daha hızlıydı? YZ grafiği, kaslarının ne kadar etkinleştiğini daha iyi anlamana yardımcı oldu mu? Akıllı cihazların ve YZ'nin daha fazla hareket etmemiz için iyi bir motivasyon olup olmadığını ve bu verilerin hareket sistemimizi "paslanmaktan" korumamıza nasıl yardımcı olduğunu sınıfta tartışınız.

Tekrar Soruları

1. Düzenli fiziksel aktivite gençlerde kemiklerin ve kasların gelişimini ve güçlenmesini nasıl etkiler?
2. Yanlış beden duruşu ve uzun süre oturma neden sağlıksız alışkanlıklar olarak kabul edilir?
3. Kasların uzun süre kullanılmaması kas atrofisine nasıl yol açabilir?
4. Riskli davranışlardan kaçınmak, hareket sistemi yaralanmalarının önlenmesine nasıl katkıda bulunabilir?

İlgili biyoloji

- Son yıllarda, kemikleri daha gözenekli hâle gelen kişilerin yaş sınırında düşüş gözlenmektedir. Gözeneklilik, kemiklerde su miktarının azalması ve mineral maddelerin artması nedeniyle ortaya çıkar. Böylece kemikler daha hafif hâle gelir ve kolayca kırılır. Bu hastalık osteoporoz adıyla bilinir.
- Küresel olarak skolyoz (omurganın $\geq 10^\circ$ eğriliği), 18 yaşına kadar çocukların ve ergenlerin yaklaşık %1,65'inde görülür; en yüksek görülme sıklığı 12-14 yaş arasındadır.

2.18 İnsanda Üreme – Erkek Üreme Sistemi

Hatırla!

- DNA nedir, kromozomlar nedir?
- Canlı organizmalarda özelliklerin kalıtımı nasıl gerçekleşir?
- Mitoz sonucunda ne elde edilir, mayoz sonucunda ne elde edilir?

Canlı organizmaların en ilginç özelliklerinden biri üreme (çoğalma) yeteneğidir. Üreme ile ebeveynlere benzer yavrular elde edilir ve Dünya'daki yaşamın sürekliliğinin korunması sağlanır. İnsanda eşeyli üreme sırasında benzersiz bir genetik kombinasyona sahip yeni bir organizma oluşur; bu da insan türünde çeşitliliği, adaptasyonu ve evrimsel ilerlemeyi mümkün kılar.

İnsanda üreme, iç döllenmeli eşeyli üremedir. Eşeyli üremeye katılan özelleşmiş hücrelere eşey hücreleri ya da gametler denir – dişilerde *yumurta hücreleri*, erkeklerde *spermatozoitler*. Gametlerin oluşması ve olgunlaşması süreci **gametogenez** olarak bilinir. Bu süreç sırasında **mayoz** ya da **redüksiyon bölünmesi** adı verilen özel bir hücre bölünmesi gerçekleşir. Mayoz sonucunda, diploid çekirdeğe (2n) sahip bir hücreden, genetik olarak farklı ve her biri 23 kromozom taşıyan dört haploid hücre (n) elde edilir. Bu, insandaki gametlerin çekirdeğinde, vücuttaki herhangi başka bir hücrede bulunan kromozom sayısına göre yarı sayıda kromozom bulunduğu anlamına gelir.

Mayozun biyolojik önemi yalnızca kromozom sayısının azaltılmasında değil, aynı zamanda genetik çeşitliliğin oluşturulmasındadır. Mayoz sırasında oluşan hücreler farklı kalıtsal materyale sahiptir; aynı anne ve babadan olan çocukların tamamen aynı olmamasının nedeni budur.

Erkek ve dişi bireylerde üreme sistemleri morfolojik ve işlevsel olarak farklıdır. Ancak her iki cinsiyette de organlar aynı işlevlere sahip iki gruba ayrılabilir: birincil (ana) ve ek (sekonder) organlar.

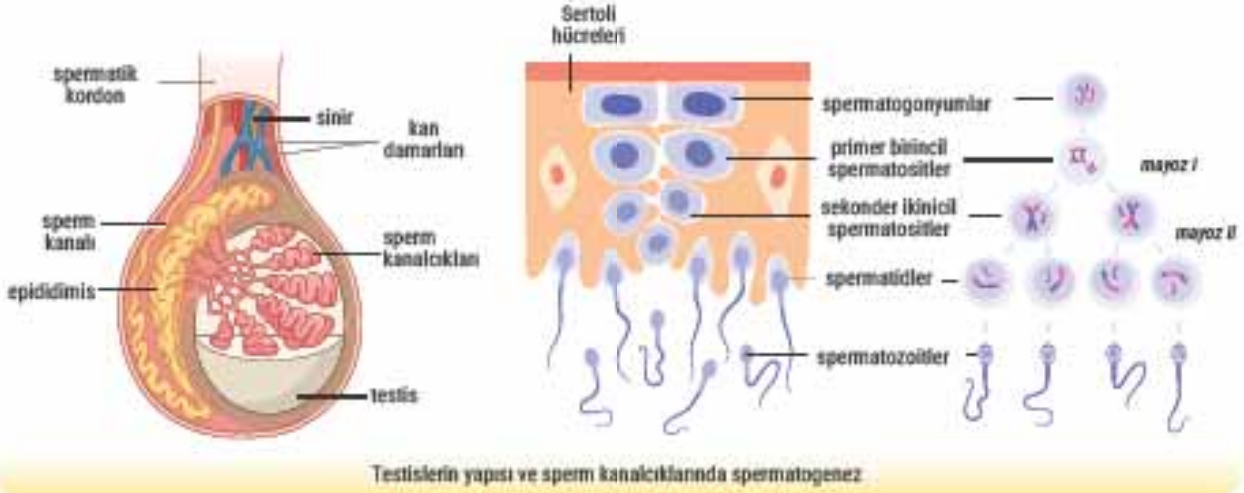
Birincil organlar, eşey bezleridir (gonadlar). Bu organlarda eşey hücreleri ve eşey hormonları oluşturulur. Erkek gonadları testisler (er bezleri) olarak adlandırılır; dişi gonadları ise yumurtalıklar (ovaryumlar)dır. Ek organlar arasında, eşey hücrelerinin taşıdığı bir dizi kanal yer alır.

ERKEK ÜREME SİSTEMİ

Erkek eşey bezleri – **testisler (er bezleri)** skrotumda (testis torbası) yer alır. Bunlar, yaklaşık 4–5 cm uzunluğunda, yumurta biçimli organlardır. Her testisten, içinden kan damarları, sinirler ve spermatozoitlerin taşınması için bir kanalcığın geçtiği *spermatik kordon* çıkar. Embriyonal gelişim sırasında testisler böbreklerin yakınında oluşur; doğumdan bir ila iki ay önce ise inguinal (kasık) kanal boyunca skrotuma iner. Her iki testisin normal biçimde inmesi çok önemlidir; çünkü spermatogenez, skrotumun sağladığı, vücut sıcaklığından birkaç derece daha düşük bir sıcaklıkta gerçekleşir.

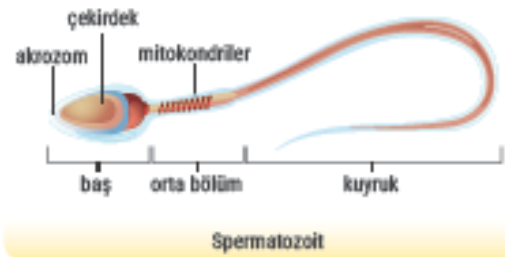
Testisler, büyük ölçüde, spermatozoitlerin germinatif epitel hücrelerinden oluşturulduğu ince, spiral biçimli seminifer tübüllerden (sperm kanalcıkları) oluşur. Kanalcıkların arasında, erkek eşey hormonu olan *testosteronu* oluşturan Leydig (dokular arası) hücreleri bulunur.

Spermatozoitlerin oluşumu (**spermatogenez**) aergenlik döneminde başlar ve yeterli testosteron üretildiği sürece yaşam boyunca devam eder. Spermatogenez süreci, hücrelerin biçim ve görünüşlerini değiştirdiği birden fazla evrede gerçekleşir. Sperm kanalcıklarındaki gelişimleri sırasında spermatozoitler Sertoli hücreleri tarafından korunur ve desteklenir.



Spermatozoitler, testislerde sürekli olarak oluşturulan çok küçük ve hareketli erkek eşey hücreleridir. 23 kromozom içeren bir çekirdeğe ve yumurta hücresine girmeyi sağlayan enzimlere sahip **akrozoma** bulunan elips biçimli bir başları vardır. Orta bölüm (boyun) mitokondriler içerir ve enerji sağlar; kuyruk ise yumurta hücresine doğru aktif hareket etmeyi mümkün kılar.

Testosteron, testislerdeki Leydig hücrelerinde oluşturulan ve doğrudan kan dolaşımına salgılanan erkek eşey hormonudur. Salgılanması, penis ve skrotumun gelişimine katıldığı embriyonal gelişim sırasında (gebeliğin 3-4. ayı) başlar. Bu hormonun iki temel rolü vardır: erkek eşey organlarının ve spermatogenezin sürdürülmesi ile sekonder erkek eşey özelliklerinin gelişimi (daha kalın ses, daha geniş omuzlar, daha büyük kas kütlesi ve kıllanmanın artması).



EK (YARDIMCI) ERKEK ÜREME ORGANLARI

Erkeklerde ek üreme organları, spermatozoitleri taşıyan bir kanallar sistemi oluşturur. Bunlar sperm kanalcıklarında başlar ve epididimise devam eder – skrotumda yer alan, yaklaşık 6 m uzunluğunda, güçlü biçimde kıvrılmış bir kanaldır; burada spermatozoitler olgunlaşır ve hareketli hâle gelir. Epididimis, kasık kanalından geçen ve idrar kesesinin arkasında seminal vezikül kanalıyla birleşerek boşalma kanalını oluşturan sperm kanalına devam eder. İki boşalma kanalı (sol ve sağ taraftan) prostattan geçer ve idrar kanalına (üretra) açılır.

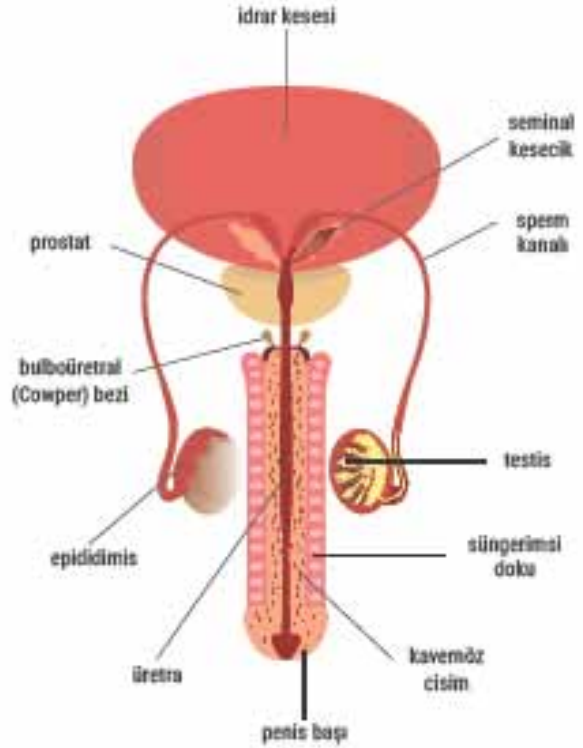
Seminal kesecikler, idrar kesesinin arkasında yer alan kıvrımlı bezlerdir ve spermatozoitler için enerji sağlayan glikoz bakımından zengin, yoğun, alkali bir salgı salgılar; bu salgı spermin hacminin büyük bir bölümünü oluşturur. Prostat, idrar kesesinin altında bulunur ve idrar kanalının başlangıç bölümünü çevreler. Vajinadaki asidik ortamı nötralize eden, spermatozoitlerin hareketliliğini artıran ve onların yumurta hücresine doğru hareketini kolaylaştıran prostaglandinler içeren alkali bir salgı salgılar. Bulboüretal (Cowper) bezleri, prostatın altında bulunan çift, küçük bezlerdir; ejakülasyondan önce idrar kanalının ve penisin ucunun kayganlaştırılması için muköz bir salgı salgılar.

Seminifer tübüllerde oluşan spermatozoitler epididimiste olgunlaşır; buradan sperm kanalı aracılığıyla idrar kanalına girer. Bu yol üzerinde seminal veziküllerden, prostattan ve bulboüretal bezlerden gelen salgılarla karışır; bunlar seminal sıvıyı oluşturur.

Sperm, spermatozoitler ile özel bezlerden gelen farklı salgıların (meni sıvısı) karışımıdır. Salgılar; spermatozoitlerin beslenmesine ve daha kolay taşınmasına, vajinadaki asitliğin nötralize edilmesine ve cinsel ilişki sırasında üreme sisteminin kayganlaştırılmasına (*lubrikasyon*) hizmet eder. Bir meni, yüz milyonlarca spermatozoit içeren yaklaşık 2–5 mL seminal sıvı içerir.

Boşalma, spermin idrar kanalı yoluyla dışarı atılmasıdır. Prostatta bulunan düz kasların ve pelvis kuşağındaki iskelet kaslarının kasılmasına neden olan omurilikteki refleks merkezleri tarafından kontrol edilir. Bu kasılmalar, meni sıvısının dışarı atılmasını sağlar. Aynı zamanda idrar kesesinin sfinkteri kapanır; böylece idrarın spermle karışması önlenir.

Penis ve skrotum, dış erkek üreme organlarıdır. **Penis**, idrarın ve seminal sıvının organizmanın dışına atılmasında görevli organdır. Spermin kadının vajinasına aktarılması, penisin süngerimsi dokusuna kan akışının artması sonucu oluşan ereksiyon ile mümkün olur. Penis üç süngerimsi cisimden oluşur. Süngerimsi dokunun içinde idrar kanalı yer alır; onun yanlarında ise ereksiyonda temel role sahip iki kavernöz cisim bulunur. Uçta, süngerimsi cisim genişler ve penis başını oluşturur; bu bölüm *prepusyum* adı verilen deriyle örtülüdür.



Erkek üreme sisteminin şematik gösterimi

ERKEK ÜREME SİSTEMİ ORGANLARININ KONTROLÜ

Testislerin işlevi, hipofizin ön bölümünden salgılanan hormonların kontrolü altındadır – folikül uyarıcı hormon (FSH) ya da *gonadostimülin A* ve luteinleştirici hormon (LH) ya da *gonadostimülin B*. FSH, Sertoli hücrelerini ve spermatozoitlerin oluşumunu uyarır; bu süreçte testosteronun varlığı zorunludur. LH, Leydig hücrelerini testosteron sentezlemeleri ve salgılamaları için uyarır. Ergenlikten itibaren hipotalamus, gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) aracılığıyla hipofizden FSH ve LH salgılanmasını uyarır.

Bunların etkinliği, kandaki testosteron düzeyine bağlı olarak negatif geri bildirim yoluyla düzenlenir. Ergenlik döneminde testosteron salgılanması önemli ölçüde artar; yaşlanmayla birlikte testosteron, spermatozoit ve meni sıvısının üretimi yavaş yavaş azalır. Daha belirgin değişiklikler 40 yaşından sonra ortaya çıkar; ancak az sayıda erkekte spermatogenez daha ileri yaşlarda, hatta 80 yaşına kadar sürdürülebilir.

Etkinlik

Erkek Üreme Sisteminin Yapısı

Küçük gruplara ayrılarak, verilen şematik gösterim üzerinde erkek üreme sisteminin birincil ve yardımcı organlarını tanımlayınız. Testisleri, sperm kanallarını, prostatı ve penisi kesin biçimde işaretleyiniz; her birinin özgül işlevini yazınız. Yardımcı bezlerin üreme sürecindeki ve spermatozoitlerin canlılığının korunmasındaki rolünü açıklayınız. Bu bölümlerin bağlantılı bir bütün olarak nasıl işlev gördüğünü ve bu sistemin temel amacına nasıl uyum sağlamış olduğunu sununuz.

Tekrar Soruları

1. Erkeklerde birincil eşey organları hangileridir ve temel işlevleri nedir?
2. Erkekte iki yardımcı eşey organı belirtiniz ve üremedeki rollerini açıkla.
3. Testosteronun erkek üreme sisteminin gelişimi ve işleyişindeki rolü nedir?

İlginç biyoloji

- Mayoz olmasaydı, eşey hücreleri diğer vücut hücreleriyle aynı sayıda kromozom içerirdi. Bu, insanda eşey hücrelerinin çekirdeklerinin 46 kromozom içereceği anlamına gelirdi. Döllenme sırasında eşey hücrelerinin birleşmesiyle kromozom sayısı iki katına çıkardı ve sonraki her döllenmede bu sayı yeniden iki katına çıkardı. Belirli sayıda kuşaktan sonra, somatik (vücut) hücrelerde inanılmaz derecede yüksek sayıda kromozom bulunurdu (örneğin 46 kromozomdan, 10 kuşak sonra 23 552 kromozom olurdu).

2.19 Dişi Üreme Sistemi ve Menstrual Döngü

Hatırla!

- Bitkilerde dişi üreme organları hangileridir?
- Bitkilerde döllenme nasıl gerçekleşir?
- Menstrual döngü nedir?

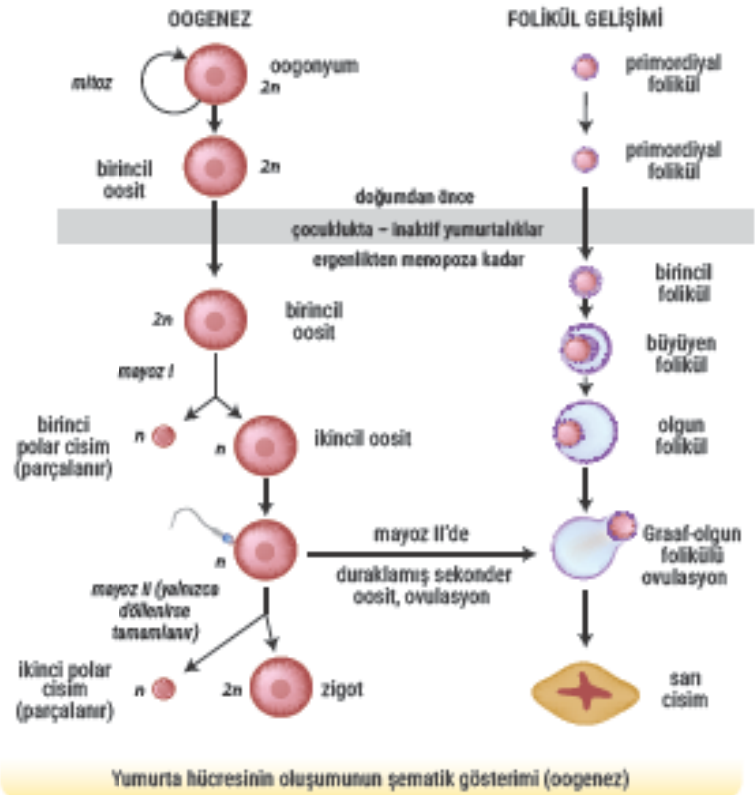
Kadın üreme sisteminin temel işlevi, organizmayı döllenmeye ve gebeliğe hazırlamaktır. Kadında üreme sisteminin birincil organları: yumurtalıklar (*ovaryumlar*); ek organları ise yumurta kanalları, rahim (uterus, döl yatağı) ve vajina (hazne)dir; bunlar iç kadın üreme organlarını oluşturur. Kadın üreme sisteminin dış yapıları birlikte vulva olarak adlandırılır.

Dişi bireylerde, kadın eşey hücrelerinin – yumurta hücrelerinin ve kadın eşey hormonlarının – progesteron ve östrojen hormonlarının oluşturulduğu iki **yumurtalık** bulunur. Yumurtalıklar yaklaşık 4 cm uzunluğunda, 2 cm genişliğinde ve 1 cm kalınlığında, küçük, basık, elips biçimli yapılardır. Testisler gibi yumurtalıklar da gelişim sırasında aşağı iner; ancak yalnızca karın boşluğunun pelvis bölümüne kadar inerler. Orada, onları rahme ve vücut duvarına bağlayan ligamentlerle- bağlarla tutulurlar.

Yumurta hücrelerinin oluşması ve olgunlaşması sürecine **oogenez** denir. Kız yenidoğanda, yumurtalıklarda yumurta hücrelerini oluşturacak yaklaşık 850 000 primer hücre bulunur. Üreme dönemi boyunca, her ay genellikle yalnızca bir yumurta hücresi serbest bırakılır.

Oogenez, birincil oositlerin oluşmasıyla daha doğumdan önce başlar. Her menstrual döngüde, bir birincil oosit Graaf folikülü içinde olgunlaşır. Bu, yumurtalığın foliküler fazıdır; bu fazda mayoz I ile ikincil oosit ve parçalanmış bir polar cisim oluşur. İkincil oosit mayoz II'ye başlar, ancak döllenmeye kadar onu durdurur. Daha sonra Graaf folikülü çatlar ve ikincil oosit yumurtalıktan dışarı atılır – bu süreç **ovulasyon** denir. Ovulasyon sırasında ikincil oosit yumurtalıktan serbest bırakılır. Döllenmezse oosit parçalanır. Döllenirse oosit mayoz II'yi tamamlar ve olgun yumurta hücresi ile ikinci polar cisim oluşur.

Ovulasyondan sonra ovarial döngünün ikinci evresi başlar; buna luteal faz ya da sarı cisim fazı denir. Graaf folikülünün kalıntılarından önce *hemorajik cisim*, ardından *sarı cisim* oluşur; bu yapı progesteron ve östrojen



hormonları salgılar. Yumurta hücresi döllenmezse sarı cisim geriler ve *beyaz cisim* adı verilen bağ dokuya dönüşür. Döllenme ve gebelik gerçekleşirse sarı cisim işlevini sürdürür ve dördüncü aya kadar progesteron salgılar; daha sonra bu görevi, progesteron ve östrojen hormonları salgılayarak gebeliği destekleyen plasenta üstlenir.

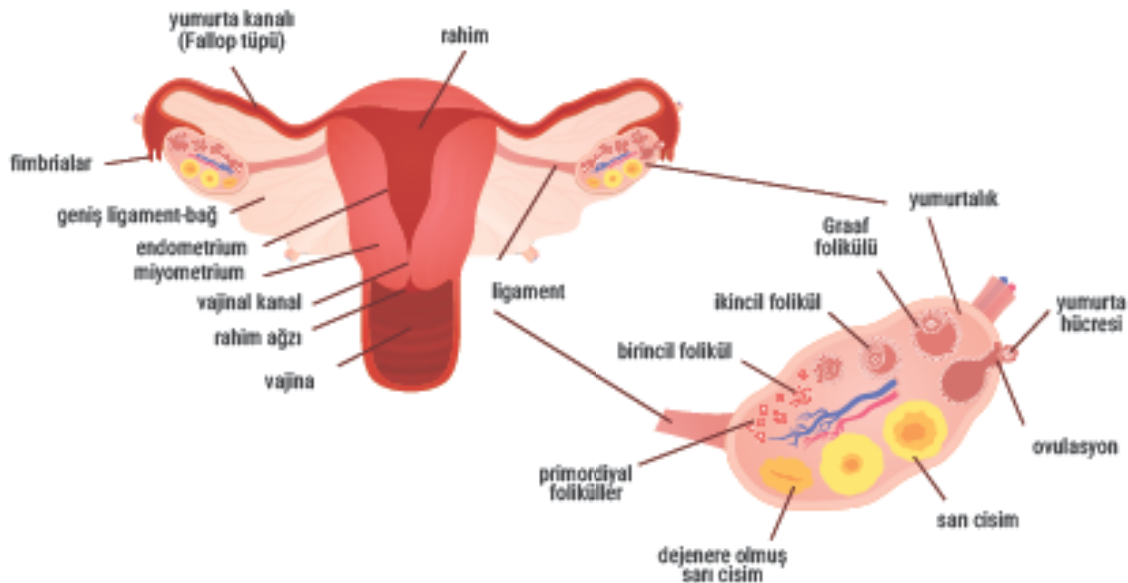
Ekzokrin işlevinin yanı sıra yumurtalıkların endokrin işlevi de vardır. Onlardan iki tür eşey hormonu salgılanır: östrojenler ve progesteron.

- Östrojen hormonları arasında en önemlisi *estradioldür*; sekonder eşey özelliklerinin gelişimini ve kadın eşey organlarının büyüme ve gelişimini uyarır. Östrojenler süt bezlerinin gelişimini de uyarır.
- Progesteronun en önemli işlevi, rahmin endometriumunda sekretör değişiklikleri uyarmak ve onu olası döllenmiş yumurta hücresini kabul etmeye hazırlamaktır.

Ek kadın üreme organları yumurta kanalları ile başlar. **Yumurta kanalları**, yumurta hücrelerinin yumurtalıktan rahme taşındığı kanallardır. Bunlara *Fallop tüpleri* de denir ve yaklaşık 12,5 cm uzunluğundadır. Yumurta kanalları yumurtalıklarla doğrudan bağlantılı değildir; yumurta hücresi, yumurta kanalının kenarlarındaki küçük saçaklı yapılar olan *fimbrialar* yardımıyla ve pelvis boşluğundaki sıvının yardımıyla kanala girer. Yumurta hücresi kendi başına hareket edemez; bu nedenle rahme doğru hareketi, iç tabakadaki sillerin ve yumurta kanalının kaslı duvarındaki dalgali kasılmaların etkisine bağlıdır. Yolculuk yaklaşık 5 gün sürer.

Rahim, fetüsün geliştiği, yaklaşık 7,5 cm uzunluğunda, 5 cm genişliğinde ve 2,5 cm derinliğinde, armut biçimli kaslı bir organdır. Üst bölümünde yumurta kanallarıyla bağlantılıdır; alt bölümünde ise vajinaya (hazne) devam eder. Daha geniş ve üst bölüm rahim gövdesi, daha alt ve dar bölüm ise rahim ağzı (serviks) olarak adlandırılır. Rahmin iç boşluğu, menstrüasyon sırasında değişen endometrium ile döşelidir. Rahim, her iki yandan *geniş bağlarla* pelvisin yan duvarlarına tutunmuştur ve gebelik sırasında genişleyebilir.

Vajina, rahmi dış ortamla bağlayan, yaklaşık 7,5 cm uzunluğunda kaslı bir kanaldır. Üst bölümüne rahim ağzı girer, içteki mukozal salgı tabakası ise örneğin doğum sırasında önemli ölçüde genişlemeyi sağlar.



Dişi üreme sistemi ve yumurta hücresinin gelişimi

Vajina, cinsel ilişki sırasında penisi kabul eder. Vajinal açıklığın yakınında, ilk cinsel ilişki sırasında yırtılan *himen* adı verilen bir zar bulunur. İki yanında, vajinal kanalın kayganlaştırılması için salgı salgılayan bezler yer alır.

Kadın üreme sisteminin dış bölümleri, **vulva** denilen yapıyı oluşturur; buna iki çift *vajinal dudak (labiumlar)*, *klitoris* ve diğer yapılar dâhildir. Dış eşey organları ile anüs arasındaki bölüm, hem kadın hem de erkek cinsiyette perineum olarak adlandırılır.



Kadın üreme sisteminin dış organları

MENSTRUAL DÖNGÜ

Dişilerde, erkek bireylerde olduğu gibi, üreme işlevi hipofiz hormonları tarafından kontrol edilir; onların etkinliği ise hipotalamus tarafından denetlenir. Kadında, erkekte farklı olarak, her menstrual döngüde tekrarlanan hormon düzeyi değişiklikleri görülür. Ortalama menstrual döngü yaklaşık 28 gün sürer (21 ile 35 gün arasında değişebilir). Döngü sırasında uterusun endometriumu üç evreden geçer: folikül evresi (proliferatif), salgı evresi (sekretor) ve menstrüasyon evresi.

1. Folikül evresi (proliferatif-östrojenik) (döngünün yaklaşık 5. gününden 14. gününe kadar)

Bu evrede, FSH etkisi altında yumurtalıklardaki foliküller olgunlaşır ve östrojen salgılar. Endometrium kalınlaşır ve olası bir gebeliğe rahmi hazırlamak amacıyla büyür. Ovulasyondan sonra kalınlaşma durur.

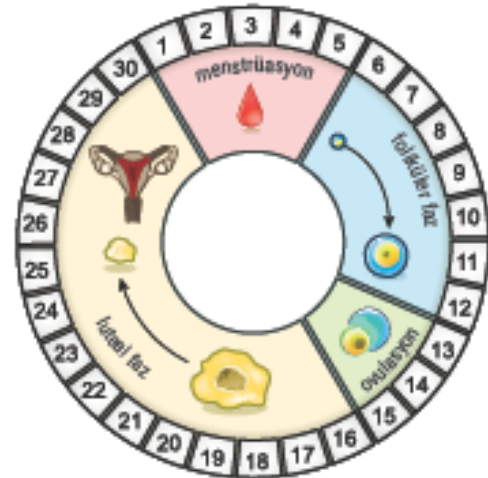
2. Salgı evresi (sekreter- progestasyonel) (döngünün yaklaşık 15. gününden 28. gününe kadar)

Bu faz ovulasyondan sonra başlar. Yumurtalıklarda san cisim, büyük miktarda progesteron ve daha az miktarda östrojen hormonları salgılar. Bu hormonlar, özellikle de progesteron, endometriumun büyümesinin devam etmesini sağlar; böylece olası döllenmiş yumurta hücresinin yerleşmesi ve embriyonun gelişimi için başlangıç besininin sağlanması için koşullar oluşur.

3. Menstrüasyon (yumurta hücresinin döllenmesi gerçekleşmezse)

Bu evrede hormon düzeyleri düşer, endometrium parçalanır ve kanla birlikte vücuttan dışarı atılır. Normal bir menstrüasyon sırasında yaklaşık 35 mL kan kaybedilir; buna yaklaşık 35 mL sıvı daha karışır. Menstrual kan genellikle pıhtılaşmış değildir; her zaman sıvıdır. Menstrüasyonun başlangıcından 3 ila 7 gün sonra (ortalama yaklaşık 4 gün sonra) kanama durur; çünkü bu süre içinde rahmin endometriumu yeni epitel ile yenilenmiştir.

Farklı bireyler menstrüasyonu (adet görmeyi) farklı biçimde yaşar; buna rağmen menstrüasyon tamamen doğal bir fizyolojik süreçtir. İlk adet hâlsizlik hissi, ağrılar ve daha fazla kan kaybı ile birlikte görülmesi sık rastlanan bir durumdur. Menstrüasyonun adet görme bir hastalık (*patolojik durum*) değil, cinsel olgunluğa ulaşıldıktan sonra görülen tamamen normal bir fizyolojik olay olduğu bilinmelidir. Tam da bu nedenle, menstrüasyon sırasında olağan biçimde yaşanmalıdır. Bununla birlikte, uzun süre yürümekten, zıplamaktan, ağır nesneler kaldırmaktan kaçınılmalı; bu dönemde üşütme olasılığından sakınılmalıdır vb. Menstrüasyon sırasında hijyene özellikle dikkat edilmelidir.



Menstrual döngünün şematik gösterimi

KADIN ÜREME SİSTEMİ ORGANLARININ KONTROLÜ

Yumurtalıkların endokrin etkinliği, testislerde olduğu gibi, hipotalamus – hipofiz sistemi aracılığıyla negatif geri bildirim ile düzenlenir. Hipotalamus, hipofizi FSH ve LH salgılaması için uyaran gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) üretir. Bu hormonlar (gonadostimülinler olarak da adlandırılır), yumurtalıkları Graaf folikülünün büyüme ve gelişimini ve oositlerin olgunlaşmasını uyarmaya yönelir. Folikülün olgunlaşması, endometriumu olası bir gebeliğe hazırlayan östrojenlerin salgılanmasını uyarır. Döngünün ortasında, FSH, LH ve östrojenlerin yüksek düzeyleri ovulasyonu uyarır. Folikülün kalıntıları, progesteron salgılayan sarı cisim oluşturur. Onun olgunlaşması ve etkinliği üzerinde kandaki yüksek LH konsantrasyonu önemli etkiye sahiptir. Döllenme gerçekleşmezse sarı cisim geriler ve beyaz cisim dönüşür; hormon düzeyi azalır ve bu durum menstrüasyonu başlatır.

Ergenlik, eşeyssel olgunluğun ve eşeyssel yaşamın başlangıç dönemidir; **adet kanaması** ise ilk menstrüasyondur. Puberte, hipofizin ön bölümünden gonadostimüle edici hormonların salgılanmasının artması sonucunda ortaya çıkar. Bu artış kademelidir: yaklaşık 8. yaşta başlar ve 11–13 yaşları arasında en yüksek düzeye ulaşır; bu dönemde ilk menstrüasyon da görülür.

Menopoz ya da **klimakterium**, kadının yaşamında menstrual döngünün (menstrüasyonun) durduğu dönemi ifade eder. Bu genellikle 45 ile 55 yaş arasında gerçekleşir. Menopozun ortaya çıkmasının nedeni, yumurtalıkların işlevinin azalması ya da durmasıdır. Bu dönemde rahim, yumurta kanalları, vajina ve vulva düzeyinde de bir tür atrofik değişiklikler meydana gelir.

Menopoz normal bir durum olarak kabul edilse de, eşey hormonlarının azalması ya da yokluğu çoğu zaman önemli psikolojik ve fizyolojik değişikliklere neden olur. Bunlardan bazıları şunlardır: artmış huzursuzluk, sinirlilik ortaya çıkması, sıcak basması ("sıcaklık ve kızarıklık"), kısa süreli baş dönmesi, psikolojik olarak nefes darlığı hissi, yorgunluk vb.

Etkinlik

Yaşam Yolculuğunda Rehberlik

3–4 öğrencilik gruplara ayrılın. Yapay zekâ yardımıyla, spermatozoidin ve yumurta hücresinin döllenmeye kadar geçtiği yolu yeniden oluşturun. Neden çok sayıda spermatozoit üretildiğini ve bunun başarılı döllenme açısından ne anlam taşıdığını araştırın. YZ'den alınan yanıtları ders kitabındaki bilgilerle karşılaştırın.

Tekrar Soruları

1. Dişi bireylerde birincil eşey organları hangileridir ve temel işlevleri nedir?
2. Kadında iki yardımcı eşey organı belirtiniz ve onların rolünü açıkla.
3. Östrojen ve progesteron menstrual döngüye nasıl katılır?
4. Dişilerde mayozun erkeklerdeki göre farkı nedir?
5. Ovulasyondan sonra yumurta hücresi nasıl ve nerede hareket eder?

İlginç biyoloji

- Yumurtalıklar, yalnızca rahmi gebeliğe hazırlamakla kalmayan, aynı zamanda vücut sıcaklığını da etkileyen östrojen ve progesteron salgılar. Ovulasyon sırasında kadının vücut sıcaklığı yaklaşık 0,3–0,5 °C artar; bu, progesteronun artık etki göstermekte olduğunu bir işarettir.

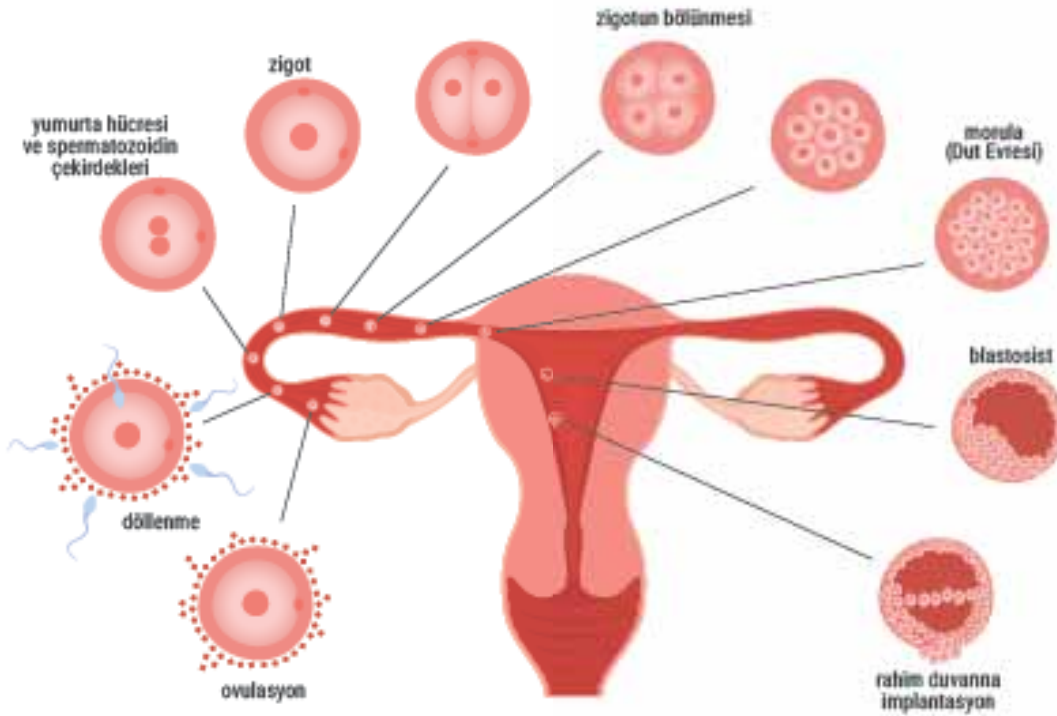
2.20 Döllenme, Gebelik ve Embriyonal Gelişim

Hatırla!

- Yumurta hücrelerinde ve spermatozoitlerde kaçar kromozom bulunur? Bu neden önemlidir?
- Gebelik nedir ve insanda ne kadar sürer?
- Spermatozoitlerin ve yumurta hücrelerinin hareketliliği farklıdır. Bu neye bağlıdır?

DÖLLENME

Cinsel temas sırasında, boşalma esnasında, dişi bireyin vajinasına çok sayıda spermatozoit bırakılır. Spermatozoitler kadın üreme kanalında 3 ila 5 gün yaşayabilir; ancak yumurta hücresi yalnızca yaklaşık bir günlük dar bir zaman aralığında döllenmeye yeteneklidir. Spermatozoitler kadın organizmasına girdikten sonra rahim ağzı, rahim ve yumurta kanalları boyunca bir yolculuğa başlar. Bu yol sırasında örtülerinin bir bölümünü kaybeder ve döllenmeye yetenekli hâle gelirler. Yumurta hücresine ulaştıklarında, spermatozoitler önce onun koruyucu örtüsünü delmek zorundadır. Bunu yalnızca bir spermatozoit başarır. Spermatozoit yumurta hücresine girdiğinde, yumurta hücresi ikinci mayoz bölünmeyi tamamlamak ve spermatozoidin genetik materyaliyle birleşmeye hazır ikincil oosit hâline gelmek üzere etkinleşir.



Ovulasyon, döllenme ve implantasyonun şematik gösterimi

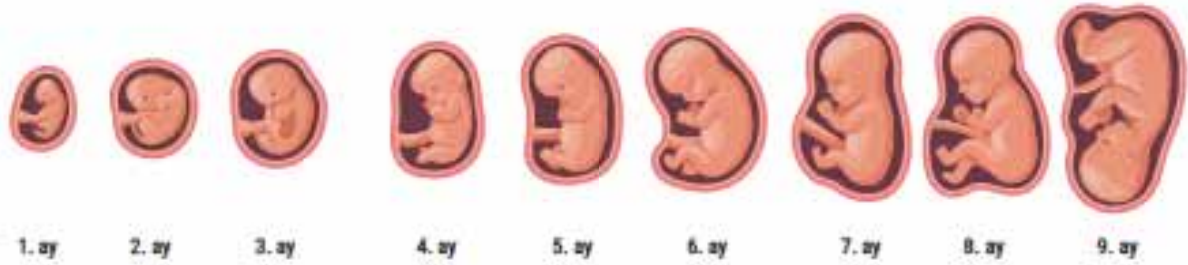
Genetik materyalin iki hücreden birleşmesinden sonra **zigot** oluşur – diploid genetik materyale (46 kromozom) sahip bir hücre. Zigot, yeni organizmanın ilk hücresidir; bölünmeye başlar ve yumurta kanalı boyunca yavaş yavaş rahme doğru ilerler. Yumurta kanalı boyunca hareket ederken zigot, hücre sayısını sürekli artırır. Yalnızca 3–4 mitotik bölünmeden sonra morula adı verilen kompakt, küresel bir yapı oluşur. Daha sonra iç kısmında bir boşluk meydana gelir ve blastosist oluşur (döllenen yaklaşık 5–7 gün sonra). Blastosist, rahmin rahim duvarına tutunur; böylece **gebelik** başlar. Sonraki dönemde temel vücut tabakalarının ve organ taslaklarının oluşumu başlar; bu da embriyonal gelişimin başlangıcını gösterir.

EMBRİYONAL (RAHİM İÇİ) GELİŞİM

İnsanda intrauterin gelişim, yaklaşık 40 hafta (280 gün) süren karmaşık bir süreçtir ve iki evreye ayrılır: embriyonal ve fetal dönem. Doğru gelişim için, embriyo ile birlikte oluşan ve onu göbek kordonu aracılığıyla annenin kanına bağlayan plasenta kilit bir role sahiptir. Böylece fetüs besin maddelerini alır ve atık ürünlerden kurtulur.

Embriyonal dönemde bütün temel organlar ve sistemler oluşmaya başlar (*organogenez*). Sekizinci haftanın sonuna kadar embriyoda ilkel kalp, böbrekler, karaciğer, ekstremiteler ve beyin ile omuriliğin başlangıcı olan nöral tüp bulunur. Bu evrede gelişim hızlı ve belirgindir; ancak embriyo hâlâ küçüktür (yaklaşık 3 cm).

Dokuzuncu haftadan itibaren fetal dönem başlar ve embriyo **fetüs** olarak adlandırılır. Organlar artık biçimlenmiştir ve olgunlaşmaya devam eder. Fetüs, onu koruyan ve serbest hareket etmesini sağlayan su kesesi içinde (amniyon sıvısı) bulunur. Bu dönem boyunca kas sistemi, beyin ve kalp gelişir; hareketler



BİRİNCİ TRİMESTER

İKİNCİ TRİMESTER

ÜÇÜNCÜ TRİMESTER

Fetüsün anne rahmindeki gelişimi ve konumu

ve refleksler ortaya çıkar; vücut yağ dokusu depolamaya başlar. Gebeliğin sonuna gelindiğinde fetüs, rahim dışında yaşama hazır, tamamen biçimlenmiş bir insan varlığıdır.

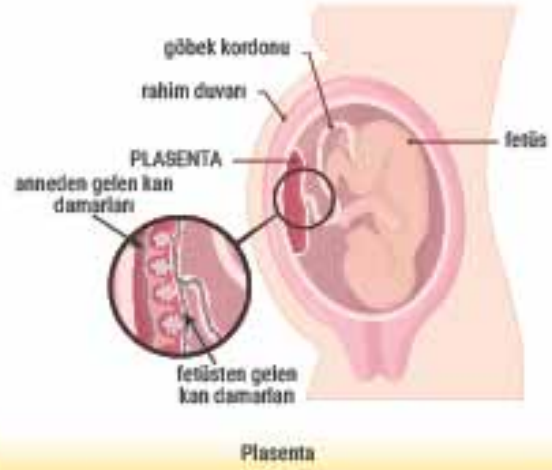
Plasenta, e yumurta hücresinin rahme implantasyonundan hemen sonra gelişen geçici, ancak son derece önemli bir organdır. Anne organizması ile fetüs arasındaki bağlantıdır; besin maddelerinin, oksijenin ve atık ürünlerin alışverişini sağlar. Plasantada yoğun dallanmış bir kan damarı sistemi gelişir; bu sırada fetal kan ile anne kanı hiçbir zaman doğrudan karışmaz, madde alışverişisi ise ince bir zar aracılığıyla gerçekleşir.

Plasentanın endokrin rolü de vardır. Gebeliğin sürdürülmesi, süt bezlerinin gelişmesi ve yeni bir ovulasyonun önlenmesi için gerekli hormonları oluşturur. Bunun yanı sıra plasenta koruyucu bir bariyer gibi işlev görür; ancak bazı zararlı maddeler (alkol, nikotin, belirli ilaçlar gibi) onu geçebilir ve fetüs üzerinde etkili olabilir.

Doğum sırasında plasenta da annenin vücudundan dışarı atılır; çünkü artık onun işlevine gerek kalmamıştır. Bu nedenle plasenta geçici organ olarak tanımlanır.

Doğumdan hemen önce progesteron salgılanması ani biçimde azalır. Aynı zamanda hipofizin arka bölümünden oksitosin salgılanması artar; oksitosin rahim duvarı üzerine etki ederek doğum kasılmalarına neden olur. Böyle bir kasılma sırasında doğum gerçekleşir.

Normal gebelik doğal ve fizyolojik bir olaydır; bu nedenle anne, neredeyse alışılmış yaşam biçimine göre yaşayabilir. Bununla birlikte, ağır nesneler kaldırmaktan, zıplamaktan ve aşırı fiziksel ya da psikolojik zorlanmadan kaçınılmalıdır. Gebelik sırasında anne vücudu belirli değişiklikler geçirir; kalp daha yoğun çalışır, akciğerler daha fazla oksijen sağlar, böbrekler daha etkin olur ve besin gereksinimi artar. Fetüsün doğru gelişimi için anne alkol ve sigaradan uzak durmalı, ölçülü fiziksel aktivite yapmalı ve temiz havada yürüyüşler gerçekleştirmelidir.



LAKTASYON

Ergenlik dönemine kadar süt bezlerinin gelişimi tamamlanmamıştır. Ergenlik sırasında hormonlar, süt kanalcıklarının uzamasını ve dallanmasını uyarır; doku kan ve yağ dokusu bakımından zenginleşir. Bu durum memelerin büyümesine ve meme uçlarının çevresindeki bölgenin koyulaşmasına yol açar. Gebelik sırasında süt kanalları daha da gelişir, süt üreten hücreler (laktositler) oluşur.

Doğumdan sonra oluşan süt, meme ucunda birleşen süt kanalları boyunca iletilir. Sütün süt bezlerinden salgılandığı dönem laktasyon dönemi olarak adlandırılır. Sütün salgılanması ve dışarı akması, süt kanalcıklarında kasılmalara neden olan oksitosin tarafından desteklenir; oksitosin salgısı, emzirme sırasında meme uçlarının uyarılmasıyla artar.

POSTEMBRYONAL GELİŞİM

Doğumla birlikte bebek bağımsız yaşama başlar; doğumdan sonraki büyüme ve gelişme dönemine **postembriyonal gelişim** denir. Annesinden ayrılmış olsa da bebek, ilk aylarda tamamen onun bakımına bağımlıdır. Bu dönem, doğru büyüme ve gelişme için özellikle önemlidir ve uygun bakım, hijyen ve beslenme gerektirir; böylece hastalık riski azalır. İlk aylarda bebek, gerekli bütün besin maddelerini sağlayan anne sütüyle beslenir.

İlk dişler çoğunlukla beşinci ile altıncı ay arasında çıkar; sekizinci aydan sonra çocuk ayakta durma ve yürüme girişimleri gösterir. Yaklaşık bir yaş civarında, çoğu çocuk ilk adımlarını atar. İlk yıl içinde çocuk, bulaşıcı hastalıklardan korunmak için aşılar alır. Birinci yıldan dördüncü yıla kadar çocuk hareketlerinde daha güvenli hâle gelir, konuşmayı ve oyuna ilgiyi geliştirir. Bu dönemde ve sonraki süreçte çocuğa kişisel hijyen, düzen ve sağlıklı alışkanlıkların öğretilmesi önemlidir.

Okula gitmek, çocuğun önceden kazandığı alışkanlıkları geliştirmesine, ayrıca ilerideki büyüme ve gelişimi için önemli olan yeni bilgiler, beceriler ve yetkinlikler kazanmasına olanak sağlar. Çocuk puberteye hazırlıklı girmelidir; yani bu dönemin ne olduğunu ve neden olduğunu bilmelidir. Çünkü ortaya çıktığını ve ne tür değişiklikler getirdiğini bilmelidir. Puberte döneminde ilk hoşlanmalar ve duygusal ilişkiler de

görülür; bu, gelişimin normal bir parçasıdır. Bu dönemin hassasiyeti nedeniyle gençlerin doğru psikolojik gelişim için anlayışa, desteğe ve olumlu bir çevreye gereksinimi vardır.

Adolesansın sona ermesinden sonra, genellikle ergenlik yıllarının sonuna doğru, fiziksel ve psikolojik olgunluk arasında daha büyük bir uyum ortaya çıkar. Yetişkin bireyler daha bağımsız hâle gelir ve aile kurmak da dâhil olmak üzere sorumluluk üstlenebilecek duruma gelirler. Sağlıklı bir gebelik ve yavrunun doğru gelişimi için, gelecekteki ebeveynlerin fiziksel ve psikolojik olarak olgun olmaları ve uygun yaşam koşullarına sahip bulunmaları önemlidir.

Evlilik için olgunluk, aile planlamasına karşı sorumlu bir tutumu, yani çocuk sayısı konusunda özgür ve bilinçli bir seçimi de gerektirir. Aile planlaması; ailenin sağlığı, gelişimi ve refahı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Aile, evliliğe dayanan; eşitliğin, karşılıklı saygının ve çocuklara yönelik bakımın egemen olduğu toplumsal bir birliktir. Ailenin rolü, neslin oluşturulması ve yetiştirilmesi, biyolojik ve duygusal gereksinimlerin karşılanması, eğitim verilmesi ve yaşam koşullarının sağlanmasıdır. Psikolojik sağlık ve aile içindeki uyum, çocuğun doğru gelişimi için büyük önem taşır. Ebeveynler davranışlarıyla çocuklara örnek olur; olumlu aile ortamı ise sağlıklı sosyal ve duygusal olgunlaşmaya katkıda bulunur.

Etkinlik

Doğal Döllenmeye Karşı Laboratuvar Döllenmesi

Küçük ekipler hâlinde, yeni yaşamın başlangıcına giden iki yolu araştırın – doğanın gerçekleştirdiği süreç ile modern tıbbın in vitro döllenme (IVF) yöntemiyle sağladığı süreç arasındaki farkları yazın. Hücrelerin nerede karşılaştığına, embriyonun büyüme koşullarını kimin kontrol ettiğine ve embriyonun nerede büyüdüğüne odaklanın.

Hangi durumlarda çiftlerin ebeveyn olmalarına yardımcı olmak için tıbbi müdahalenin gerekli olduğunu tartışın.

Tekrar Soruları

1. İnsanda döllenme nasıl gerçekleşir ve bu süreç en sık nerede olur?
2. Progesteron gebeliğin sürdürülmesine nasıl katılır?
3. Plasenta nedir, nasıl oluşur, işlevi nedir ve nasıl atılır?
4. Doğum sürecini hangi hormon uyarır?

İlginç biyoloji

- Döllenme sırasında çoğunlukla bir yumurta hücresi ile bir spermatozoit birleşir; ancak bazen ikizler ya da daha fazla bebek oluşabilir. Tek yumurta (identik) ikizleri, bir zigotun daha sonra iki ya da daha fazla embriyoya ayrılmasıyla oluşur (bu son derece nadir bir durumdur); bu nedenle aynı genlere ve aynı cinsiyete sahiptirler. Çift yumurta ikizleri, aynı döngüde iki yumurta hücresi serbest bırakıldığında ve her biri farklı bir spermatozoitle döllenildiğinde oluşur; bunlar farklı cinsiyette olabilir ve genetik olarak özdeş değildir. Üç ya da daha fazla yumurta hücresi döllenildiğinde veya zigot birden fazla kez ayrıldığında üçüzler ya da çoğul gebelik oluşabilir.

2.21 Üreme Sisteminin Sağlığının Korunması

Hatırla!

- Cinsel yolla bulaşan hastalıklar nedir?
- Gebelik nasıl oluşur? Menstrual döngünün hangi günlerinde gebelik oluşabilir?
- Gebeliği önleme (kontrasepsiyon) nedir? Gebeliği önleyici (kontraseptif önlemlerden) yöntemlerden hangilerini biliyorsun

Üreme organları ile boşaltım organları birbiriyle bağlantılıdır. Böbreklerde oluşan idrar, idrar kanalı aracılığıyla vücuttan dışarı atılır. Erkeklerde bu kanal penisin içinden geçer ve aynı kanaldan meni sıvısı da dışarı atılır. Kadınlarda idrar kanalı ayrı olup vajinadan bağımsızdır; ancak bu iki kanalın açıklıkları birbirine yakındır. Bu nedenle üreme kanallarının açıklıkları, çok sık olarak çeşitli olası enfeksiyonların görülebileceği yerlerdir.

Üreme organlarında enfeksiyonların ortaya çıkmasını önlemek için kadınlarda menstrual döngü sırasında hijyenin korunmasına özellikle dikkat edilmelidir. Düzenli hijyenin sürdürülmesinin yanı sıra, kişisel hijyen için kişinin kendi araç gereçlerini ve kendi giysilerini kullanmasına da dikkat edilmelidir.

Üreme sağlığı, her insanın genel sağlığının önemli bir bölümünü oluşturur. Birçok genç, gebeliğin ve cinsel enfeksiyonların tek bir korunmasız cinsel temasla bile ortaya çıkabileceğinin farkında değildir. Ovulasyon, menstrual döngü ve doğurganlık hakkında yetersiz bilgi, çoğu zaman psikolojik, sağlıkla ilgili ve sosyal sonuçlara yol açabilecek plansız gebeliklere neden olur. Kondom, hormonal tabletler ya da diğer korunma biçimleri gibi kontraseptif yöntemlerin doğru kullanımı, gençlerin sorumlu kararlar almalarına ve yaşamlarını planlamalarına yardımcı olur. Aile planlaması yalnızca ne zaman çocuk sahibi olunacağına ilişkin bir seçim değildir; aynı zamanda sorumlu ebeveynliğe ve yeni bir yaşamın büyümesi için kararlı bir ortama hazırlık anlamına gelir.

MENSTRUAL DÖNGÜDE BOZUKLUKLAR

Normal menstrual döngünün bozulmasına yol açabilecek çeşitli nedenler vardır. En yaygın nedenler şunlardır: üreme hormonlarının salgılanmasında bozukluk, üreme organlarının doğuştan gelen anormallikleri, çeşitli tıbbi tedaviler, psikolojik faktörler, iklim ve yükseklik değişiklikleri, ayrıca daha birçok neden.

Menstrual döngünün olmaması amenore olarak bilinir. Bu durum, üreme hormonlarının yetersiz salgılanması ya da üreme organlarının doğuştan gelen (*konjenital*) anormalliğinin sonucu olabilir. Amenorenin ortaya çıkmasının nedeni sık stresler ve diğer psikolojik faktörler de olabilir. Amenore, normal fizyolojik bir olay olarak menopozda ve gebelik sırasında görülür.

Menstrual döngüdeki bir başka bozukluk dismenorenin ortaya çıkmasıdır. Dismenore, ağrılı ya da güçleşmiş menstrüasyon anlamına gelir. Daha sık genç kadınlarda görülür; ortaya çıkmasının nedeni rahmin yeterince olgunlaşmamış olması da olabilir.

Bazı kadınlarda rahimden artmış (anormal) kanama görülen durumlar bilinmektedir; yani aşırı menstrual kanamalar, çok sık menstrüasyon ve menstrüasyon dışı kanama ortaya çıkabilir.

Belirtilen durumlardan herhangi biri ciddi anemilerin ortaya çıkmasına neden olabilir; bu nedenle zamanında tedavi ve durumun izlenmesi gereklidir. Menstrüasyon dışı kanama, rahimde değişikliklerin ortaya çıktığını da gösterebilir.

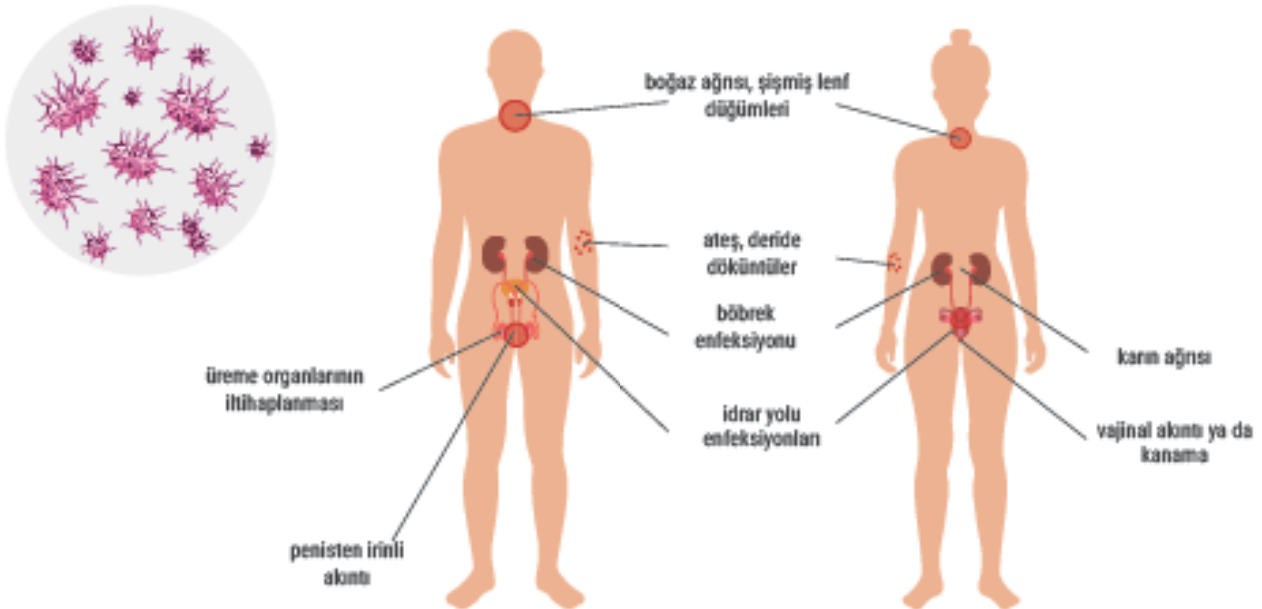
CİNSEL SAĞLIK

Sağlıklı cinsel davranış; bilinçli olmayı, bilgilendirilmiş seçimi ve kişinin kendisine ve partnerine karşı sorumluluğunu gerektirir. Bu; korunma kullanmayı, kendi bedenini tanımayı, sınırlara saygı göstermeyi, iletişimi ve riskli durumlardan kaçınmayı kapsar.

Planlanmamış gebelik riskinin yanı sıra, korunmasız cinsel ilişkiler başka ciddi bir tehlike de taşır; bunlar **cinsel yolla bulaşan hastalıklardır (CYBH)**. Bu hastalıkların birçoğu görünür belirtiler olmadan bulaşabilir; bu da düzenli muayenelerin, test yaptırmanın ve korunmanın önemini artırır.

Erkek ve kadın üreme organlarının enfeksiyonları çoğunlukla tanımadıkları kişilerle cinsel temas kuran bireylerde görülür ve farklı mikroorganizma türlerinden kaynaklanabilir. En yaygın olanlar klamidyal ve gonokok enfeksiyonlardır. Bu cinsel yolla bulaşan hastalıklar erkek bireylerde idrar kanalı yoluyla irin gelmesiyle kendini gösterir; buna özellikle idrar yapma sırasında iltihaplanma ve ağrı eşlik edebilir. Bir başka yaygın cinsel yolla bulaşan hastalık, sürekli rahatsızlık veren **genital herpes** adı verilen enfeksiyondur. Sifiliz, spiroketler grubundan bir bakterinin neden olduğu cinsel yolla bulaşan bir hastalıktır. Gonore ya da triper, bir bakterinin neden olduğu cinsel yolla bulaşan bir hastalıktır.

AIDS ya da **edinilmiş bağışıklık kaybı sendromu**, ciddi, ağır ve ölümcül bir hastalıktır. Etkeni HIV virüsüdür. Cinsel ilişkiler yoluyla bulaşır. Virüs organizmaya girdiğinde, özel bir tür beyaz kan hücresine saldırır ve bununla birlikte bağışıklığa da saldırmış olur. Böylece organizma savunmasız kalır ve bunun sonucunda çok sayıda başka enfeksiyona açık hâle gelir.



Gonore, *Neisseria gonorrhoeae* bakterisinin neden olduğu cinsel yolla bulaşan bir hastalıktır

Bu hastalıklar cinsel temaslar yoluyla bulaştığı için, partnerlerden birinin hastalanması diğer partnerin de hastalanmasına yol açar. Bu nedenle tedavi de her iki partnerde aynı zamanda yapılmalıdır. AIDS ve diğer cinsel yolla bulaşan hastalıkların yayılması, kadın kondomu da dâhil olmak üzere daha iyi kondomların üretilmesine yönelik ilgiyi artırmıştır. Cinsel ilişkiler sırasında kondom kullanımı yalnızca istenmeyen gebelikten korumakla kalmaz, aynı zamanda enfeksiyon olasılıklarını da azaltır.

GEBELİĞİ ÖNLEYİCİ YÖNTEMLER (KONTASEPSİYON)

Erken yaşta cinsel ilişkiye girilmesi, gençlerde çok sayıda sorun ortaya çıkarır. Bu nedenle istenmeyen gebeliğe karşı korunma zamanında düşünülmelidir. Korunmada en iyi sonuçlar kontraseptif araçlarla elde edilir. Gebeliğin zorunlu olarak sonlandırılması – kürtaj, kadının psikolojik ve fiziksel sağlığı için zararlıdır. Ayrıca kürtajdan sonra kadının steril (kısır) kalma olasılığı da vardır.

Kontrasepsiyon kavramı, yumurta hücresinin döllenmesini ya da onun endometriuma yerleşmesini önleyecek yapay yöntemlerin kullanılmasını ifade eder. Günümüzde birçok kontraseptif – gebeliği önleyici önlem ve yöntem bulunmaktadır. Bununla birlikte, bunlardan her birinin kullanımı uzman kişilerle danışılarak yapılmalıdır.

Gebeliği önleyici önlemler arasında, boşalmadan önce cinsel ilişkinin *kesilmesi* ya da doğurgan günlerin belirlenerek bu günlerde cinsel *temastan kaçınılması* sayılır.

Mekanik koruma (bariyer) sağlayan kontraseptif önlemler, spermatozoitlerin rahme girmesini önler. Bu tür araçlar, erkeklerin kullandığı prezervatifler (kondomlar) ya da kadınlarda kullanılan diyaframdır.

Kimyasal koruma, spermatozoitleri öldüren maddelerin kullanımına dayanan üçüncü koruma türüdür. Bu tür maddeler şunlardır: sitrik asit, laktik asit, potasyum permanganat vb. Bu koruma grubuna, cinsel ilişkiden önce vajinaya uygulanan köpükler, kremler, aerosoller ve diğer preparatlar girer. Benzer biçimde, kadınların rahmine yerleştirilen ve birkaç yıl etkili olan intrauterin araçlar (spiraller) da etki gösterir.

Hormonal kontrasepsiyon ya da halk arasında doğum kontrol hapları olarak adlandırılan yöntem, *biyolojik-hormonal koruma* grubuna girer. Bunlar kadında geçici kısırlığa ve menstrual döngüde değişikliğe neden olur. İmplant, bant vb. biçimlerde de bulunabilir.

Yapay kısırlaştırma da uygulanabilir; bununla kalıcı kısırlık oluşturulur, ancak aktif cinsel yaşam yine devam eder. Erkeklerde kısırlık, sperm kanallarının bağlanmasıyla (vazektomi), kadınlarda ise yumurta kanallarının yumurtalıkların yakınından bağlanması ya da ayrılmasıyla gerçekleştirilir.



Çeşitli kontraseptif yöntemler

CİNSEL VE ÜREME SAĞLIĞINI KORUMAK İÇİN SAĞLIKLI ALIŞKANLIKLAR

Cinsel ve üreme sağlığı, insanın genel sağlığının önemli bir bölümünü oluşturur ve fiziksel, duygusal ve sosyal iyilik hâli üzerinde önemli etkiye sahiptir. Sağlıklı alışkanlıkların adolesan dönemden itibaren kazanılması, üreme organlarının doğru gelişimine, hormonal dengein korunmasına ve uzun vadeli sonuçlara yol açabilecek birçok hastalığın önlenmesine katkı sağlar.

En temel alışkanlıklardan biri, uygun genital bölge (mahrem) hijyeninin korunmasıdır. Dış üreme organlarının ılık su ve uygun, nazik ürünlerle düzenli olarak yıkanması, enfeksiyonların ve iltihaplanmaların önlenmesine yardımcı olur. Sert sabunların ve parfümlü ürünlerin aşırı kullanımı, deri ve mukozanın doğal koruyucu ortamını bozabilir; bu nedenle bunlardan kaçınılmalıdır. Temiz, pamuklu ve rahat iç çamaşın giymek enfeksiyon riskini azaltır.

Sorumlu cinsel davranış, üreme sağlığının korunmasında temel öneme sahiptir. Cinsel ilişki sırasında kondom kullanmak en önemli koruyucu önlemlerden biridir; çünkü kondomlar yalnızca plansız gebeliği önlemekle kalmaz, cinsel yolla bulaşan hastalıkların riskini de önemli ölçüde azaltır. Cinsel yaşama başlamak; bilinçli bir kararın, karşılıklı rızanın ve güven duygusunun sonucu olmalıdır. Partnerlerin sık değiştirilmesinden kaçınmak ve kişinin kendisine ve partnerine saygılı davranması, sağlıklı cinsel davranışın önemli yönleridir.

Düzenli sağlık kontrolleri, sorunların erken saptanmasında önemli rol oynar. Kızlar, özellikle cinsel yaşama başladıktan sonra, jinekoloğa gitmelidir; erkekler ise testislerde ağrı, şişlik ya da değişiklik fark ettiklerinde tıbbi yardım almalıdır. Hem erkeklerde hem de kadınlarda kendi kendine muayene, olağandışı değişikliklerin zamanında fark edilmesine yardımcı olur.

Sağlıklı yaşam biçimi, üreme organlarının işlevini doğrudan etkiler. Vitaminler, mineraller ve proteinler bakımından zengin dengeli beslenme, düzenli fiziksel aktivite ve yeterli uyku; normal hormonal gelişime ve iyi genel sağlığa katkı sağlar. Sigara, alkol ve uyuşturucu kullanımı doğurganlık üzerinde olumsuz etkiye sahiptir ve üreme sisteminde bozukluklara yol açabilir; bu nedenle bunlardan kaçınılmalıdır.

Enfeksiyonlardan korunma da özellikle önemlidir. Aşılama, belirli kanser türlerine ve genital enfeksiyonlara karşı etkili bir önleyici önlemdir. Üriner ve genital enfeksiyonların zamanında tedavi edilmesi, bunların yayılmasını ve üreme sağlığını bozabilecek komplikasyonların ortaya çıkmasını önler.

Son olarak, cinsel sağlığa özen göstermek psikolojik olgunluk ve sorumluluk da gerektirir. Kişisel sınırlara saygı, açık iletişim, bilgilendirilmiş olma ve sorumlu kararlar alma; üreme organlarının sağlığını korumak ve gelecekteki üreme ve aile yaşamı için sağlıklı bir temel oluşturmak açısından temel öneme sahiptir.



Düzenli sağlık kontrolleri

Etkinlik

Dolu Dolu Bir Yaşam İçin Sorumlu Davranış

Ergenlerde cinsel davranış ve olası risklerle ilgili gerçek durumları analiz etmek için küçük gruplar hâlinde çalışınız. Senaryoyu okuyunuz ve olası tehlikeleri belirleyiniz (örneğin: CYBH'ye maruz kalma ya da istenmeyen gebelik riski). Bu durumda hangi kontrasepsiyon yöntemleri en etkili olurdu? Yalnızca gebelikten koruyan yöntemler ile hem gebelikten hem de enfeksiyonlardan koruyan yöntemler arasında ayırım yapınız. Dürüst iletişimin, cinsel ilişkilerin tam olgunluğa kadar ertelenmesinin ve düzenli tıbbi kontrollerin önemini vurgulayınız. Sonuçlarınızı sınıfın önünde sununuz ve en iyi önlemin bilinçlilik olduğunu özellikle belirtiniz.

Tekrar Soruları

1. En yaygın kontrasepsiyon yöntemleri hangileridir ve bariyer yöntemler hormonal yöntemlerden hangi özellikleriyle ayrılır?
2. Aile planlaması bireyin ve ailenin sağlığı için neden önemlidir?
3. En yaygın cinsel yolla bulaşan hastalıklardan bazıları hangileridir ve nasıl bulaşırlar?
4. Ergenlerde sağlıklı ve sorumlu cinsel davranış neyi ifade eder?
5. Korunma kullanımı ve bilgilendirilmiş olmak, üreme sağlığının korunmasına nasıl katkıda bulunur?

İlginç biyoloji

- Kondom kullanımı, HIV enfeksiyonlarını büyük ölçüde azaltmıştır. Kondomlar olmasaydı, hastalananların sayısı yaklaşık %160 daha fazla olurdu. Yalnızca onların doğru kullanımı sayesinde dünya genelinde milyonlarca yeni enfeksiyon önlenmiştir.

2.22 Sinir Sisteminin Yapısı ve İşlevi

Hatırla!

- Kalp hücreleri nasıl çalışır, iskelet kası hücreleri nasıl çalışır?
- Bir şey gözlerine hızla yaklaştığında neden gözlerini kırparsın?

Düşün ki sıcak bir yüzeye dokunmadan önce, ne olduğunu daha fark etmeden elin geri çekilir! Bu tür hızlı tepkiler, organizmanın çevreye sürekli olarak nasıl uyum sağladığını gösterir. Koordinasyon ve tepkiler, sinir sistemi, duyu sistemi ve endokrin sistemin birlikte çalışmasıyla sağlanır. Sinir ve duyu sistemi, bilgilerin hızlı biçimde alınmasını, işlenmesini ve iletilmesini sağlar. Beyin ve omurilik, organların çalışmasını koordine eder ve çoğu zaman otomatik olarak – refleks biçiminde – uygun bir yanıt oluşturur. Bu sistemler farklı mekanizmalar kullansalar da organizmanın korunması, zamanında tepki vermesi ve iç dengesini (homeostaz) sürdürmesi amacıyla uyum içinde çalışırlar.

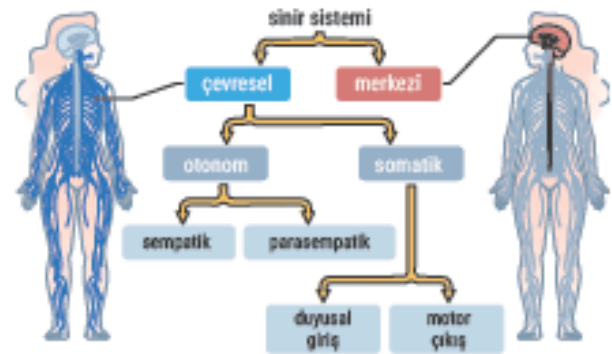
İnsan da dâhil olmak üzere bütün hayvanlarda, dış ve iç ortamdaki gelen bilgilerin alınmasını ve işlenmesini sağlayan **sinir sistemi** bulunur. Bu sistemin hücreleri, organizmada hızlı tepkileri ve çok sayıda sürecin kontrolünü mümkün kılan bir ağ oluşturur. İnsan, sinir sistemi aracılığıyla çevreyle ilişki kurar ve mekanik, ısı, ışık ve diğerleri gibi farklı uyarılara (stimulus) tepki verir. Sinir sistemi bu uyarıları alır, işler ve organlara ve sistemlere uygun komutlar gönderir. Bu şekilde organizmanın iç dengesi ve sürekli değişen çevreye kolay uyum sağlayabilmesi korunur.

Sinir sistemi anatomik olarak – yapısına göre ya da fizyolojik olarak – işlevine göre sınıflandırılabilir.

Yapısına göre **merkezi sinir sistemi (MSS)** ve **periferik (çevresel) sinir sistemi (PSS)** olarak ikiye ayrılır. **Merkezi sinir sistemi** üç katlı zarla korunan *beyin* ve *omurilikten* oluşur. **Çevresel sinir sistemi**, beyin ve omuriliğin dışında bulunan bütün sinirleri kapsar.

İşlevine göre sinir sistemi, bilincimizin kontrolü olmadan çalışan **otonom sinir sistemi (OSS)** olabilir. Bu sistem, sinir impulslarını (uyarıları) MSS'den iç organlara, bezlere ve düz kaslara iletir. Bu sistem **sempatik** ve **parasempatik sinir sistemi** olarak ikiye ayrılır. Otonom sinir sisteminin bu iki bölümü antagonistik biçimde çalışır. Otonom sinir sisteminin yanı sıra, bilincin kontrolü altında çalışan **somatik sinir sistemi** de vardır; bu sistem, iskelet kaslarının çalışmasını kontrol eden bütün sinirlerden oluşur.

Öte yandan, sinir sistemi; iç ve dış ortamdaki gelen uyarıları alan **duyusal bölümlerden** ve bu uyarılara yanıt verilmesini sağlayan **motor bölümlerden** oluşur. Beyinde bu bilgiler duyu algi, öğrenme, bellek ve duygulardan sorumlu özel bölgelerde işlenir; bunun sonucunda uygun bir yanıt oluşturulur.

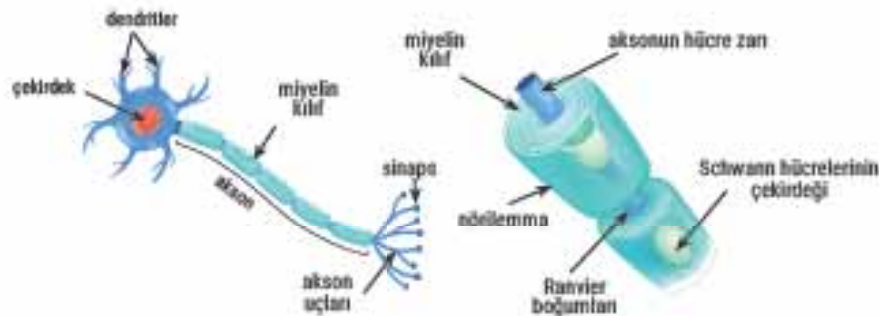


Sinir sisteminin sınıflandırılması ve karşılıklı bağlantısı

Sinir sisteminin temel yapısal ve işlevsel birimi **sinir hücresi** ya da **nörondur**. Nöronun gövdesi, bütün diğer hücreler gibi çekirdek ve diğer organelleri içerir. Ancak diğer hücrelerden farklı olarak, nöronların gövdesinde iki tür uzantı bulunur: dendritler ve aksonlar.

- **Dendritler**, nöronun kısa ve dallanmış uzantıdır; ağaç dallarına benzedikleri için bu adı almışlardır (Yunanca *dendron* – ağaç sözcüğünden). Görevleri, uyarıları almak ve sinir impulsunu sinir hücresinin gövdesine doğru iletmektir.
- **Akson** nöronun uzun uzantısıdır ve sinir impulsunu hücre gövdesinden başka bir hücreye doğru iletir. Birçok nöronda akson, yalıtıcı rolü olan ve sinir impulsunun iletimini hızlandıran *miyelin kılıf* ile sarılıdır.

Çevresel sinir sisteminde miyelin *Schwann hücreleri* oluşturur. Miyelin kılıf kesintisiz değildir, belirli yerlerde *Ranvier bağları* adı verilen kesintiler bulunur ve bunlar sinir impulslarının daha hızlı iletilmesini sağlar. Schwann hücrelerinin dış zarı, *nörilemma* adı verilen ince bir kılıf oluşturur. Bu yapı, yaralanma sonrasında bazı periferik sinirlerin yenilenmesinde önemli bir role sahiptir.



Sinir hücresinin yapısının şematik gösterimi

Merkezi sinir sistemindeki nöronların miyelin kılıfı yoktur. Nörilemma bulunmadığı için, MSS'de sinir liflerinin yenilenmesi çok sınırlıdır ve meydana gelen yaralanmalar kalıcı olarak kalır. MSS'de nöronlar arasında glia (nöroglia) olarak bilinen ayrı hücreler bulunur; bunlar MSS'nin koruyucu dokusuna aittir.

Miyelinle sarılı aksonlar *beyaz lifler* olarak adlandırılır ve MSS boyunca sinir impulslarının iletilmesine hizmet eden **beyaz maddeyi** oluşturur. Sonunda aksonlar, diğer sinir ya da kas hücreleriyle bağlantı kurdukları dallanmış, miyelinsiz uçlarla sonlanır. **Gri madde**, sinir hücrelerinin gövdelerinden ve miyelinle sarılı olmayan dendritlerinden oluşur.

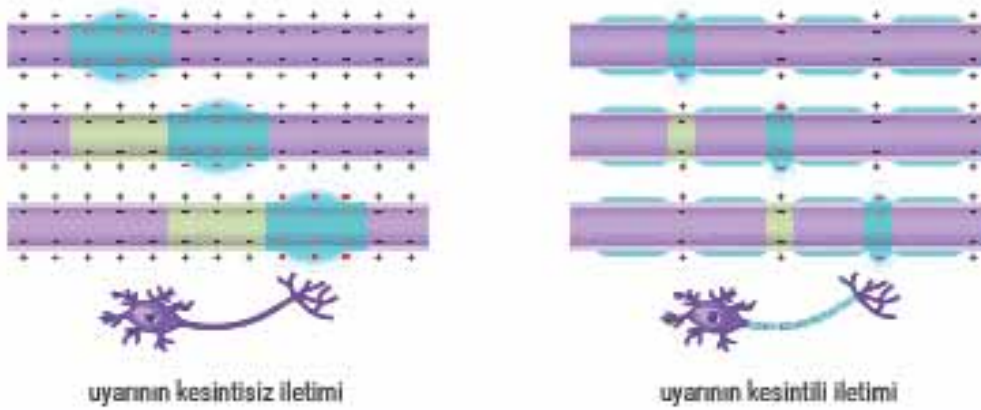
Çevresel sınır sistemindeki nöronların işlevi, çevreden sürekli bilgi almak ve bunları MSS'ye taşımak; ayrıca oradan gelen yanıtı MSS'den vücuttaki belirli organlara geri iletmektir.

SİNİR İMPULSU (UYARTI)

Dinlenme durumundaki canlı hücrelerde, hücre zarının iç ve dış tarafında iyonların konsantrasyonu farklıdır. Bu nedenle zarın iki tarafı arasında elektrik yükü farkı vardır. Yani iç taraf negatif, dış taraf ise pozitiftir. Bu yük farkına **membran potansiyeli** denir. Bu yük dağılımından dolayı dinlenme hâlindeki bir nöronun zar yapısı polarizasyon (kutuplaşma) durumundadır.

Nöron üzerine bir uyarı etki ettiğinde, zar sodyum iyonlarına geçirgen hâle gelir; bu iyonlar hücre içine girer ve elektrik yükünü değiştirir. Membran potansiyelindeki bu hızlı değişime **aksiyon potansiyeli** denir; bu sırada hücrenin içi pozitif, dışı ise negatif hâle gelir. Bu süreç depolarizasyon olarak bilinir. Uyarının sona ermesinden sonra zar, iyonların başlangıçtaki düzenini yeniden kurar; buna repolarizasyon denir. Bu süreç çok kısa sürer ve hücrenin yeniden **sinir impulsu** iletilmesini sağlar.

Miyelinli sinir lifleri, impulsları miyelinsiz liflerden çok daha hızlı iletir. Miyelinsiz liflerde impuls, bütün zar boyunca yavaş ve kesintisiz biçimde yayılır.



Sinir uyarısının oluşması ve aksiyon potansiyelinin meydana gelmesi

SİNİR İMPULSUNUN İLETİMİ - SİNAPS

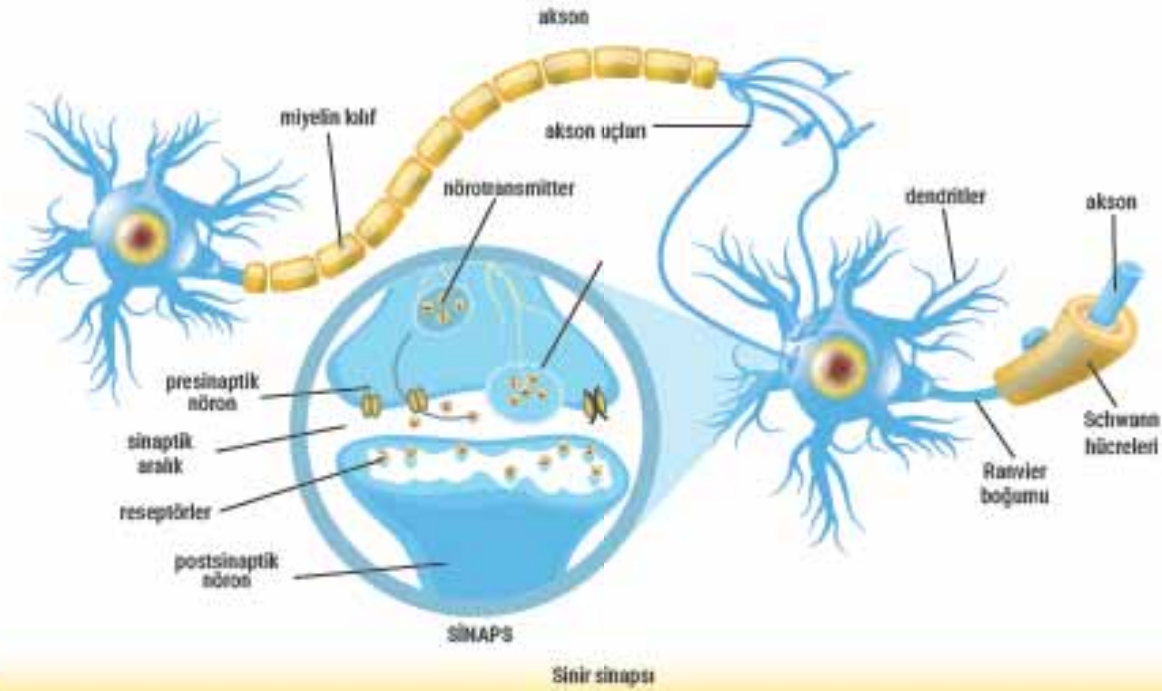
Nöronlar, aralarında doğrudan anatomik temas bulunmayan bağımsız hücrelerdir. Sinir uyarısının iletimi, **sinaps** adı verilen özel bir yer aracılığıyla gerçekleşir. Sinaps, sinir impulsunun iletiltiği iki hücre arasındaki işlevsel bağlantıdır.

Bulundukları yere göre sinapslar *periferik* (çevresel sinir sisteminde) ve *merkezî* (merkezî sinir sisteminin parçası olan) sinapslar olabilir.

Uyarının iletilme biçimine göre elektriksel ve kimyasal sinapslar olarak ayrılırlar. *Elektriksel sinapslar*da impuls, zarlar arasındaki özel bağlantılar aracılığıyla bir hücreden diğerine doğrudan ve çok hızlı biçimde iletilir. Bu tür sinapslar daha seyrek ve miyokarda ve beyin bazı bölümlerinde görülür. En yaygın olanlar *kimyasal sinapslardır*. Bunlarda akson uçlarında, nörotransmitterlerle dolu kesecikler içeren küçük kalınlaşmalar bulunur. Uyarılma sırasında bu maddeler sinaptik aralığa salınır ve sonraki (postsinaptik) hücrenin zarındaki özgül reseptörlere bağlanır. Bu şekilde sinir impulsu bir hücreden diğerine iletilir. Sinir impulsunun iletiminden sonra nörotransmitterler enzimler yardımıyla etkisiz hâle getirilir ya da parçalanır; böylece sinaps yeniden dinlenme durumuna döner.

Bilinen çok sayıda **nörotransmitterden** (100'den fazla), birkaçının özellikle önemli bir anlamı vardır; bunlar arasında *adrenalin*, *noradrenalin* ve *asetilkolin* bulunur. *Asetilkolin* (ACh), sinir hücresi ile kas hücresi arasındaki sinapslar olan nöromusküler bağlantılarda salınır. Onun etkisiyle sinir impulsunun iletimi ve kasın kontraksiyonu sağlanır.

Nöromusküler sinaps adı verilen özel bir sinaps türü, sinir hücreleri ile kas hücreleri arasındaki bağlantıdır. Bu tür sinapslar kasların kontraksiyonunu sağlar.



Sinir, merkezî sinir sisteminin dışında bulunan sinir liflerinden (aksonlardan) oluşmuş bir demettir. Merkezî sinir sisteminde bu tür demetlere **traktuslar** denir ve sinir impulslarının iletilmesine hizmet ederler. Sinir, birçok telden oluşan elektrik kablosuna benzetilebilir; burada her tel, bağ dokusuyla korunmuş bir sinir lifini temsil eder.

Bazı kranial sinirler yalnızca duysaldır (*aferent*) ve impulsları beyne doğru iletir; bazıları ise yalnızca motor sinirlerdir (*eferent*) ve impulsları beyinden organlara ve kaslara taşır. Kranial sinirlerin çoğu ve bütün omurilik sinirleri hem duysal hem de motor lifler içerir; bu nedenle karma sinirler olarak adlandırılır.

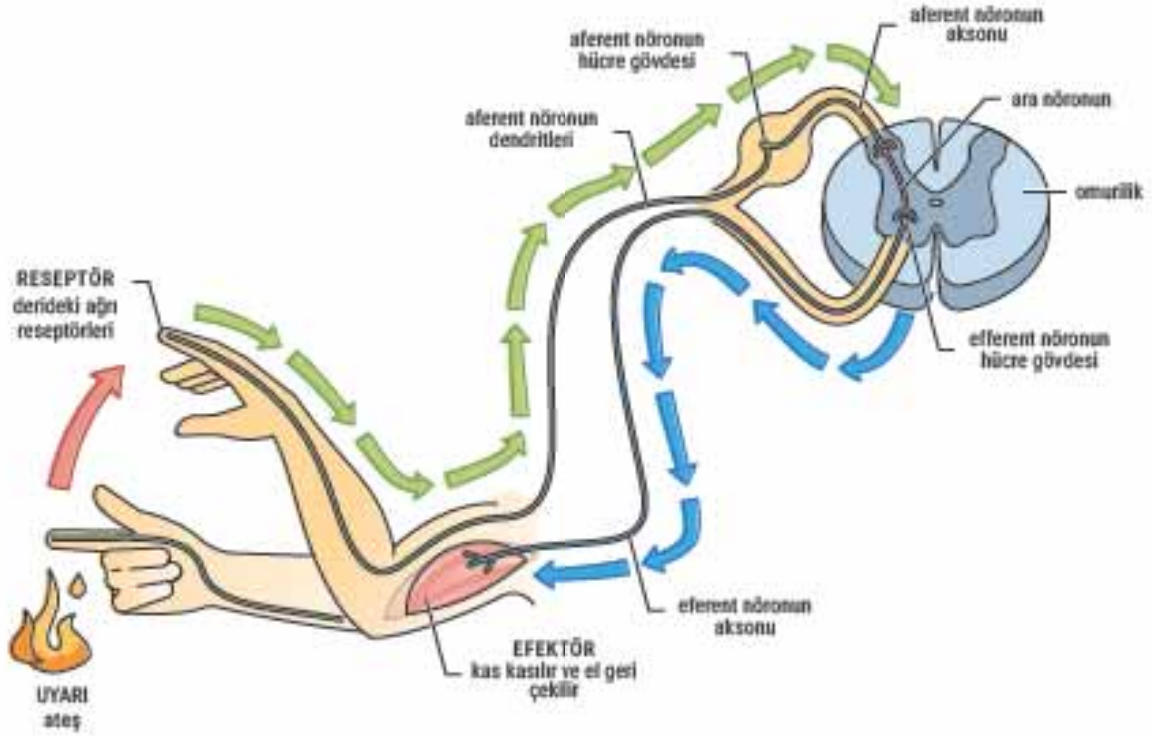


Sinirin yapısının elektrik kablosuyla benzetimi

REFLEKS YAYI

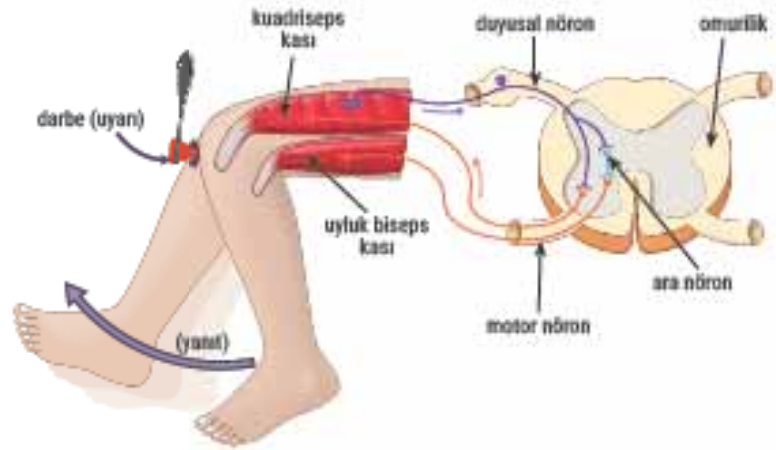
Sinir sistemi, iç ve dış ortamdaki gelen uyarıları alan, bunları işleyen ve uygun bir yanıt oluşturan dinamik bir sistem olarak işlev görür. Uyarının sinir sistemine ulaşarak bir tepkiye dönüşürken izlediği yola **refleks yayı** denir. Tipik refleks yayı şunlardan oluşur:

- Reseptör – ortamdaki gelen uyarıyı alan özelleşmiş duyu hücresi ya da dendrit ucu;
- Duyu (aferent) nöronu – sinir impulsunu merkezî sinir sistemine iletir;
- Ara nöron (merkezî nöron) – beyin ya da omurilikte bulunur ve bilgiyi işler;
- Motor (eferent) nöron – yanıtı merkezî sinir sisteminden tepki veren organa taşır;
- Efektör (tepki organı) – yanıtı alan ve tepkiyi gerçekleştiren kas ya da bez.



Refleks yayı ve onun beş işlevsel bölümü (derisel duyuşal refleks)

Bütün refleks tepkiler *doğuştan gelen (koşulsuz)* ve *kazanılmış (koşullu)* olarak ikiye ayrılır. *Doğuştan gelen refleksler* doğumdan itibaren vardır; *kazanılmış refleksler* ise yaşam boyunca oluşur. Doğuştan gelen refleksler omurilik ve büyük beyin kabuğu altında bulunan beyin bölümleri tarafından kontrol edilir. İnsanda bu tür refleks örnek olarak, basit bir refleks yayı aracılığıyla gerçekleşen patellar refleks (dize vurma refleks) verilebilir. Basit doğuştan gelen reflekslerin yanı sıra, içgüdüler adı verilen karmaşık doğuştan gelen tepkiler de vardır. Bunlar birden fazla sinir merkezini ve büyük beyin kabuğunun katılımını içerir. İçgüdüler savunma, yönelme, cinsel davranış ve beslenmeye ilgili olabilir vb.



Diz kapağı refleksinde refleks yayının şematik gösterimi

Kazanılmış (koşullu) refleksler, uyarının birçok kez tekrarlanmasıyla yaşam boyunca oluşan tepkilerdir; bir bakıma bunların varlığı uyarının tekrarlanmasına bağlıdır. Koşullu refleksler büyük beyin kabuğu tarafından kontrol edilir. Tekrarlayan uyarı ortadan kalkarsa, koşullu refleks baskılanır ve kaybolur.

Etkinlik

1. Bir Bilginin Yolu

Sinir impulsunun nörona girdiği andan başlayarak komşu hücreye iletilmesine kadar izlediği yolu şematik olarak gösterin. Şema üzerinde temel bölümleri işaretleyiniz ve bunların temel görevlerini açıklayın. Sinyalin dendritlerden aksona doğru nasıl ilerlediğini kendi sözlerinizle betimleyiniz. Sinaps bozulursa ne olur, tartışın. Düşünce hedefine ulaşır mı, yoksa bir "kısa devre" mi oluşur?

2. Hızlı Tepkinin Yolu

Küçük gruplar hâlinde, vücudun sıcak bir nesneye dokunma ya da güçlü bir ses gibi ani durumlarla nasıl başa çıktığını analiz edin. Göreviniz, şok anından vücudun kendini korumak için tepki verdiği ana kadar "mesajın yolunu" haritalandırmaktır. Bir senaryo seçiniz (sıcak nesne ya da gürültü) ve bilgiyi ilk alan reseptörü belirleyin. Sinyalin MSS'deki uygun merkeze nasıl ulaştığını açıklayın. Merkezin kasa geri çekilmesi ya da tepki vermesi için nasıl emir verdiğini açıklayınız.

Tekrar Soruları

1. Sinir sisteminin temel bölümleri nelerdir?
2. Bir nöron hangi bölümlerden oluşur ve dendritlerin, hücre gövdesinin ve aksonun görevi nedir?
3. Sinaps nedir ve sinir impulslarının nöronlar arasında ya da nöron ile kas arasında iletilmesi için neden zorunludur?
4. Refleksler nedir ve bir refleks yayı hangi bölümlerden oluşur?

İlginç biyoloji

- Sinir impulsu 120 m/s hıza kadar ulaşabilir; bu yaklaşık 430 km/h demektir – otoyoldaki bir arabadan daha hızlıdır. Bu nedenle beyin neredeyse anında tepki verir; örneğin elimizi sıcak bir cisimden çektiğimizde olduğu gibi. İmpuls son derece hızlı hareket etse de iki sinir arasındaki iletim kimyasal sinyaller aracılığıyla gerçekleşir; bu da sinir sisteminin ne kadar hassas ve kusursuz biçimde koordine edildiğini gösterir.

2.23 Merkezî Sinir Sistemi

Hatırla!

- Refleks yayı nedir? Alınan uyarı nereye iletilir?
- Şimdiye kadar başından geçen birçok şeyi çok iyi hatırlıyorsun. Neden? Bunlar nerede saklanır?
- Kafatası kutusu ve omurga kanalı nedir?

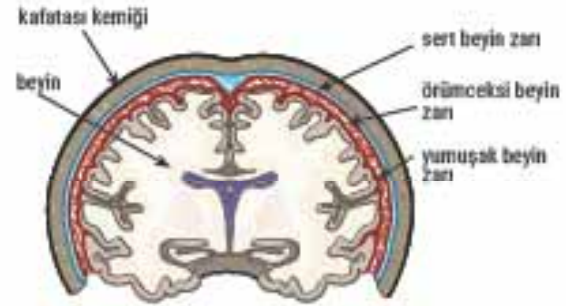
Merkezî sinir sistemi, organizmanın başlıca kontrol merkezidir ve kendi ağları içinde yoğun biçimde bağlantılı sinir hücrelerinden oluşur. Dış ortamdaki ve vücudun bütün bölümlerinden bilgi alır, bunları işler ve uygun tepki için karar verir. Düşünme, öğrenme, hareket ve yaşamsal işlevlerin sürdürülmesiyle ilgili bütün bilinçli ve bilinçsiz süreçler burada gerçekleşir. Bu şekilde merkezî sinir sistemi, organizmanın çevredeki değişikliklere uyum sağlamasını ve koordinasyonunu güvence altına alır. Merkezî sinir sistemi, omurilik ve beyinden oluşur.

Kafatası kutusundaki kemikler ve omurgadaki omurlar tarafından sağlanan korumanın yanı sıra, merkezî sinir sistemi üç zar, serebrospinal sıvı (likör) ve özel mikrogliya hücreleri ile ayrıca korunur. Bu yapılar MSS'nin koruyucu sistemini oluşturur.

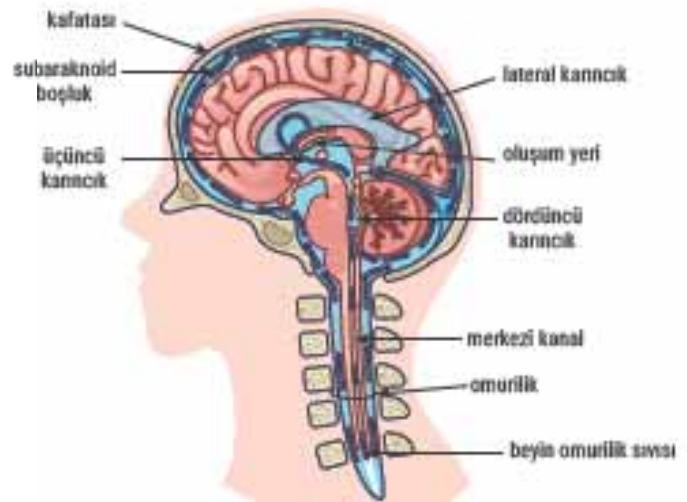
Bağ dokusundan yapılmış **üç zar (meninkler)**, beyni ve omuriliği sararak tamamen kapalı bir boşluk oluşturur. Dış zar, zarların en kalın ve en sağlam olan sert zardır. En içteki zar, beyin ve omuriliğin sinir dokusuyla bağlantılı olan yumuşak zardır; bu yapıların sınırlarını ve biçimini izler. Bu iki zar arasında, örümceksi zar adı verilen orta zar bulunur. Bu zar, ağsı liflerle yumuşak zara gevşek biçimde bağlıdır ve serebrospinal sıvının hareketi için boşluklar oluşturur.

Serebrospinal sıvı (beyin omurilik sıvısı), beyin ve omurilik içinde ve çevresinde dolaşan berrak bir sıvıdır. Temel görevi, sinir dokusunu sarsıntılardan korumak, besin maddelerini ulaştırmak ve nöronlardan atık maddeleri uzaklaştırmaktır. Beyin omurilik sıvısı sıvı, *dört beyin karıncığında* oluşturulur ve gün içinde birkaç kez yenilenir.

En büyükleri, beyin hemisferlerinde bulunan *iki lateral karıncıktır*; bunlar, ara beyni çevreleyen *üçüncü karıncık* ile bağlantılıdır. Bu karıncık, dar bir kanal aracılığıyla



Başın enine kesitinde beyin zarları



Beyin omurilik sıvısı

beyinciğin ön tarafında bulunan *dördüncü kanncığa* geçer. Buradan likör, omuriliğin merkezî kanalına devam eder.

Glia hücreleri, sinir sisteminde bulunan ve nöronların desteklenmesinde önemli rol oynayan farklı hücrelerden oluşan bir gruptur. Beyin dokusunun korunmasını ve beslenmesini sağlar, atık maddelerin uzaklaştırılmasına katılır ve besin maddelerinin alışverişine yardımcı olur.

OMURİLİK

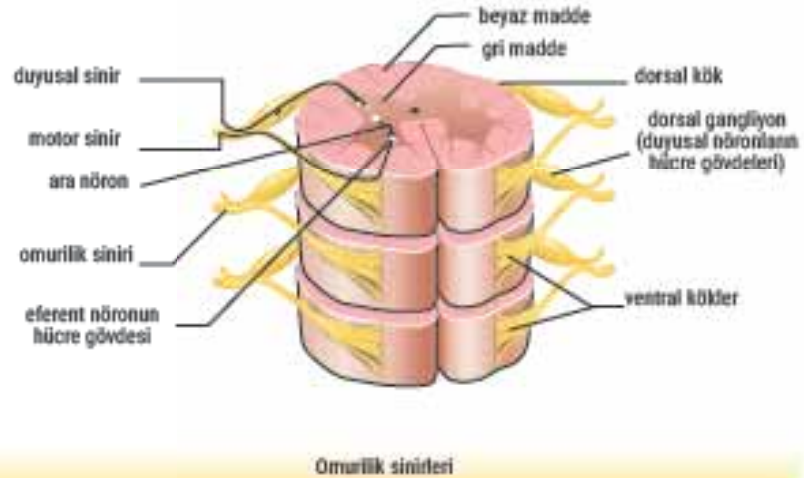
Omurilik, omurga kanalı içinde yer alır; omurga ve beyin zarlarıyla korunur. Omurilikte iki ana bölge bulunur: içte gri madde ve dışta beyaz madde. **İçteki gri madde**; nöron gövdeleri, ara nöronlar, motor nöronlar ve nöroglia hücreleri içerir. **Dıştaki beyaz madde** ise omuriliği beyinle ve vücudun diğer bölümleriyle bağlayan duysal ve motor nöron demetlerinden oluşur. Enine kesitte gri madde, H harfi biçimindedir ve iki çift boynuza sahiptir: *dorsal (arka)* ve *ventral (ön)* boynuzlar. Merkezde, serebrospinal sıvıyla dolu **merkezî kanal** bulunur. Embriyoda omurilik bütün omurga kanalını doldurur; ancak yetişkin insanda kanaldan daha kısadır ve genellikle lumbosakral bölgenin üst kısmında sona erer.

Omurilik yalnızca mesajları iletmekle kalmaz, aynı zamanda bazı refleksler için de merkezdir. Kan basıncı ve solunum gibi yaşamsal işlevlerin düzenlenmesi için merkezler de içerir; ancak bunlar yalnızca yardımcı merkezlerdir, çünkü temel kontrol merkezleri MSS'nin beyin bölümlerindedir. Omurilik, dış ortam ile organizmanın içi arasındaki bağlantıyı kurar. Böyle bir bağlantı, omurilik sinirleri aracılığıyla sağlanır.

Omurilikten 31 çift **omurilik (spinal) siniri** çıkar. Her omurilik siniri iki kökten oluşur:

impulsları omuriliğe doğru taşıyan dorsal (duysal) kök ve impulsları omurilikten kaslara ve bezlere doğru taşıyan ventral (motor) kök. Dorsal kök üzerinde, duysal nöronların hücre gövdelerinin bulunduğu omurilik gangliyonu yer alır. İki kökten gelen sinirlerin birleşmesiyle karma sinir oluşur; bu nedenle bütün omurilik sinirleri karmadır.

Omurilik sinirlerinin daha büyük ön dalları birleşerek *sinir pleksuslarını* oluşturur. En önemlileri; vücudun ilgili bölümlerini innerve eden boyun, göğüs ve bel-sakral pleksuslarıdır.



BEYİN

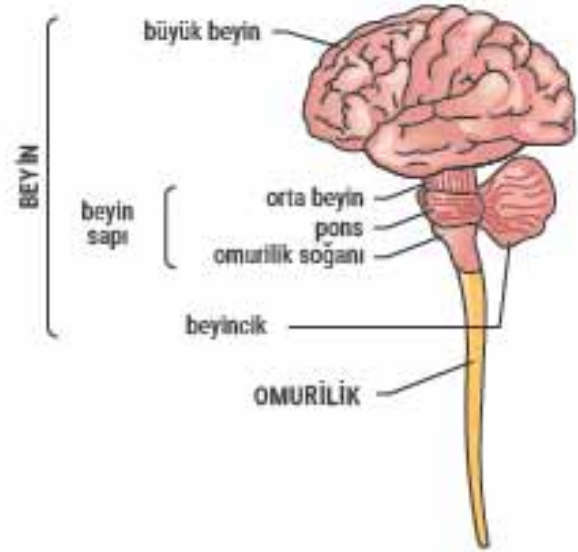
Omuriliğin devamında, kafatası içinde yer alan beyin bölümleri bulunur. Bunların tümü birbiriyle bağlantılıdır ve bir bütün olarak işlev görür; ancak yine de ayrı bölümlere ayrılabilirler: orta beyin, pons ve omurilik soğanından oluşan beyin sapı; ayrıca beyincik, ara beyin ve büyük beyin.

Beyin sapı, omurilik ile büyük beyin arasındaki bağlantıdır. Beyin sapının üst bölümünde *orta beyin* bulunur. Onun altında *pons (köprü)* ve *omurilik soğanı* yer alır. Pons, orta beyin ile omurilik soğanı arasında

bağlantı kurar; omurilik soğanı ise beyni omurilikle bağlar ve kafatası tabanındaki geniş açıklıktan geçer.

Omurilik soğanı, pons ile omurilik arasında yer alır. Burada organizmadaki yaşamsal işlevleri düzenleyen merkezler bulunur. Bunlar:

- solunum merkezi – solunum kaslarının kasılmalarını kontrol eder;
- kalp merkezi – kalbin çalışmasının düzenlenmesine yardımcı olur;
- vazomotor merkez – kan damarlarının duvarlarındaki düz kasların kasılmalarını düzenler; böylece kan akışını ve kan basıncını kontrol eder;
- koruyucu tepkilerle ilgili merkezler – öksürme, hıçkırma, kusma, gözyaşı salgılama gibi tepkileri; ayrıca tükürük ve diğer sindirim salgılarının sekresyon merkezlerini kapsar.



MSS bölümlerinin şematik gösterimi

Pons, omurilik soğanı ile orta beyin arasında, beyincığın önünde yer alır. Büyük miyelinli sinir liflerinden oluşur. Pons, beyincik ile sinir sisteminin geri kalanı arasında önemli bir bağlantıdır. Solunumun düzenlenmesi gibi belirli refleks eylemler ponsa bütünleştirilir.

Orta beyin, büyük beyin ve ara beyin altında, orta bölümde yer alır. Bir yandan MSS'nin daha yüksek merkezleri ve beyincikle sinir yolları aracılığıyla bağlantılıdır; diğer yandan MSS'nin daha alt merkezleri, pons, omurilik soğanı ve omurilikle de bağlantılıdır. İç kulaktan gelen impulslar buraya ulaşır ve vücut duruşunun ve kas tonusunun düzenlenmesine katılır.

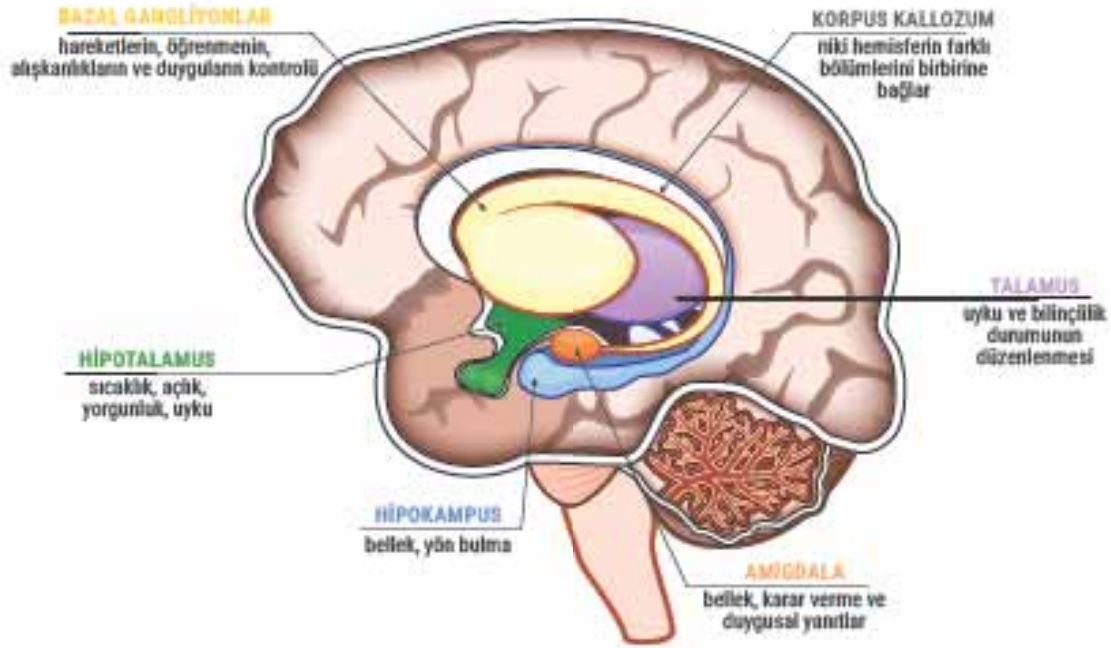
Beyincik (serebellum) (*cerebellum* – küçük beyin ya da beyincik), vermis (solucan) adı verilen orta bir bölümlerle birbirine bağlanan iki hemisfere ayrılır. Büyük beyin kabuğunun hemisferlerine benzer biçimde, beyincikte de dış bölge gri maddedir; ancak çok daha fazla kıvrımlıdır ve iç kısmı büyük ölçüde beyaz maddeden oluşur. Beyincik, bilinçli kas hareketlerinin koordinasyonuna, kas tonusunun ve dengenin korunmasına katılır.

Ara beyin, beyin hemisferleri ile beyin sapı arasında yer alır. Ara beyin içine talamus ve hipotalamus dâhildir. Organizmadaki bir aktarma istasyonu gibi görev yapar; duyuşsal impulslar beyin kabuğunun gri maddesine ulaşmak için buradan geçer.

Hipotalamus, talamusun altında yer alır. Burada vücut sıcaklığının, su dengesinin, uykunun, iştahın ve korku ile sevgi gibi bazı duyguların kontrolüne yardımcı olan hücreler bulunur. Burada ayrıca içgüdüleri düzenleyen merkezler de yer alır; bu sayede organizmaların uyum sağlamasına ve yaşamını sürdürmesine katılır. Otonom sinir sisteminin merkezlerinin büyük bir bölümü hipotalamusun kontrolü altındadır. Endokrin sistem de hipofizin çalışmasını kontrol etmesi bakımından hipotalamusun denetimi altındadır. Hipotalamus; kalbin çalışması, kan damarlarının duvarlarının kasılması ve gevşemesi ile organizma için diğer yaşamsal işlevler üzerinde etkilidir.

Talamus, beyindeki başlıca iletim istasyonudur; duyuşsal bilgilerin büyük bölümü burada alınır ve beyin kabuğunun ilgili bölümlerine yönlendirilir.

Büyük beyin ile ara beyin arasındaki sınır boyunca **limbik sistem** (*limbus* – halka) adı verilen bölge yer alır.



Talamus, hipotalamus ve limbik sistemle birlikte ara beyin

Bu sistem, duygusal durumun ve davranışların düzenlenmesine katılır. Ona, yan beyin karıncıklarının altında yer alan ve görünüş bakımından denizatına benzeyen hipokampus da dâhildir. Hipokampus, öğrenme süreçlerine ve uzun süreli belleğin oluşmasına katılır. Daha önce öğrenilen bilgiler burada saklanır. Ayrıca burada, bilinçli davranışı ve uykuyu kontrol eden retiküler (ağsı) formasyonun bazı bölümleri de yer alır.

Nasıl, ne kadar ve ne zaman uyunduğu konusu hâlâ tam olarak açıklanamamış bir durumdur. Uyku, organizmanın doğal bir gereksinimidir ve çoğunlukla beden ile beyin yorulduğunda ortaya çıkar. Uyku organizmayı dinlendirir, belleği güçlendirir ve bağışıklık sistemini destekler.

Büyük beyin (serebrum), beyin bölümlerinin en büyüğüdür ve sol ile sağ beyin hemisferlerine ayrılır. Her hemisferin dört ana lobu vardır: *frontal* (alın), *parietal* (tepe), *temporal* (şakak) ve *oksipital* (art kafa) lob. Ayrıca beşinci bir lob da vardır: *insula* (ada lobu). Bu lob hemisferlerin derininde yer alır ve yüzeyden görülmez.

Büyük beyin dış tabakası, gri maddeden oluşan beyin kabuğudur. Bu yapı bilinçli düşünme, öğrenme, hatırlama ve istemli hareketlerden sorumludur. Kabuk çok kıvrımlıdır; yüzey alanını artıran çıkıntılar (giruslar) ve oluklar (sulkuslar) içerir. Kabuğun altında, beyin farklı bölümlerini birbirine bağlayan miyelinli sinir liflerinden oluşmuş büyük miktarda beyaz madde bulunur. Beyaz maddenin en önemli bağlantısı korpus kallozumdur (corpus callosum); bu yapı sol ve sağ beyin hemisferleri arasında bir köprü oluşturur ve aralarında bilgi alışverişini sağlar.

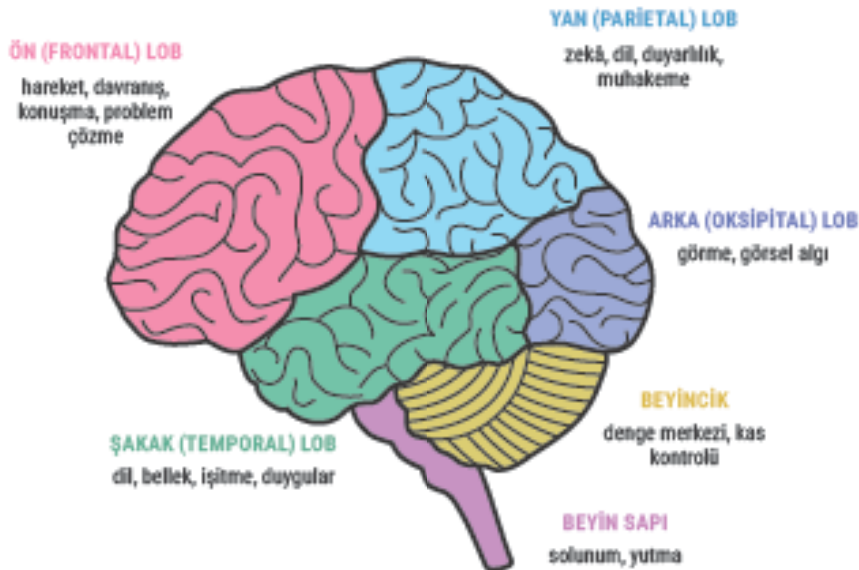
Beyaz maddenin derininde bazal gangliyonlar bulunur. Bunlar, hareketlerin kontrolüne ve koordinasyonuna, ayrıca kas tonusunun korunmasına katılan gri madde gruplarıdır. Bunların zarar görmesi, Parkinson hastalığı gibi hareket bozukluklarına yol açabilir.



Büyük beyin kabuğu, insan için çok önemli olan üç temel sürecin düzenlenmesine katılır: duyuşal, motor ve entelektüel süreçler. Büyük beyin kabuğuna, yani her beyin hemisferinin yüzeyindeki gri madde tabakasına çok sayıda impuls gelir ve burada analiz edilir. Bellek adı verilen olgu sayesinde beyinde çok sayıda bilgi depolanır. Ayrıca büyük beyin kabuğunda ilişkilendirme, yargılama ve ayırt etme gibi süreçlerin yanı sıra bilinçli ve istemli eylemler de gerçekleşir.

Beynin farklı kısımları, eşgüdümlü davranışların yönetiminde de işlev görür.

Konuşma ve yazma yoluyla iletişim kurma yeteneği, büyük beyin kabuğundaki farklı bölgelerin nasıl iş birliği yaptığını gösteren bir örnektir. Ön lobdaki motor merkezler, konuşma ve yazma için gerekli hareketleri kontrol eder. Broca alanı, konuşmanın oluşturulmasına ve düzenlenmesine yardımcı olur. Bellek, büyük beyin kabuğunda gerçekleşen karmaşık bir süreçtir. Bilgiler önce kısa bir süre tutulur, ardından uzun süreli belleğe geçebilir. Anıların birçoğu, öğrenmeyi ve geçmişti hatırlamayı sağlayan büyük beyin kabuğuyla ilişkilidir.



Beyin bölümlerinin işlevleri

OTONOM SİNİR SİSTEMİ

Kalp, akciğerler, mide, kan damarları vb. bütün iç organlarda, irademizin etkisi altında olmayan impulsları alan ya da gönderen sinir uçları ve sinir lifleri bulunur. Bu tür nöronlar, **otonom sinir sistemi (OSS)** adı verilen özel bir sinir sistemine aittir. OSS, sempatik ve parasempatik bölüm olarak ikiye ayrılır.

Otonom sinir lifleri hem kraniyal (beyin) sinirlerde hem de bazı omurilik sinirlerinde bulunur.

Otonom sinir sistemi; bezlerin, düz kasların, boşluklu organların, kan damarlarının ve kalp kasının işlevini düzenler. Etkileri otomatik olarak gerçekleşir ve yaşamsal öneme sahiptir. Sempatik bölüm (sempatikus), organların çalışmasını hızlandırır ve stres, tehlike ya da yavrunun korunması gibi durumlarda "savaş ya da kaç" yanıtını uyarır. Aynı zamanda o anda gerekli olmayan organ sistemlerinin, örneğin boşaltım ve sindirim sisteminin çalışmasını baskılar. Parasempatik bölüm (parasempatikus) ise sempatik bölüme karşıt yönde etki gösterir. Organların çoğu hem sempatik hem de parasempatik uyarı alır; bunların etkileri karşıt (antagonistik) olup vücut işlevlerinin hassas biçimde kontrol edilmesini sağlar.

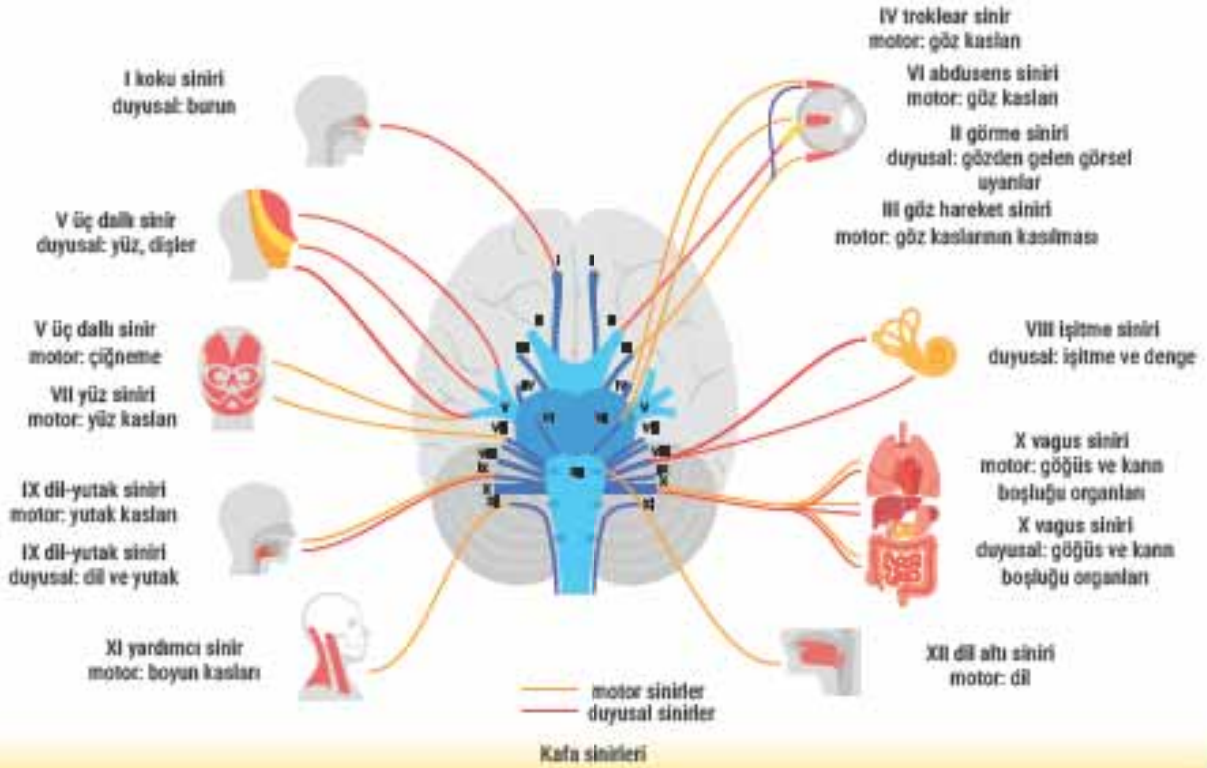
Tablo: Sempatik ve parasempatik sistemin belirli organlar üzerindeki etkileri

Etki	Sempatikus	Parasempatikus
göz bebekleri	genişleme	daralma
sindirim bezleri	baskılanma	uyanılma
kalp	kasılma gücünü ve atım sayısını artırır	kasılma gücünü ve atım sayısını azaltır
akciğerlerde bronşlar	genişleme	daralma
sindirim sistemindeki kaslar	kasılmaları azaltır	kasılmaları artırır
idrar kesesi	gevşeme	kasılma ve boşalma
penis	ejakülasyon	ereksiyon
iskelet kaslarındaki kan damarları	genişleme	daralma
solunum sistemi	genişleme	daralma
sindirim organları	daralma	genişleme

12 çift **kraniyal (kafa - beyin) siniri** vardır. Aldıkları ve ilettikleri impulsların türüne göre kraniyal sinirler dört işlevsel kategoriden birine ait olabilir:

- **Özel duyuşal impulslar** – koku, tat, görme ve işitme için.
- **Genel duyuşal impulslar** – ağrı, dokunma, sıcaklık, derin kas duyarlılığı, basınç ve denge için.
- **Somatik motor impulslar** – iskelet kaslarının bilinçli (istemli) kontrolünün sonucu olan impulslar.
- **Visseral motor impulslar** – iradenin katılımı olmadan bezleri ve kasları kontrol eden impulslar (kalp kası ve düz kaslar). Bu motor yollar, otonom sinir sisteminin ve özellikle parasempatik bölümün bir parçasıdır.

Kraniyal sinirlerden bazıları (I, II ve VIII) yalnızca *duyuşal liflerden* oluşur; III, IV, VI, XI ve XII ise ya yalnızca motor liflere sahiptir ya da çok daha fazla *motor lif* içerir. Geri kalan V, VII, IX ve X sinirleri hem duyuşal hem de motor lifler taşır ve bunlar *karma sinirler* olarak adlandırılır.



Etkinlik

Trafik Kontrolörü Olarak Beyin

Ani bir araba sesi durumunda merkezi sinir sisteminin rolünü analiz etmek için küçük gruplar halinde çalışın. Beynin, kulaklardan gelen uyarıyı nasıl işlediğini ve koruyucu tepki için nasıl karar verdiğini belirleyin. Omuriliğin, komutların ekstremitelere kaslarına hızla ulaşmasını sağlayan temel bir iletici olarak işlevini açıklayın. Günlük yaşamda tehlikelerden kaçınmak için bu iki bölüm arasındaki hızlı ve hassas koordinasyonun önemini tartışın. Sonunda, MSS'yi bütün hareketlerimizin en üst kontrolörü olarak vurgulayarak sonuçlarınızı sunun.

Tekrar Soruları

1. Sinir sisteminin temel bölümleri nelerdir ve bunların temel görevi nedir?
2. Omurilik ve sinirler bilgi iletimini nasıl sağlar?
3. Sinir sistemi; kas, solunum ve dolaşım sistemlerinin çalışmasını nasıl koordine eder?
4. Otonom sinir sistemi bağlamında "antagonistik etki" terimi ne anlama gelir? İki örnek ver.

İlginç biyoloji

- Heyecanlandığımızda, sempatikus sinirleri kalbe 0,1 saniyeden daha kısa sürede sinyal gönderir; bu da kalp atışını dakikada yaklaşık 70'ten 100-120 atıma çıkarır. Etki, vücut sakinleşinceye kadar yalnızca birkaç dakika sürer.
- Beynimiz, küçük bir LED lambayı çalıştırabilecek kadar elektrik enerjisi üretir. İşte bu "elektrik", komutların vücut boyunca inanılmaz bir hızla yol almasını sağlar!

2.24 Duyu (Sensör) Sistemi

Hatırla!

- İnsanda hangi duyulan biliyorsun?
- Uyan nedir? İnsan hangi tür uyanları algılayabilir?
- Güzel bir müzikle ilgili bilgi nasıl alınmış ve daha sonra nasıl mınıldanılmıştır?

Duyu (sensör) sistemi, insanın dış ve iç ortamda meydana gelen değişiklikleri fark etmesini ve anlamlandırmasını sağlar. Işık, ses, dokunma ya da koku gibi her **uyan**, merkezî sinir sistemine iletilen elektriksel bir sinyale dönüştürülür. Farklı duyuşal nöronlar, bilgileri beyin tam olarak belirlenmiş bölgelerine taşır; burada bu bilgiler işlenir ve yorumlanır. Bu sayede beyin; aydınlık ile karanlık, hafif ve yüksek sesi, yumuşak ve sert dokunuşu vb. birbirinden ayırt eder. Bu şekilde duyu sistemi, insanın çevreye doğru biçimde tepki vermesine yardımcı olur.

Algılanan uyanlar dış ortamdan gelebileceği gibi iç ortamdan da kaynaklanabilir. Uyanları algılayan bölüme **reseptör** denir. Reseptörler şunlar olabilir:

- duyuşal nöronun serbest dendritleri, örneğin ağrı reseptörleri (nosiseptörler);
- değişime uğramış sinir uçları ya da uç organlar, örneğin dokunma ve sıcaklık için olanlar;
- özel duyu organlarının yapısına katılan özel duyu hücreleri.

Duyular özel ve genel olabilir. Özel duyular, özel organlarda yer alır; genel duyular ise organizmada geniş biçimde dağılmıştır.

1. Özel duyular şunlardır:

- *görme* – gözdeki reseptörlerle;
- *işitme* – iç kulaktaki reseptörlerle;
- *denge* – iç kulaktaki reseptörlerle;
- *tat* – dildeki reseptörlerle;
- *koku* – burun boşluğunun üst kısmındaki reseptörlerle.

2. Genel duyular şunlardır:

- *basınç, sıcak, soğuk, ağrı ve dokunma* – deride ve iç organlarda bulunan reseptörlerle;
- *konum duyuları* – kaslarda, tendonlarda ve eklemlerde bulunan reseptörlerle.

Duyuşal reseptörler, yanıt verdikleri uyan türüne göre de sınıflandırılabilir. Termoreseptörler deride bulunur ve sıcaklık değişikliklerini algılar. Gözün retinasındaki fotoreseptörler ışığa yanıt verir. Tat ve koku reseptörleri gibi kemoreseptörler ise kimyasal uyanlara tepki verir. Mekanoreseptörler ise gerilme, basınç ya da titreşim gibi mekanik uyanlara yanıt verir. Bu reseptörler, örneğin vücudun bilinçli konumunun algılanmasından ve kas liflerinin tonusunun kontrol edilmesinden sorumludur. Derideki basınç ve dokunma reseptörleri de mekanoreseptördür. İşitme ve denge reseptörleri de bu tür reseptörlerdendir.

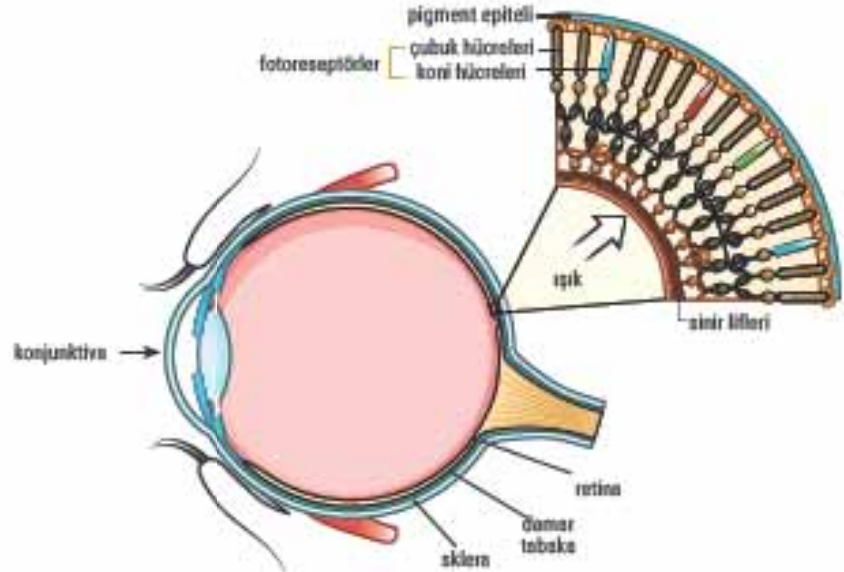
GÖZ, GÖRME ORGANIDIR

Göz, narin yapılı, karmaşık bir organdır ve birkaç yardımcı yapı ile korunur. Buna göre kafatası kemikleri, göz çukurlarının duvarlarını oluşturur ve göz küresinin arka bölümünün yarısından fazlasını korur. Öte yandan göz kapağı ve kirpikler, gözü önden korumaya hizmet eder; gözyaşı bezleri ise göze giren küçük cisimleri yıkar ve temizler, ayrıca gözü enfeksiyonlardan koruyan enzimler içerir. Göz kapakları, önden

göz küresinin üzerine kapanır ve dışarıdan girebilecek bazı patojen bakterilerin parçalanmasına hizmet eder. Göz zarı, göz kapağını ve göz akının ön bölümünü döşeyen ve onu koruyan ince bir zardır.

Göz kasları dış ve iç kaslar olarak ayrılır. Dış kaslar gözü göz çukurundaki kemiklere bağlar; iç kaslar ise göze giren ışık miktarını ve merceğin biçimini düzenler.

Göz küresinin üç tabakası vardır: dış tabaka – sklera (göz ağı), orta tabaka – kan damarları ve koyu pigment bakımından zengin damar tabaka, iç tabaka – retina. Retinada ışığı alan ve görme için sinir sinyalleri oluşturan **fotoreseptörler** – çubuk hücreleri ve koni hücreleri bulunur. *Çubuk hücreleri* çok sayıdadır, ışığa çok duyarlıdır ve az aydınlatılmış ortamlarda ve siyah-beyaz görmeyi sağlar; işlevleri A vitaminine bağlıdır. *Koni hücreleri* sayıca daha azdır; net görmeyi ve renkli görmeyi sağlar. Mavi, yeşil ve kırmızı ışığa duyarlı üç tip koni hücresi vardır. A vitamini eksikliği, karanlıkta zayıf görmeye neden olabilir; bu durum gece körlüğü olarak bilinir. Karanlık bir ortama girildiğinde gözün uyum sağlaması için zamana ihtiyaç vardır.



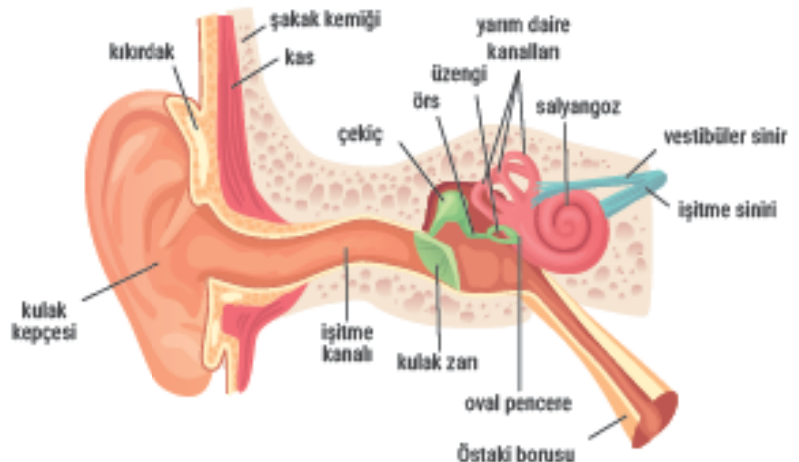
Gözün fotoreseptörlerle birlikte yapısının şematik gösterimi

Işık göze girer ve birkaç saydam bölümden geçerken kırılır. Bu bölümler kornea, göz sıvısı, merce ve camı cisimdir. Mercek esnektir ve farklı uzaklıklardaki nesneleri net görebilmek için biçimini değiştirir; bu sürece göz uyumu (akomodasyon) denir.

Fotoreseptörlerden gelen sinir impulsları, görme siniri aracılığıyla büyük beyin kabuğunun oksipital (arka kafa) lobunda bulunan görme merkezine taşınır ve burada işlenir.

KULAK – İŞİTME VE DENGİ ORGANI

Kulak, işitme ve dengenin korunması için görev yapan bir duyu organıdır. Üç temel bölüme ayrılabilir: dış kulak, orta kulak ve iç kulak. Dış kulak, kulak kepçesi ve dış işitme kanalından oluşur; görevi ses dalgalarını toplamak ve kulak zarına doğru yönlendirmektir. Kulak zarı, dış işitme kanalı ile orta kulak boşluğu arasında bir bölme oluşturur. Orta kulak hava ile doludur ve ses dalgalarını güçlendiren üç küçük kemik – çekik, örs ve üzengi içerir. Orta kulak, Östaki

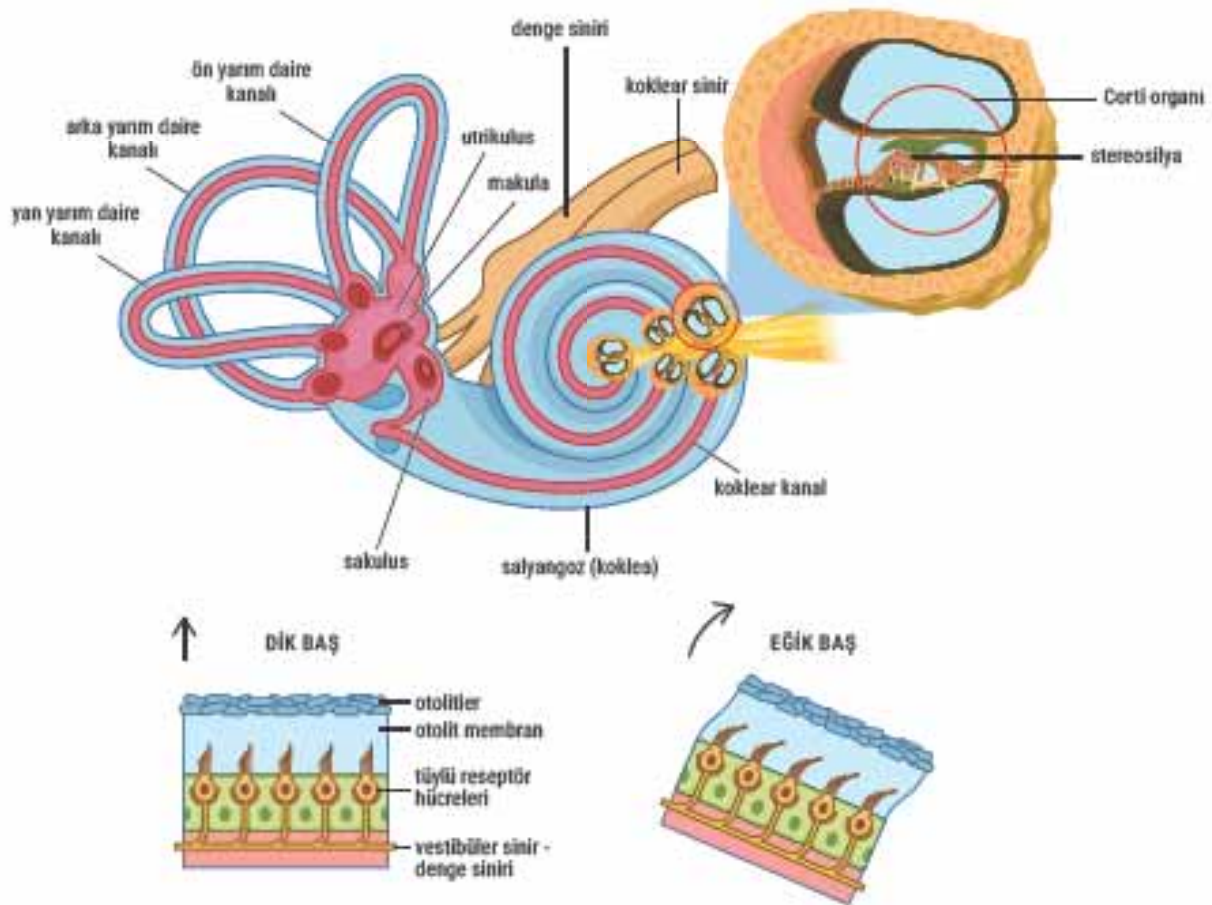


Kulağın yapısı ve bölümlerinin şematik gösterimi

borusu aracılığıyla yutakla bağlantılıdır. Üzengi, sesin iç kulağa geçtiği oval pencere ile bağlantılıdır. İç kulak en karmaşık bölümdür ve vestibül, salyangoz ve üç yarım daire kanalından oluşur. Bunların içinde, reseptör hücreleri uyaran ve işitme ile dengenin korunmasını sağlayan sıvılar (perilenf ve endolenf) bulunur.

Corti organı işitme organıdır ve iç kulaktaki salyangoz kanalında yer alır. Üst tarafında *stereosilya* adı verilen küçük tüyler bulunan duyuusal tüylü hücreler içerir. Duyusal hücreler, VIII. kraniyal sinirin işitme (koklear) bölümüyle bağlantılıdır. Ses dalgaları, dış işitme kanalı aracılığıyla kulak zarında titreşime neden olur; bu titreşim işitme kemikçikleri üzerinden iç kulaktaki sıvılara iletilir. Endolenfin hareketi, sinir impulsları oluşturan tüylü hücreleri uyarır; bu impulslar beyindeki *temporal loba* taşınır ve burada ses algılanır.

İç kulakta denge reseptörleri de bulunur; bunlar utrikulus, sakulus ve yarım daire kanallarında yer alır. Utrikulus ve sakulusta, *otolit membrana* yerleşmiş *tüylü reseptör hücreleri* ve *otolitler* adı verilen küçük kristaller bulunur. Utrikulus yatay hareketlere, sakulus ise dikey hareketlere duyarlıdır; otolit membranının yer değiştirmesi sinir impulsunun oluşmasına yol açar. Yarım daire kanalları, başın dönme hareketlerinin algılanmasını sağlar. Bütün bu yapılar birlikte **vestibüler aygıtı** oluşturur; bu aygıt, beynin vücudun konumu hakkında bilgi almasını ve dengeyi korumasını sağlar.



İç kulağın yapısının ve denge ile işitme reseptörlerinin şematik gösterimi

DİĞER ÖZEL DUYU ORGANLARI

Tat duyusu, başlıca dil üzerinde yerleşmiş olan tat reseptörleri aracılığıyla gerçekleşir. **Tat reseptörleri**, dil yüzeyindeki tat papillaları (çıkıntıları) içinde bulunan tat tomurcukları hâlinde gruplanmıştır.

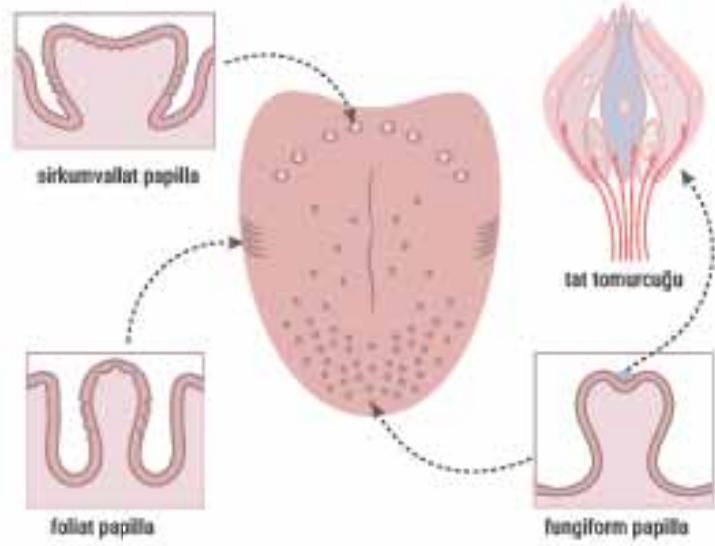
İnsanda beş temel tat ayırt edilir: tatlı, ekşi, tuzlu, acı ve umami. Eskiden her tadın dilin özel bir bölümünde algılandığı düşünülürdü ve bu durum "tat haritası" olarak adlandırılan bir şemayla gösterilirdi. Günümüzde ise bütün tatların dilin tüm yüzeyi boyunca algılanabildiği bilinmektedir; ancak bazı bölgeler belirli tatlara karşı daha duyarlı olabilir.

Tatla ilgili sinir impulsları, birden fazla kraniyal sinir aracılığıyla beyne iletilir. Tat bilgilerinin işlenmesi, *beyin kabuğunda* parietal ve frontal

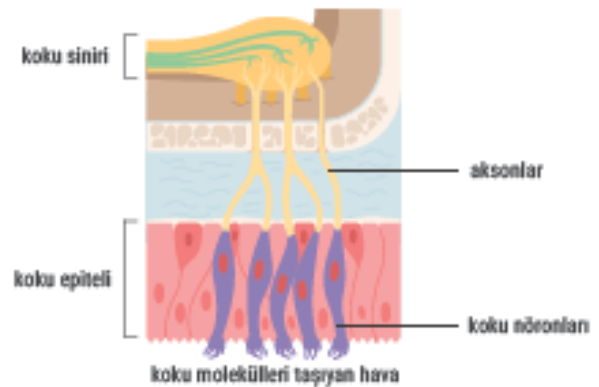
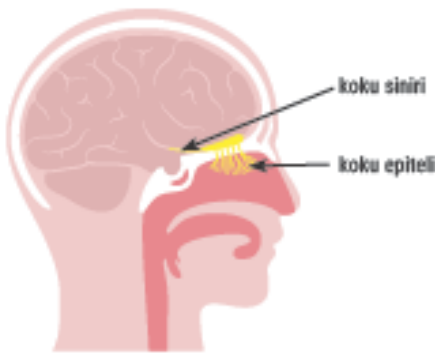
loba yakın bölgede bulunan *tat merkezinde* gerçekleşir. Bu merkez, kabuktaki diğer duyuşal bölgelerle ve tükürüğün refleks yoluyla salgılanmasına katılan omurilik soğanındaki merkezlerle bağlantılıdır.

Koku reseptörleri, burun boşluğunun üst bölümünde bulunan koku (olfaktör) epitelinde yer alır. Koku uyarıları çoğunlukla gaz hâlinindedir; bu nedenle uyarı oluşturabilmeleri için burun mukusunda çözünmeleri gerekir. Koku reseptörlerinden gelen sinir impulsları, *koku (olfaktör) siniri* aracılığıyla, talamustan geçmeden doğrudan beyindeki koku merkezine iletilir. Koku duyusu, tat duyusuyla sıkı biçimde bağlantılıdır. Besinlerin kokusu, iştahın uyarılmasında ve sindirim sıvılarının refleks yoluyla salgılanmasında önemli rol oynar; böylece sindirim sistemi sindirime hazırlanır.

Tat ve koku reseptörleri kemoreseptörlerdir; çünkü kimyasal maddelere tepki verirler. Koku reseptörleri gerçek nöronlardır; tat reseptörleri ise epitel kökenli hücrelerdir ve sinyalleri sinapslar aracılığıyla duyuşal sinirlere iletir.



Dildeki tat papillaları ve tat tomurcuğu



Koku epiteli ve koku reseptör hücresiyle birlikte koku duyusu

GENEL DUYULAR

Özel duyuşal reseptörlerin nispeten küçük bir bölgede yerleşmiş olmasına karşılık, genel duyuşal reseptörler bütün organizmaya dağılmıştır. Buraya basınç, sıcak, soğuk, ağrı, dokunma, konum ve denge reseptörleri dâhildir.

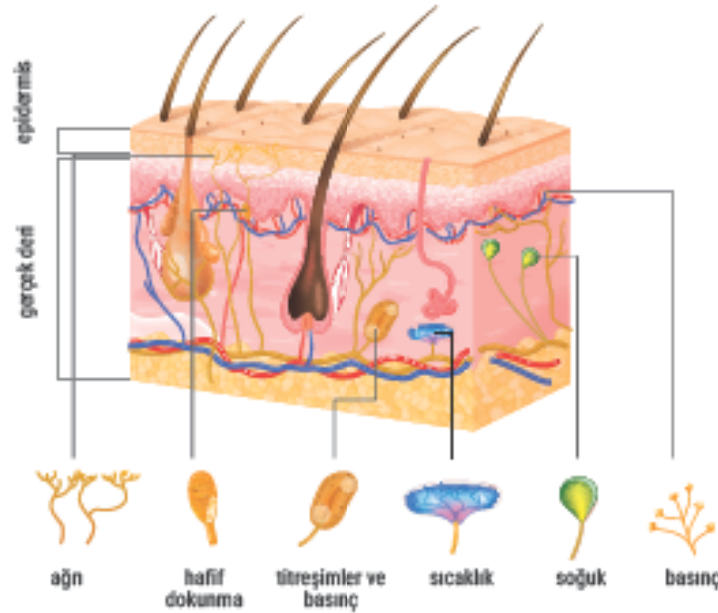
Basınç duyusu, deri duyarlılığına ait bir duyudur. Bunların duyuşal uç organları, derin deri altı dokularında yer alır.

Sıcaklık duyusu, sıcak ve soğuk için özel reseptörlerden başlar. Sıcak cisimler yalnızca sıcak reseptörlerini, soğuk cisimler ise yalnızca soğuk reseptörlerini uyarır. Sıcak, soğuk ve basınç reseptörleri çok hızlı uyum sağlar.

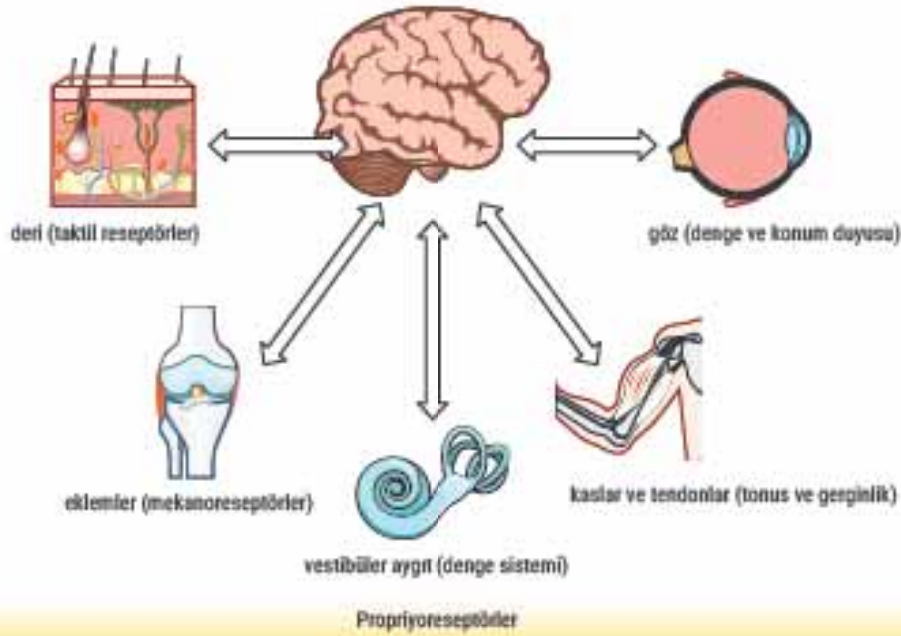
Dokunma reseptörleri, taktıl korpüsküller adı verilen küçük, yuvarlak cisimciklerdir. Bunlar en çok dermiste bulunur; daha fazla sayıda el ve ayak parmaklarının uçlarında, dudaklarda ve dilin ucunda gruplanmıştır. Bu nedenle bu bölgeler dokunmaya karşı çok duyarlıdır. Elin sırt kısmı ve boynun arka tarafı gibi diğer bölgelerde daha az reseptör bulunur ve bu bölgeler dokunmaya karşı daha az duyarlıdır.

Ağrı, çok önemli bir koruyucu duyudur. Organizmadaki homeostazın bozulduğunu gösteren bir alarm niteliğindedir. **Ağrı reseptörleri** çok geniş biçimde dağılmıştır. Deride, kaslarda, eklemlerde; çoğu iç organda ise çok daha az sayıda bulunur (kan damarları dâhil). Ağrı reseptörleri, serbest *sinir uçları* adı verilen dallanmış sinir lifleridir. Ağrıya uyum yavaştır.

Kaslarda, tendonlarda ve eklemlerde yerleşmiş reseptörler aracılığıyla, *vücut bölümlerinin birbirine göre konumunu* ve yer değişikliklerini belirleme duyusu elde edilir. Bu geniş biçimde dallanmış uç organlara **proprioseptörler** denir. Bu reseptörlerden alınan bilgi, kasların koordinasyonu için gereklidir ve yürüme, koşma ve müzik aletleri çalma gibi bazı karmaşık hareketler için önemlidir. Sinir lifleri, bu reseptörlerden gelen impulsları omuriliğe ve yukarıya doğru, motor hareketlerin düzenlenmesine katılan beyin bölgelerine taşır. *Beyincik*, bu impulslar için başlıca koordinasyon merkezidir.



Deride derin basınç, sıcaklık, soğuk, ağrı ve dokunma reseptörleri



Etkinlik

Uyarının Yolu

Küçük gruplara ayrılın. Her gruba, bir insan sıcak bir nesneye dokunduğunda, belirli bir görüntü gördüğünde ya da bir müzik duyduğunda ne olduğunu açıklama görevi verilecektir. Uyarının reseptörden başlayarak duyuşal sinir, omurilik ya da beyin üzerinden motor yanıtı kadar izlediği yolu açıklamanız gerekir. Açıklamanızda reseptör, nöron, sinaps, sinir, refleks ya da bilinçli tepki kavramlarını kullanmalısınız. Sonunda senaryonuzu kısaca sunun.

Tekrar Soruları

1. Termoreseptörlerden başlayan refleks yayını açıkla.
2. Vestibüler aygıt nedir?
3. İşitme sürecinde orta kulağın rolü nedir?
4. Çevreden bilgi alınırken göz, kulak ve derideki reseptörlerin rolü nedir?
5. Deri reseptörleri, işitme reseptörleri ve fotoreseptörler bilgileri merkezî sinir sistemine nasıl gönderir?

İlginç biyoloji

- Neden renkli görürüz? Çubuk hücrelerindeki rodopsinde bulunan cis-retinalin absorpsiyon maksimumu 500 nm'dir. Buna karşılık "mavi koni hücreleri" 420 nm'de, "yeşil koni hücreleri" 530 nm'de ve "kırmızı koni hücreleri" 560 nm'de maksimum absorpsiyon gösterir. Beyin, insanın görebildiği bütün renkleri bu üç koni hücresi sisteminin birleşik etkinliğiyle algılar.

2.25 Sinir ve Duyu Sisteminin Sağlığının Korunması

Hatırla!

- Sinaps nasıl yapılandırılmıştır?
- Nörotransmitterlerin rolü nedir?
- Hangileri narkotik maddeler, hangileri doping maddeleridir?

Sinir ve duyu sistemi; çevreden gelen bilgileri almamızı, düşünmemizi, öğrenmemizi, hareket etmemizi, tepki vermemizi ve farklı durumlarda yaşamımızı sürdürebilmemizi sağlar. Onlar sayesinde iletişim kurar, değişikliklere uyum sağlarız; haz, ağrı, ses, görüntü ve koku algılarız, ayrıca kararlar veririz.

Sinir sistemi bozulursa düşünmede yavaşlama, bellek sorunları, dengesizlik, hareket güçlükleri ve koordinasyon bozukluğu ortaya çıkabilir. Gözlerin, kulakların, derinin ve burnun beyne gönderdiği sinyaller, organizmanın mekânda yönünü bulmasına, tehlikelerden kaçınmasına ve zamanında tepki vermesine yardımcı olur. Duyu sistemindeki hasarlar; görme, işitme, dokunma ya da sıcaklığı algılama yeteneğinin azalmasına yol açar ve bu durum güvenliği ve günlük etkinlikleri ciddi biçimde etkileyebilir. Bu nedenle sinir ve duyu sistemine özen göstermek, özellikle beynin ve sinirlerin hâlâ gelişip olgunlaştığı adolesan dönemde büyük önem taşır.

SİNİR VE DUYU SİSTEMİNE CİDDİ ZARAR VEREBİLECEK ALIŞKANLIKLAR VE FAKTÖRLER

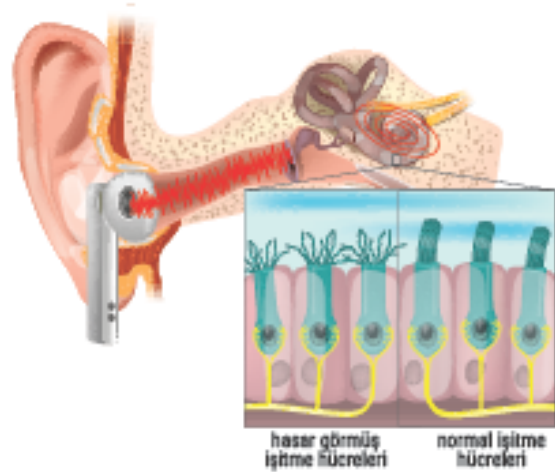
İç kulaktaki işitme reseptörleri yenilenmez. Yüksek sesli müzik, özellikle kulaklıkla dinlendiğinde, kalıcı işitme kaybına ve kulak çınlamasına yol açar.

Aşırı şeker alımı, yağlı kızartılmış yiyecekler ve vitamin eksikliği düşünmeyi yavaşlatır ve sinir dokusuna zarar verir. Dehidrasyon da dikkati ve ruh hâlini kısa sürede bozar.

Kronik uyku eksikliği; konsantrasyon bozukluğuna, ruh hâli değişikliklerine, duyarların daha zayıf çalışmasına, tepki hızının azalmasına ve baş ağrılarına yol açabilir.

Uzun süreli stres, kortizol hormonunu artırır; bu hormon öğrenme ve bellekten sorumlu beyin merkezine zarar verebilir.

Uyuşturucular, nöronların sinyalleri gönderme, alma ve işleme biçimini değiştirir. Bu durum beyin iletişiminde kalıcı değişikliklere ve bellek

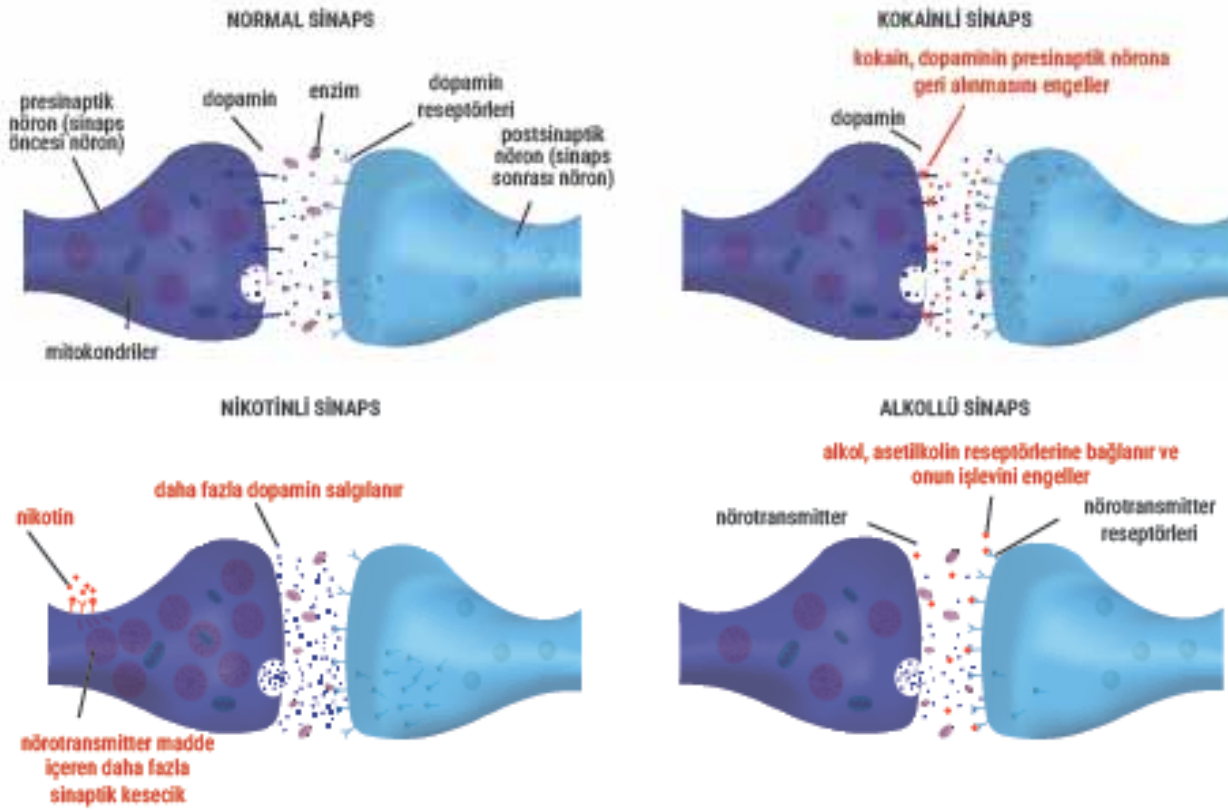


Yüksek sesli müzik, işitme reseptörlerinin yok olmasına yol açar

bozukluğuna yol açabilir, zayıf konsantrasyona, bağımlılığa ve psikolojik sorunlara yol açabilir. Birçok psikoaktif madde, sinapsları ve sinir hücrelerini doğrudan tahrip eder.

Alkol, sinir impulslarının iletimini yavaşlatır ve koordinasyonu azaltır. Alkolün uzun süreli kullanımı; beyin dokusunda hasara, denge sorunlarına, duyarlılık kaybına, belleğin zayıflamasına, görme ve işitmenin zarar görmesine vb. neden olur. Bununla birlikte, gençlerde beyin daha duyarlıdır; bu nedenle sonuçlar daha da ağır olur.

Nikotin, kan damarlarını daraltır ve beyne giden kan akışını azaltır. Bu durum oksijenin daha az ulaşmasına, sinir tepkilerinin yavaşlamasına, koku ve tat reseptörlerinin zarar görmesine ve gelecekte beyin felci riskinin artmasına neden olabilir.



Kokain, nikotin ve alkol etkisinde normal sinaps ve sinapsın gösterimi

SİNİR VE DUYU SİSTEMİNİ KORUYAN SAĞLIKLI ALIŞKANLIKLAR

Uyku sırasında beyin hücrelerini yeniler, bilgileri düzenler ve sinir bağlantılarının sağlıklı işleyişini sürdürür. Adolesanların günde 8 ila 10 saat uykuya gereksinimi vardır. Uyku eksikliği; konsantrasyonun azalmasına, düşünmenin yavaşlamasına ve huzursuzluğa yol açar.

Ölçülü hareket, beyne oksijen ve besin maddelerinin ulaşımını artırır. Koşma, yüzme, spor yapma ya da hatta tempolu yürüme gibi etkinlikler ruh hâlini, dikkati ve belleği iyileştirir; aynı zamanda sinir sistemi ile kas sistemi arasındaki koordinasyonu güçlendirir.

2.26 Endokrin Sistem

Hatırla!

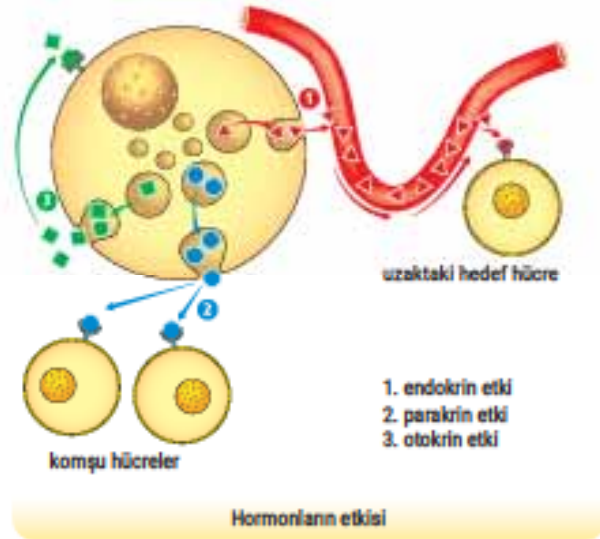
- Homeostaz nedir, geri bildirim nedir ve hangi türlerde olabilir?
- Nörotransmitter nedir, nerede oluşur ve nasıl etki gösterir?

İnsan bedeni, karmaşık düzenleyici mekanizmalar sayesinde kararlı ve elverişli durumunu sürekli olarak korur. Bu "gizli kontrolde" en önemli rolü, özel moleküller aracılığıyla hücrelere sinyaller gönderen sinir sistemi ve endokrin sistem üstlenir.

Endokrin sistem; hormon adı verilen düzenleyici kimyasal maddeleri üreten tek tek hücrelerden, hücre gruplarından (adacıklardan) ya da organlardan oluşur. Hormon, onu oluşturan hücrenin kendisi üzerinde (*otokrin*), oluştuğu yere yakın bölgede (*parakrin*) ya da kana salgılandıktan sonra salındığı yerden çok uzak bir mesafede (*endokrin*) etki gösterebilir. Endokrin bezler, ekzokrin bezlerden farklı olarak ürünlerini – hormonları – doğrudan kana ya da lenfe salgılar.

Endokrin sistem, sinir sistemi ve dolaşım sistemiyle birlikte, bedenin farklı bölümlerinin tek bir bütün hâlinde bağlantılı olmasını sağlar. Bu sistemlerin yardımıyla organizmadaki çeşitli dokuların, organların ve diğer sistemlerin çok sayıdaki işlevi birbirine bağlanır ve düzenlenir. Bu tür düzenleme **sinirsel ve hormonal kontrol (nöro-humoral düzenleme)** olarak adlandırılır. Bu sırada sinir sistemi başlıca hızlı tepkileri ve etkinlikleri kontrol eder; örneğin kasların kasılması (kas kontraksiyonu) ve bağırsakların etkinliği gibi. Sinir sisteminden farklı olarak, endokrin sistemin etkileri çok daha yavaştır ve kimyasal uyarıcılar aracılığıyla daha uzun bir süre boyunca gerçekleşir.

Sinir sistemi ve endokrin sistem, etki gösterme biçimleri bakımından farklı olsalar da birbirleriyle sıkı biçimde bağlantılıdır ve organizmanın işlevlerinin düzenlenmesine birlikte katılırlar. Bu bağlantının önemli bir örneği **hipofizdir** – çok sayıda başka bezin etkinliğini düzenleyen bir endokrin bezdir; ancak onun çalışması, sinir sisteminin bir bölümü olan hipotalamusun kontrolü altındadır. İki düzenleyici sistem arasındaki bağlantının ek bir kanıtı da bazı biyolojik olarak aktif maddelerin çift role sahip olabilmesidir – hem hormon hem de nörotransmitter olarak görev yapabilirler. Buna örnek olarak *noradrenalin* verilebilir; noradrenalin, böbreküstü bezlerinin kabuğundan hormon olarak kana salgılanır, aynı zamanda sinir uçlarından nörotransmitter olarak da salınır. Noradrenalin, etkisiyle özellikle stres koşullarında kalbin, karaciğerin ve kan damarlarının çalışmasını koordine eder; böylece organizmanın hızlı ve etkili biçimde uyum sağlamasına olanak verir. Bunun yanı sıra, bazı nöronlar nörohormonlar (sinirsel hormonlar) olarak bilinen hormonları salgılayabilir; bunlar kana verilir ve endokrin biçimde etki gösterir. Bu tür hormona örnek olarak, hipotalamus nöronlarında sentezlenen ve kan yoluyla böbreklerin çalışmasını etkileyen *antidiüretik hormon* verilebilir.



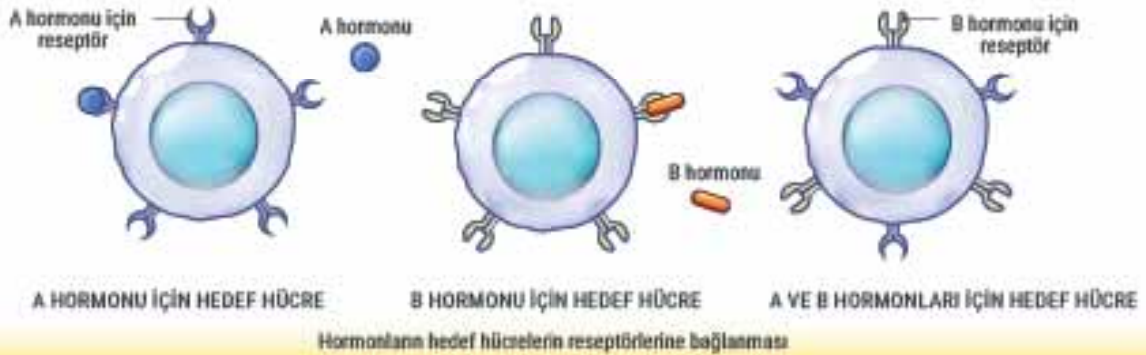
Bu örnekler, sinir sistemi ile endokrin sistemin ayrı ayrı etki göstermediğini; tersine, organizmanın homeostazını sürdüren bütünleşmiş bir düzenleyici mekanizma olarak işlev gördüğünü açıkça gösterir.

HORMONLAR

Hormonlar, endokrin bezlerde oluşturulan ve doğrudan kana salgılanan kimyasal maddelerdir. Kan dolaşımı aracılığıyla organizmanın farklı bölümlerine taşınırlar ve belirli hücrelerin ve organların çalışmasını düzenleyen kimyasal mesajlar gibi etki gösterirler. Hormon sözcüğü Yunancadan gelir ve "uyarmak, harekete geçirmek" anlamını taşır; ancak günümüzde bütün hormonların etkinliği artırmadığı, bazılarının etkinliği azaltabildiği de bilinmektedir.

Hormonlar; büyümenin, metabolizmanın, üremenin ve davranışların düzenlenmesinde önemli role sahiptir. Etki gösterdikleri yere göre genel etkili ya da özgül etkili olabilirler. *Genel etkili hormonlar*, büyüme hormonu, tiroid hormonları ve insülin gibi birçok doku ve organ üzerinde etki gösterir. *Özgül etkili hormonlar* ise yalnızca belirli organlar üzerinde etkilidir; örneğin tiroid bezine etki eden tiroid uyarıcı hormon (TSH) gibi.

Belirli bir hormonun etki gösterdiği hücreler ya da dokulara **hedef hücreler** denir. Bu hücrelerin zarında ya da hücre içinde, yalnızca uygun hormonu "tanıyabilen" özgül reseptörler bulunur. Hormon reseptöre bağlandığında hücrede bir yanıt ortaya çıkar; örneğin etkinliğin artması, metabolizmada değişiklik ya da belirli proteinlerin oluşturulması gibi.



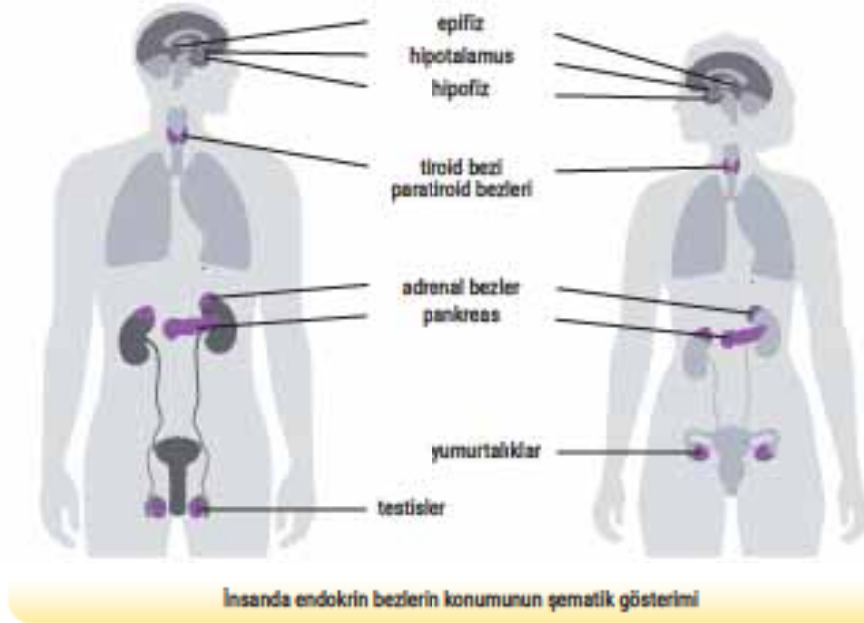
Hormonlar çok küçük miktarlarda bile etki gösterir; ancak organizmanın doğru işleyişi için büyük önem taşırlar. Bir kısmı etkisini gösterdikten sonra parçalanır, bir kısmı ise kan dolaşımında daha uzun süre kalır.

Normal koşullarda salgılanan hormonların düzeyi (konsantrasyonu) belirli sınırlar içinde tutulur. Bu, **negatif geri bildirim mekanizması** (negatif feedback mekanizması) ile sağlanır. Bazı hormonların sekresyonu ritmik olabilir. Bu, 24 saat içinde belirli bir maksimum ve belirli bir minimum düzeyin bulunması anlamına gelir. Böbreküstü bezlerinin kabuk hormonları buna örnektir. Bu hormonlar en fazla sabahları, uyanmadan sonra; en az ise gece boyunca (uyumadan önce) salgılanır. Büyüme hormonu ritmik olarak salgılanır; salgılanması gece boyunca, özellikle derin uyku sırasında en yoğundur ve gündüz saatlerinde belirgin biçimde azalır. Aylık ritme örnek olarak ise kadınlarda menstrual döngünün düzenlenmesine katılan hormonlar verilebilir.

ENDOKRİN BEZLER

En önemli endokrin bezler (iç salgı bezleri) şunlardır: hipofiz, tiroid bezi, paratiroid, böbreküstü bezi vb. Bazı organlar, endokrin işlevin yanı sıra ekzokrin işleve de sahiptir. Buna pankreas örnek verilebilir;

pankreasın bir bölümünde hormonların yanı sıra, sindirim kanalına salgılanan ve sindirim süreçlerine katılan sıvılar da oluşturulur. Temel işlevinin yanında hormon da oluşturan organların sayısı oldukça fazladır. Bunlar: hipotalamus, timus, kalp, böbrekler, mide, ince bağırsak, karaciğer, deri, üreme bezleri, hatta yağ ve kemik dokusudur.



HİPOFİZ

Hipofiz, göreceli olarak küçük, ancak çok önemli bir bezdir. Kiraz büyüklüğündedir ve kütlesi yaklaşık 0,5 gramdır. Kafatasının tabanında, eyere benzeyen kemiksi bir çukurda yer alır. Hipofiz sapı aracılığıyla ara beyin bir bölümü olan hipotalamusla bağlantı kurar. Hipofizden salgılanan salgıların neredeyse tamamı hipotalamus tarafından kontrol edilir.

Hipofiz, hem işlevi hem de yapısı bakımından üç farklı bölümden oluşan karmaşık bir endokrin bezdir:

- ön bölüm (adenohipofiz);
- arka bölüm (nörohipofiz);
- orta bölüm

İnsanlarda hipofizin orta bölümü çok küçüktür ve neredeyse önemsizdir. Ancak bazı hayvanlarda çok daha büyüktür ve önemli bir işleve sahiptir. Burada, deride melanin oluşumunu düzenleyen melanotrop hormon (MSH) oluşturulur. Melanin, derinin renginden sorumludur.

Nörohipofiz, hipotalamusun uzantısı olan bir bölümdür. Sinir dokusundan oluştuğu için bu adı almıştır. Nörohipofizi oluşturan sinir lifleri ve sinir uçları hipotalamustan köken alır. Nörohipofiz hormonları hipotalamusta sentezlenir, ancak nörohipofizdeki aksonların sinir uçlarından salgılanır. Buna göre nörohipofiz, aslında bu hormonlar için bir tür depo görevi görür. Nörohipofizden hormonların salgılanması, hipotalamustan gelen sinir impulslarının etkisi altındadır.

Nörohipofizden iki hormon salgılanır: antidiüretik hormon (ADH), vazopressin olarak da bilinir, ve oksitosin.

- Antidiüretik hormon, diürezin azalmasını (idrar atılımının azalmasını) etkiler. Sekonder böbrek kanalcıklarındaki hücrelerin reseptörlerine bağlandığında, primer idrardan suyun kana geri emilimi artar. Bu hormonun eksikliği, şekersiz diyabet (diabetes insipidus) olarak bilinen hastalığın ortaya çıkmasına neden olur.

Normal koşullarda organizmadaki su miktarının artması bu hormonun salgılanmasını azaltır; su miktarının azalması ise salgılanmasını artırır. Daha yüksek miktarlarda bu hormon, periferik kan damarları üzerinde vazopressör etki de gösterir; bunun sonucunda kan basıncı artar. İşte bu etkisinden dolayı vazopressin olarak da bilinir.

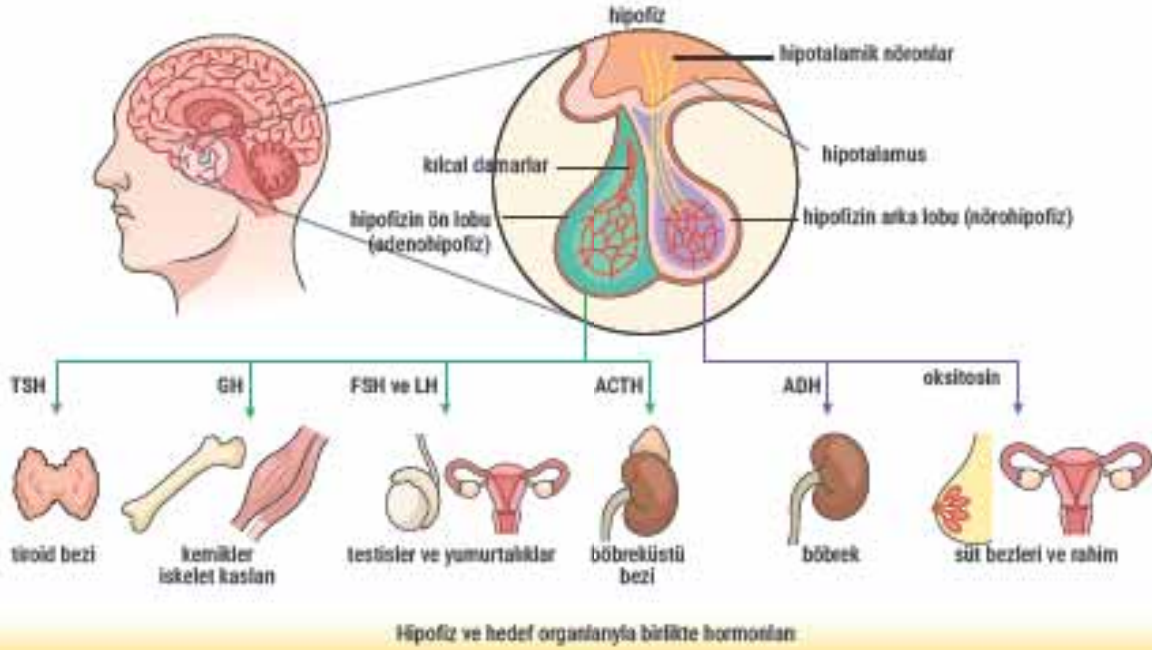
- Oksitosin, rahmin kasılmasına neden olur ve böylece spermatozoitlerin yumurta hücresine doğru ilerlemesini kolaylaştırır. Doğum sırasında rahim kaslarının kasılmasını sağlayarak doğumu kolaylaştırır. Oksitosin, emzirme sırasında süt bezlerinin kanalcıkları üzerinde etki gösterir ve sütün yenidoğanın ağzına doğru dışarı atılmasına yardımcı olur.

Adenohipofiz hormonları tropik ya da uyarıcı hormonlar olarak adlandırılır. Bunların hepsi proteindir ve organizmadaki diğer endokrin bezlerin işlevi üzerinde uyarıcı etki gösterir. Bu şekilde organizmadaki birçok işlevin kontrolüne doğrudan ya da dolaylı olarak katılırlar. Bu nedenle adenohipofiz, ana bez, yani endokrin sistemde bir tür "orkestra şefi" olarak kabul edilir. Adenohipofizde aşağıdaki uyarıcı hormonlar sentezlenir ve buradan salgılanır:

- Somatotrop hormon (STH) ya da büyüme hormonu (GH), vücut dokularının çoğunda doğrudan etki gösterir ve büyüme için gerekli olan proteinlerin sentezini uyarır.
- Tiroid uyarıcı hormon (TSH) ya da tirotropin, tiroid bezinin işlevini düzenler ve tiroid hormonlarının sentezi ile sekresyonu üzerinde uyarıcı etki gösterir.
- Adrenokortikotrop hormon (ACTH), böbreküstü bezlerinin kabuk bölümünün işlevini, yani kortikosteroidler adı verilen hormonların sentezini ve sekresyonunu düzenler.
- Prolaktin (PRL), laktotrop hormon (LTH) olarak da bilinir ve kadınlarda süt bezlerini süt sentezi ve salgılanması için uyarır.
- Gonadotrop hormonlar, gonadlar (üreme bezleri) üzerinde etki gösterir. Hem erkek hem de dişi bireylerde üreme sistemlerinin büyümesini, gelişimini ve işlevini düzenler. İki gonadotrop hormon vardır:
 - Folikül uyarıcı hormon (FSH), yumurtalıklarda yumurta hücrelerinin ve testislerde spermatozoitlerin gelişimini uyarır; gonadostimülin A olarak da bilinir;
 - Luteinleştirici hormon (LH), kadınlarda ovulasyona, hem erkeklerde hem de kadınlarda üreme hormonlarının sekresyonuna neden olur; gonadostimülin B olarak da bilinir.

Adenohipofizden hormonların sekresyonu neredeyse tamamen hipotalamus tarafından negatif geri bildirimle kontrol edilir. Hipotalamusta, *rilizing* ya da *salgılatıcı hormonlar* adı verilen özel hormonlar sentezlenir ve salgılanır. Başka bir deyişle, adenohipofizden salgılanan her uyarıcı hormon için, hipotalamustan gelen ve onun oluşumunu uyarıcı bir *rilizing* hormon vardır. Hipotalamus aynı zamanda adenohipofizden belirli hormonların salınmasını inhibe eden hormonlar da oluşturur. Bu tür üç hormon keşfedilmiştir: somatostatin (büyüme hormonu için inhibe edici hormon – büyüme hormonunun sekresyonunu inhibe eder), prolaktin sekresyonunu inhibe eden prolaktin-inhibe edici faktör (bu hormonun daha sonra nörotransmitter dopamin olduğu belirlenmiştir) ve MSH sekresyonunu inhibe eden MSH-inhibe edici hormon.

Hipotalamusa neredeyse bütün sinir sisteminden "bilgiler" ulaşır ve buna bağlı olarak kendi hormonlarını oluşturur. Hipotalamusta oluşturulan uyarıcı ve engelleyici hormonlar, *hipofizer portal sistem* adı verilen özel bir dolaşım sistemi aracılığıyla hipofizin ön lobuna taşınır. Bu sırada endokrin hücreler, uygun hormonları oluşturmak üzere uyarılabilir.



Etkinlik

Hipofiz Hormonlarının Araştırılması

Birkaç öğrenciden oluşan gruplara ayrılın. Her grup, hipofizin salgıladığı hormonlardan birini seçsin. Bu hormonun oluşumunu, düzenlenmesini ve vücut bu hormonu çok fazla ya da çok az salgıladığında neler olduğunu araştırınız. Sınıf arkadaşlarınızın önünde sunun.

Tekrar Soruları

1. Hormonlar ve nörotransmitterler hangi özellikleriyle birbirinden ayrılır?
2. Noradrenalin hormonunun hem hormon hem de sinir sisteminden salgılanan bir nörotransmitter olarak nasıl etki gösterebildiğini açıkla.
3. Su homeostazının düzenlenmesinde hipofizin rolü nedir?
4. Hipotalamus, sinirsel düzenlemeyi hipofizden hormon salgılanmasıyla hangi şekilde bağlantılı hale getirir?
5. Adenohipofiz ve nörohipofiz hangi özellikleriyle birbirinden ayrılır?

İlginç biyoloji

- Hipofiz çok küçüktür; ancak neredeyse her şeyi kontrol eder – boyumuzun ne kadar uzayacağından, vücudumuzun stres ya da susuzlukla nasıl başa çıkacağına kadar!

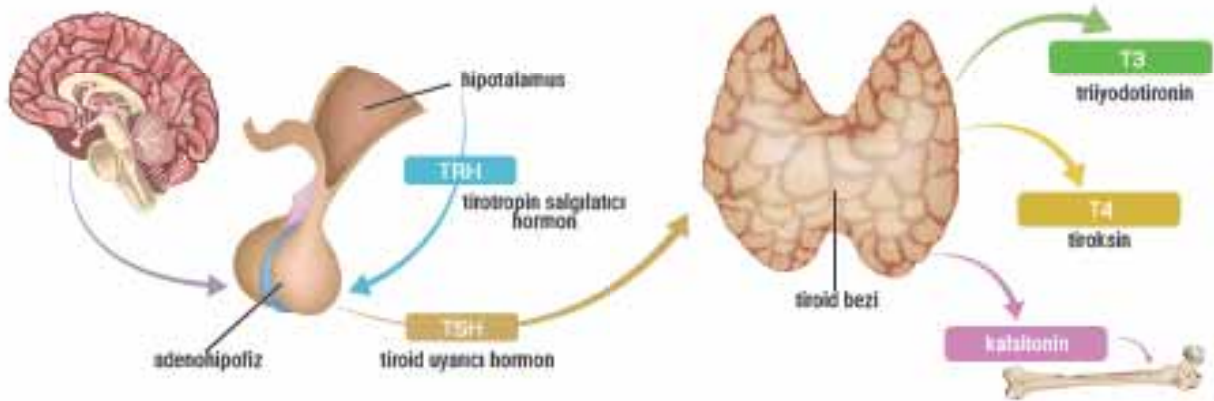
2.27 Diğer Endokrin Bezler ve Hormonları

Hatırla!

- Hipotalamus, merkezi sinir sisteminin hangi bölümünde bulunur?
- Hipotalamus ve hipofiz nasıl bağlantılıdır?
- Hormonlar nedir?

TİROİD BEZİ

Tiroid bezi, kalkan biçimindedir ve gırtlığın hemen altında, soluk borusunun iki yanında yer alır. Kütlesi 30 ile 60 gram arasındadır. Birbirine daha dar bir bez bölümü olan istmus ile bağlanan iki lobdan (sol ve sağ) oluşur. Tiroid dokusu, kolloid (protein kütlesi) ile dolu çok sayıda folikülden (kesecikten) meydana gelir. Tiroid hormonları bu yapılarda sentezlenir ve biriktirilir. Her folikül, bez hücreleri olan tiroositlerle döşelidir. Dış taraftan bütün tiroid bezi bağ doku ile sarılmıştır.



Tiroid bezinin ve konumunun şematik gösterimi

Tiroid hormonlarının fizyolojik etkisi çeşitlidir. Bu hormonlar büyüme, gelişme ve sinir sisteminin işlevine katılır; ısı üretimini artırır, kalbin çalışmasını ve solunumu etkiler, ayrıca sindirimi ve besin maddelerinin kullanılmasını düzenler. Organizma soğuğa maruz kaldığında tiroid hormonlarının salgılanması artar; bu da daha yoğun ısı oluşumuna ve normal vücut sıcaklığının korunmasına yol açar.

Tiroid hormonları, özellikle büyüme ve gelişme döneminde protein sentezini uyarır; böylece normal büyümeye ve dokuların yenilenmesine katkıda bulunur. Glikozun kullanılmasını ve glikojenin parçalanmasını artırır. Aynı zamanda yağların parçalanmasını da uyarır; bu durum yağ depolarının azalmasına ve toplam metabolizmanın hızlanmasına yol açar. Hücrelerde bazal metabolizmayı ve oksijen tüketimini artırır; bunun sonucunda organizmadaki metabolik süreçlerde genel bir hızlanma meydana gelir.

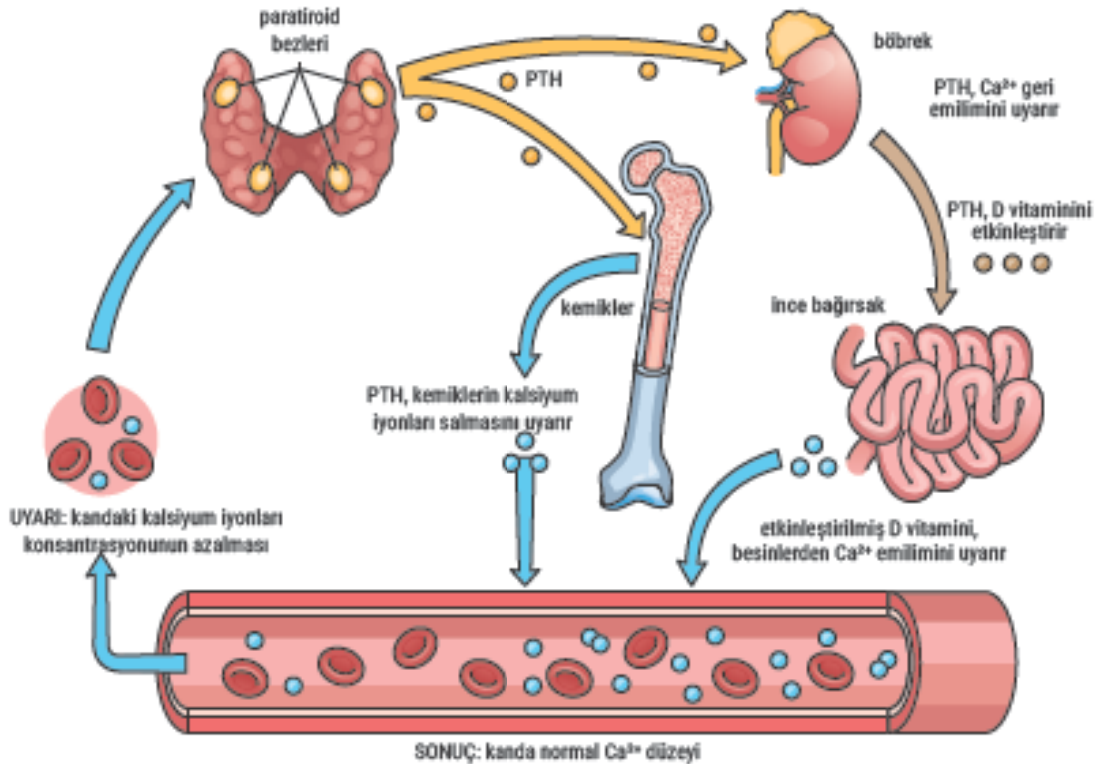
Tiroid hormonları, özellikle büyüme ve gelişme döneminde protein sentezini uyarır; böylece normal büyümeye ve dokuların yenilenmesine katkıda bulunur. Glikozun kullanılmasını ve glikojenin parçalanmasını artırır. Aynı zamanda yağların parçalanmasını da uyarırlar; bu durum yağ depolarının azalmasına ve toplam metabolizmanın hızlanmasına yol açar. Hücrelerde bazal metabolizmayı ve oksijen tüketimini artırır; bunun sonucunda organizmadaki metabolik süreçlerde genel bir hızlanma meydana gelir.

Tiroid hormonlarının sentezi ve sekresyonu, negatif geri bildirim ilkesine göre düzenlenir. Bu, kandaki tiroksin konsantrasyonunun artmasının hipotalamustan tiroo-rilizing hormonun sekresyonu üzerinde inhibitör etki göstermesi anlamına gelir. Bunun sonucunda adenohipofizden tiroid uyarıcı hormonun sekresyonu azalır; böylece tiroid bezinin tiroid hormonlarını sentezleme ve salgılama yönündeki uyarılması da azalır.

Kalsitonin (tirokalsitonin), tiroid bezinden salgılanan üçüncü hormondur. Protein yapılıdır ve hidrofiliktir; paratiroid hormonuna karşıt etki gösterir. Kandan kemiklere Ca^{2+} yerleşimini uyararak kandaki Ca^{2+} düzeyinin azalmasına yol açar.

PARATİROİD BEZLERİ

Paratiroid bezleri, tiroid loblarının arka tarafında yerleşmiş iki çift bezdir. Bu bezlerde paratiroid hormonu (PTH) ya da parathormon salgılanır. PTH, kandaki Ca^{2+} düzeyinin azalmasına yanıt olarak sentezlenir ve salınır. Bu azalma uzun süre devam edemez; çünkü kandaki Ca^{2+} düzeyinde belirgin bir düşüş, kalp de dâhil olmak üzere kasların işlevinde bozulmaya, ayrıca sinir ve endokrin sistemin uygun biçimde çalışmamasına neden olabilir. Paratiroid hormonu, kandaki Ca^{2+} düzeyinin artmasını uyarır. Öte yandan PTH, D vitamininin etkinleştirilmesine de katılır.



Paratiroid bezlerinin ve kalsiyum iyonlarının düzenlenmesinin şematik gösterimi

D vitamini, besinlerle alınabilen, ancak güneş ışığının etkisiyle deride kolesterol türevinden de sentezlenebilen lipofilik bir vitamindir. Aktivasyonunun son basamağı paratiroid hormonu tarafından uyanılır. D vitamininin aktif formu, kalsiyum ve fosfor homeostazının düzenlenmesine katılır. Bu hormon, bağırsaklarda Ca^{2+} emilimini uyarır ve böylece kandaki Ca^{2+} düzeyinin artmasına yardımcı olur.

İki hormon (parathormon ve kalsitonin) ile D vitamini birlikte işlev görür; böylece kanda Ca^{2+} miktarının görece sabit kalmasını ve kemiklerin yapımı için yeterli Ca^{2+} bulunmasını, ayrıca birçok başka işlevin gerçekleşmesini sağlar.

BÖBREKÜSTÜ BEZLERİ

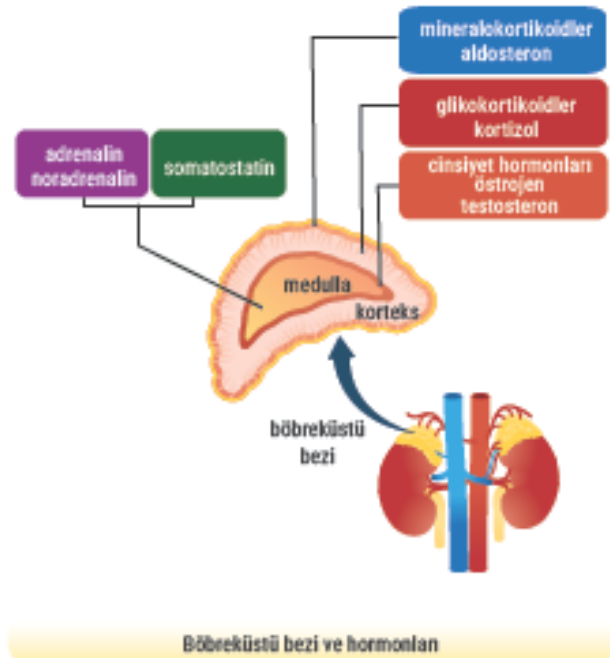
Böbreküstü (adrenal) bezleri, her biri yaklaşık 4–6 g kütleye sahip, görece küçük iki bezdir. Böbreklerin hemen üzerinde bulunurlar. İç bölüm medulla ya da öz bölge, dış bölüm ise böbreküstü bezinin korteksi ya da kabuğu olarak adlandırılır.

Böbreküstü bezlerinin medullasında iki hormon oluşturulur: adrenalin ve noradrenalin; bunlar katekolaminler olarak bilinir. Yetişkin insanda daha fazla adrenalin (yaklaşık %80), daha az noradrenalin (yaklaşık %20) salgılanır. Bu maddeler yalnızca böbreküstü bezlerinde oluşturulmaz; sempatik sinir liflerinden de salgılır. Bu nedenle bezin medullasının çıkarılması yaşamı tehdit edici değildir. Adrenalin ve noradrenalin, stres, korku, öfke ya da tehlike koşullarında salgılandıkları ve organizmanın hızlı tepki vermesine yardım ettikleri için stres hormonları ya da "savaş veya kaç" hormonları olarak da adlandırılır.

Adrenalin metabolizmayı hızlandırır, kandaki glikoz konsantrasyonunu artırır, kalbin çalışmasını hızlandırır ve kan basıncını yükseltir. Etkin olmayan organlardaki kan damarlarını daraltır, vücudun etkin bölümlerindeki damarları ise genişletir. Ayrıca bronşiyollerin genişlemesine neden olur; bu da solunumu kolaylaştırır. Noradrenalin benzer etki gösterir, ancak organizmanın büyük bir bölümündeki kan damarlarını daha belirgin biçimde daraltır ve kan basıncının yükselmesi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir.

Böbreküstü bezlerinin korteksinden üç temel hormon grubu salgılanır: glikokortikoidler, mineralokortikoidler ve küçük miktarlarda cinsiyet hormonları. Bunların tümü steroid hormonlar grubuna girer; bu nedenle *kortikosteroidler* olarak adlandırılırlar.

- Glikokortikoidler, karbonhidrat metabolizmasında önemli role sahiptir. Glikoz oluşumuna katılır ve organizmada enerji dengesinin korunmasına yardım ederler. Ayrıca stres koşullarında organizmayı korurlar ve inflamatuvar tepkiyi azaltırlar; bu nedenle ilaç olarak da kullanılırlar. En önemli glikokortikoid kortizoldür (hidrokortizon). Bunların salgılanması, hipotalamus ve hipofiz ile negatif geri bildirim aracılığıyla düzenlenir.
- Mineralokortikoidler, organizmada su ve mineral dengesini, özellikle sodyum ve potasyum dengesini düzenler. Böbrekler



üzerinde etki ederek sodyumun geri emilimini artırır ve potasyumun atılmasını uyarırlar. Bu gruptaki en önemli hormon **aldosterondur**.

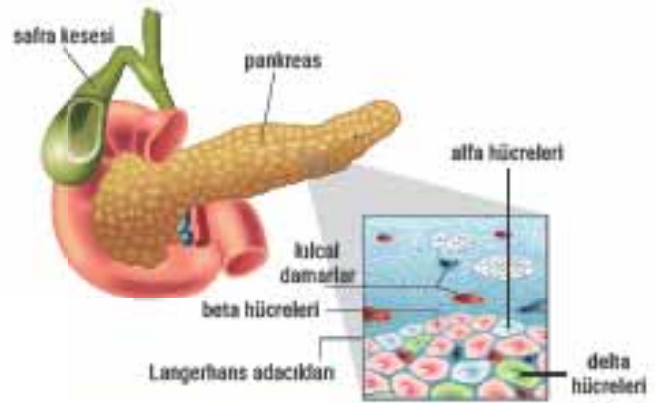
- Böbreküstü bezlerinin kabuğundan salgılanan cinsiyet hormonları küçük miktarlarda bulunur ve çoğunlukla androjenlerdir.

PANKREAS

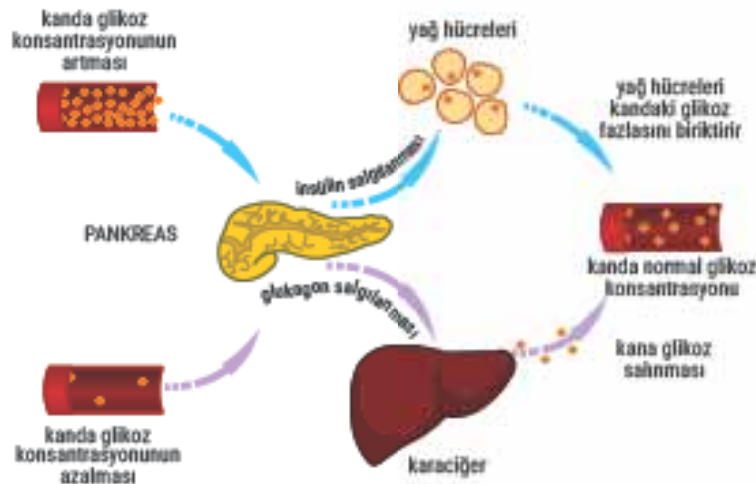
Pankreas, çift işlevli bir bezdir: ekzokrin işlevi vardır (ince bağırsağa salgılanan ve besinlerin sindirimine katılan pankreas öz suyunu oluşturur) ve endokrin işlevi vardır. Pankreasın endokrin bölümü, **Langerhans adacıkları** adı verilen özelleşmiş hücrelerden oluşmuş küçük gruplardan (adacıklardan) meydana gelir. Bu adacıklarda üç hormon sentezlenir: **insülin**, **glukagon** ve **somatostatin**. **insülin**, **beta hücreleri** denilen hücreler tarafından; **glukagon** **alfa hücreleri** tarafından; somatostatin ise **delta hücreleri** tarafından sentezlenir.

insülinin temel etkisi, kandaki glukoz (şeker) düzeyinin (glisemi) düzenlenmesidir. **insülin** hipoglisemik etkiye sahiptir; yani glukozun kandan hücrelere alınmasını, enerji elde etmek için kullanılmasını ve karaciğer ile kaslarda glikojen olarak depolanmasını uyarak kandaki glukoz konsantrasyonunu azaltır.

Glukagon, **insüline** karşıt etki gösterir. Karaciğerde glikojenin parçalanması yoluyla kandaki glukoz düzeyini artırır. Açlık koşullarında, başka maddelerden glukoz oluşumuna da katılır; böylece organizmaya enerji sağlar.



Pankreasın endokrin bölümü – üç tip hücre içeren Langerhans adacıkları



Kandaki glukoz düzeyinin (glisemi) düzenlenmesinin şematik gösterimi

Somatostatin, aralarında büyüme hormonunun da bulunduğu bazı hormonların salgılanmasını azaltır.

İnsülin ve glukagon salgılanması, kandaki glikoz düzeyine göre düzenlenir; insülin sekresyonu üzerinde sinir sistemi de etkilidir. Bu süreçte parasempatik sistem insülin sekresyonunu artırırken, sempatik sistem azaltır.

ÜREME BEZLERİ

Üreme bezlerinin çift işlevi vardır: ekzokrin ve endokrin. Ekzokrin işlev, üreme hücrelerinin (spermatozoitler ve yumurta hücreleri) oluşturulmasından oluşur. Endokrin işlev ise üreme hormonlarının sentezi ve salgılanmasından oluşur.

Erkek üreme bezlerinde (semen bezleri, testisler) erkek üreme hormonları sentezlenir; bunlar *androjenler* olarak da bilinir. Bunların en önemlisi testosterondur. Testosteron her şeyden önce erkek üreme organlarının büyümesini, gelişmesini ve işlevini etkiler; ayrıca ikincil erkek özelliklerinin ortaya çıkmasını da etkiler (sakal ve bıyık çıkması, sesin kalınlaşması, kas yapısının daha gelişmiş olması, metabolizmanın daha yoğun olması vb.).

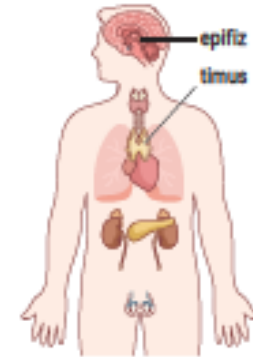
Kadın üreme bezlerinde (yumurtalıklar, ovaryumlar) *östrojenler* olarak da bilinen kadın hormonları sentezlenir. Bunların en önemlisi estradioldür. Estradiol, kadın üreme organlarının gelişimini, süt bezlerinin gelişimini ve ikincil eşeyssel özelliklerin ortaya çıkmasını etkiler. Kadınlarda progesteron adı verilen başka önemli bir hormon da sentezlenir. Progesteronun en temel fizyolojik rolü, gebeliğin gelişmesi ve sürdürülmesindedir.

TİMUS

Timus göğüs kemiğinin arkasında yer alan bir bezdir ve özellikle çocukluk döneminde bağışıklık sisteminin gelişiminde önemli rol oynar. T-lenfositlerin olgunlaşmasına katılan timosin gibi hormonlar salgılar. Timus puberteye kadar en aktiftir; daha sonra eşey hormonlarının etkisiyle etkinliği azalır.

EPİFİZ

Pineal bez (epifiz), orta beyin tavanında yer alan, koni biçimli yapıya sahip küçük ve yassı bir bezdir; melatonin hormonunu salgılar. Bu hormon, ışığın etkisine bağlı olarak en fazla gece, daha az ise gündüz salgılanır. Melatonin, gündüz-gece ritmini, yani uyku ve uyanıklığı düzenler; ayrıca puberte ve üreme sistemi üzerinde etkisi vardır.



Epifiz ve timus'un bulunduğu yer (konumu)

DİĞER HORMONLAR

Endokrin bezlerin yanı sıra, başka doku ve organlardan da hormonlar salgılanır. Böylece böbrekler, kemik iliğinde eritrositlerin oluşumunu uyaran eritropoietin hormonunu salgılar. Bu hormon, kanda oksijen az olduğunda salgılanır. Mide, midede sindirimi uyaran gastrin hormonunu salgılar. İnce bağırsakta sekretin ve kolesistokinin gibi sindirim süreçlerini düzenleyen hormonlar oluşturulur. Sekretin, bikarbonatlar ve enzimler bakımından zengin pankreas özsuyunun salgılanmasını uyarır; kolesistokinin ise safra kesesinin boşalmasını uyarak yağların sindirimini iyileştirir.

Kalbin kulakçıklarında, böbrekler aracılığıyla sodyum ve su atılımını artıran ve kan basıncını düşüren atriyal natriüretik peptit (ANP) hormonu oluşturulur.

Gebelik sırasında plasenta, gebeliğin sürdürülmesi ve fetüsün gelişimi için önemli hormonlar salgılar; bunlar arasında **human koryonik gonadotropin (hCG)**, **progesteron** ve **östrojenler** bulunur. hCG'nin varlığı, gebelik için güvenilir bir gösterge olarak kullanılır.

Prostaglandinler, birçok dokuda oluşturulan ve başlıca yerel olarak etki gösteren maddelerdir. İnflamatuvar süreçlere, rahim kasılmalarına ve kan damarlarının düzenlenmesine katılırlar. Aspirin gibi bazı ilaçlar prostaglandinlerin oluşumunu azaltır; prostaglandinlerin artmış salgılanması ise örneğin menstrüasyon sırasında ağrıları neden olabilir.

Etkinlik

1. Endokrin Bezlerin Kimlik Kartı

4-5 öğrencilik gruplara ayrılınız. Endokrin bezlerin adı, salgıladıkları hormonlar, hedef organları ve işlevleriyle ilgili bir tablo hazırlayınız. Tamamlandıktan sonra posterlerinizi sununuz; diğer öğrenciler de doğruluğunu kontrol etsin.

2. Hormon Günlüğü

1-2 gün boyunca etkinliklerinizi, ruh halinizi ve enerji durumunuzu not ederek bir günlük tutun. Kortizol (stres), melatonin (uyku) ya da insülin (yemekten sonra) gibi belirli hormonların ne zaman etkili olabileceğini ilişkilendirmeye çalışın. Sonunda hormonların organizmamızı ve günlük etkinliklerimizi nasıl düzenlediğini birlikte tartışın.

Tekrar Soruları

1. Hipofiz, tiroid bezi ve böbreküstü bezleriyle hangi şekilde bağlantılıdır?
2. Pankreastan salgılanan insülin ve glukagon, kandaki glikoz homeostazının korunmasına nasıl yardımcı olur? Açıkla.
3. Kalsitonin ve paratiroid hormonu, kalsiyum homeostazına nasıl katılır?

İlginç biyoloji

- Melatonin epifizde oluşturulur ve "karanlık hormonu" olarak bilinir; çünkü geceleyin vücuda uyku zamanının geldiğini bildirir. Hipotalamusta oluşturulan oksitosin, "haz hormonu" ve bağlılık hormonu olarak kabul edilir; çünkü dokunma ve güven sırasında salgılanır. Serotonin beyinde ve midede oluşturulur ve "mutluluk hormonu" olarak bilinir – tok olduğumuzda ve kendimizi iyi hissettiğimizde, mide ve beyin ruh halini iyileştiren sinyaller gönderir. Bu hormonlar birlikte uykuyu, hazı, bağlılığı ve mutluluğu düzenleyerek iyi oluş duygusu oluşturur.
- İnsülinin bir hormon olarak keşfedilmesine yönelik ilk deneyler, 1889 yılında, eksikliğin diyabete neden olduğunun fark edilmesiyle başlamıştır. 1921 yılında insülin izole edilmiş ve insanlar için ilaç olarak kullanılan ilk hormon olmuştur.

2.28 Sinir ve Endokrin Sistemin Bağlantısı

Hatırla!

- Sinir ve endokrin sistem anatomik olarak bağlantılı mıdır?
- Herhangi bir nörotransmitter endokrin hücreler üzerinde, endokrin hücrelerden salgılanan bir madde de ters yönde etki gösterir mi?

Endokrin ve sinir sistemi, organizmanın çalışmasını koordine ettiği ve çevredeki değişikliklere yanıt verdiği iki temel mekanizmayı oluşturur. Farklı biçimde işlev görmelerine rağmen, birbirleriyle sıkı biçimde bağlantılıdır ve birlikte homeostazın korunmasını ve bedenin doğru biçimde çalışmasını sağlarlar.

Sinir sistemi, sinirler aracılığıyla iletilen hızlı elektriksel impulslarla çalışır ve sıcak bir nesnenin elin çekilmesi ya da korkuya hızlı tepki verilmesi gibi ani tepkileri mümkün kılar. Öte yandan endokrin sistem, kan yoluyla taşınan hormonlar aracılığıyla etki gösterir ve organların daha yavaş, ancak daha uzun süreli biçimde etkiler; büyümeyi, metabolizmayı, gelişimi ve enerji dengesini düzenler.

Tablo: Hormonların ve nörotransmitterlerin etkisinin karşılaştırılması

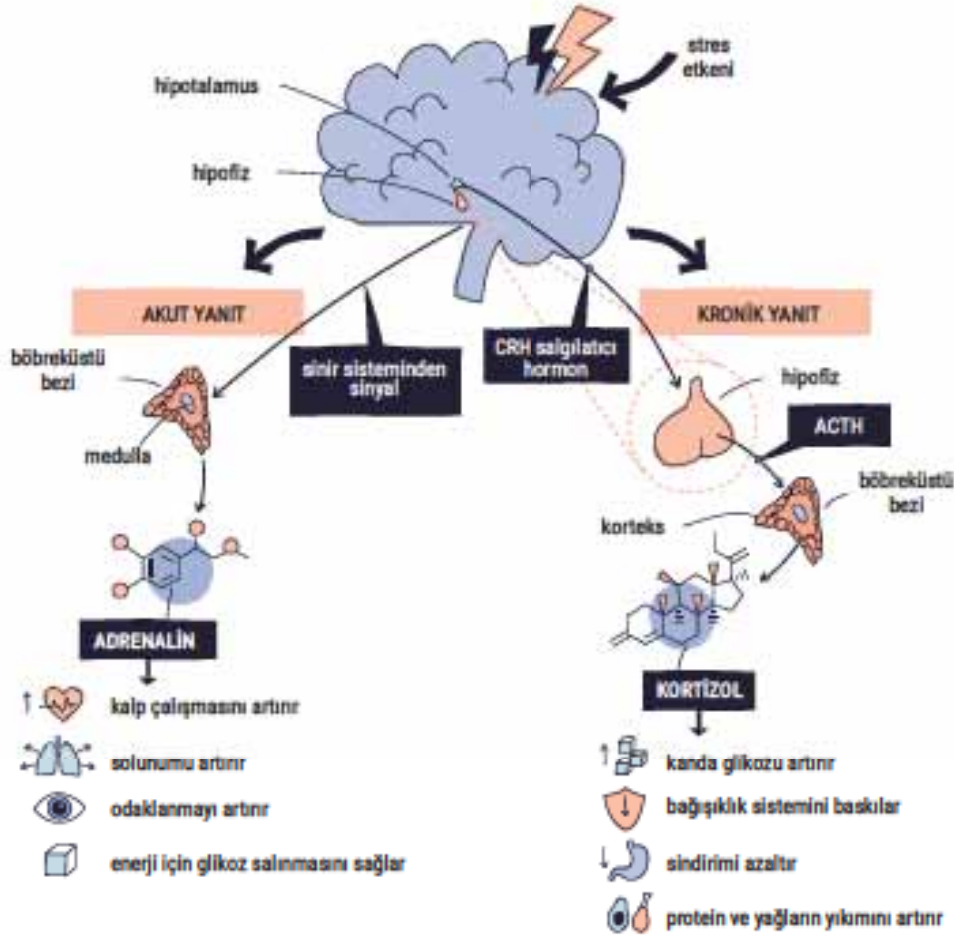
Özellik	Sinir sistemi	Endokrin sistem
Hız	Çok hızlı	Daha yavaş
Süre	Kısa süreli	Uzun süreli
Biçim	Sinir impulsları	Kan yoluyla hormonlar
Amaç	Hızlı tepkiler	Uzun süreli süreçler

İki sistem arasındaki temel bağlantı hipotalamusta bulunur. Hipotalamus bilgileri alır ve hipofiz aracılığıyla endokrin bezlerin çalışmasını yönetir. Bu şekilde sinir sistemi hormonal değişiklikleri başlatabilir; hormonlar ise merkezî sinir sistemindeki sinir dokusu da dâhil olmak üzere organizmanın bütün bölümlerinin çalışmasını etkiler.

Örneğin stres sırasında hipotalamus, aldığı uyarılardan sonra böbreküstü bezlerine adrenalin ve kortizol salgılamaları için sinyal gönderir; bunlar bedeni tepki vermeye hazırlar. Bu sürekli iletişim, bedenin gerektiğinde hızlı tepki vermesini, aynı zamanda dengeyi ve organizmanın sağlığını korumak amacıyla koşullara uzun vadeli olarak uyum sağlamasını mümkün kılar.

Sinir sistemi ile endokrin sistem arasındaki bağlantı bozulduğunda, organizma tepkilerini doğru biçimde koordine etme ve iç dengesini sürdürme yeteneğini kaybeder. Hipofiz beyinden doğru sinyaller alırsa, tiroid bezinde hormonal dengesizlik, büyüme hormonunun düzensiz düzeyi ya da şekerin düzenlenmesinde bozukluk ortaya çıkabilir. Sinir yollarındaki sorunlar pankreası da etkileyebilir; bu da normal gliseminin korunmasında güçlükler doğurur. Bağlantının uzun süreli bozulması durumunda organizma; ruh hâli değişiklikleri, uykusuzluk, vücut ağırlığıyla ilgili sorunlar, konsantrasyon azalması ve genel sağlığın zayıflaması gibi belirtilerle karşılaşır.

Hipofiz işlevindeki bozukluklar çoğunlukla hipofizde ya da hipotalamusta tümörlerin ortaya çıkmasının sonucudur. Bu tümörlerin bazıları, büyüme hormonu üreten çok sayıda hücre içerir. Çocukluk ve adolesan dönemde büyüme hormonunun artmış salgılanması olursa gigantizm-devlik, yani anormal derecede uzun boy gelişimi ortaya çıkar. Bu tür bozukluğu olan kişiler çoğu zaman zayıftır ve çok büyük vücut boyuna ulaşabilir. Büyüme hormonunun artmış salgılanması yetişkin bireylerde ortaya çıkarsa akromegali (orantısız büyüme) gelişir – tek tek yapıların büyümesi söz konusu olur. Vücut bölümlerinin, örneğin avuç içlerinin, ayak tabanlarının, burnun, dilin ve alt çenenin büyümesi ortaya çıkar. Çocukluk çağında büyüme hormonunun salgılanmasının azalması, somatotrop hormon verilerek başarılı biçimde tedavi edilebilir. Büyüme hormonunun az salgılanması durumunda zihinsel gelişimde de değişiklikler görülebilir.



Vücudun strese akut ve kronik yanıtı

Çeşitli nedenlerle tiroid bezinin çalışmasında bozukluklar ortaya çıkabilir. En yaygın bozukluklar şunlardır: guatr (struma), hipotiroidizm ve hipertiroidizm. Guatr, tiroid bezinin büyümesidir. Bu durum çoğunlukla beslenmede iyot eksikliğinin sonucudur. Hipotiroidizm, tiroid bezinin çok az hormon salgıladığı durumdur. Erken gelişim döneminde ya da doğumdan hemen sonra ortaya çıkarsa, fiziksel ve zihinsel gelişimde ciddi geriliğe yol açabilir. Hipertiroidizm, tiroid bezinin çok fazla hormon salgılaması durumunda görülür. En bilinen biçimi Graves (Basedow) hastalığıdır; bu hastalık guatr, gözlerin dışa doğru çıkık olması, kalp çalışmasının hızlanması, terlemenin artması, zayıflama, sinirlilik ve sıcağa tahammülsüzlük ile karakterizedir.

Tiroid bezi hastalıklarının zamanında saptanması için çoğunlukla tiroid hormonlarının ve tiroid uyandırıcı hormonun (TSH) düzeyini ölçmeye yönelik kan analizleri yapılır; bazen de radyoaktif iyotla inceleme uygulanır.

Böbreküstü bezlerinin korteks işlevinin azalması, Addison hastalığı olarak bilinen hastalığın ortaya çıkmasına yol açar. Bu hastalığın temel özellikleri şunlardır: kas atrofisi (kas dokusunun azalması), halsizlik, deride pigmentasyon ve dengenin bozulması organizmadaki tuz ve su dengesinin bozulmasıdır. Kortizol sekresyonunun artması, Cushing sendromu adı verilen bir durumun ortaya çıkmasına neden

olur. Bu durum; özellikle yüzün yuvarlaklaşmasıyla birlikte kilo alma, morlukların olduğu ince deri, kas zayıflığı, kemik kütlelerinin kaybı ve kandaki şeker düzeyinin artması gibi belirtilerle kendini gösterir.

Çeşitli nedenlerle pankreastaki beta hücrelerinin işlevinde bozukluklar ortaya çıkabilir; bu da insülin sekresyonunun azalması ya da artmasıyla sonuçlanabilir. İnsülin sekresyonu azaldığında glukoz hücrelere giremez, kanda kalır ve fazlası böbrekler aracılığıyla idrarla dışarı atılır (glikozüri). Bu durum (hastalık), şeker hastalığı (diabetes mellitus) olarak adlandırılır. Diyabetin iki temel türü vardır: insüline bağımlı diyabet ve insüline bağımlı olmayan diyabet. Bu hastalık özel diyet beslenmesiyle ya da ilaç kullanımıyla kontrol altına alınabilir.

Günümüzde birçok insanın mevsimsel değişikliklere duyarlı olduğu bilinmektedir. Örneğin uzun ve karanlık günler, motivasyonun ve ruh hâlinin azalmasını etkiler. Gün süresinin kısaldığı dönemlerde, mevsimsel hastalık olarak adlandırılan durumdan etkilenen kişiler uykulu, depresif ve sinirli hâle gelir. Bu davranışın nedeninin pineal bezden salgılanan melatonin olduğu düşünülmektedir. Nitekim ışık, melatonin sekresyonunu azaltarak motivasyonu ve ruh hâlini artırır; melatonin depresif hormon olarak da bilinir.

ENDOKRİN SİSTEMİN KORUNMASI İÇİN SAĞLIKLI ALIŞKANLIKLAR

Diğer sistemlerde olduğu gibi, endokrin sistem için de sağlıklı günlük alışkanlıklar belirleyici öneme sahiptir. Sinir ve endokrin sistem sürekli iletişim hâlinindedir; bu nedenle sağlıklı yaşam biçimi, bu sistemler arasındaki normal ilişkileri de korur.

Doğru beslenme, endokrin sistemi sağlıklı tutan en önemli alışkanlıklardan biridir. Sebze, meyve, tam tahıllar, sağlıklı yağlar ve proteinler bakımından zengin beslenme, hormonların normal salgılanmasını destekler ve tiroid bezi ile pankreas gibi bezlerin aşırı yüklenmesini önler. Rafine şekerlerin ve basit karbonhidratların aşırı tüketimi, insülinin fazla salgılanmasına yol açar; bu da pankreası yorar ve diyabet riskini artırır. Tam tahıllı besinler, elma ve ceviz gibi yiyeceklerin seçilmesi, glisemi düzeyinin dengede tutulmasına yardımcı olur. Öte yandan tiroid bezi, normal hormon üretimi için iyot ve selenyuma gereksinim duyar. Balık, iyotlu tuz, yumurta ve Brezilya cevizi, tiroidin sağlıklı çalışmasına yardımcı olur.

Orta düzeyde fiziksel aktivite, birçok hormonun salgılanmasını iyileştirir; ayrıca beyin ile endokrin bezler arasındaki iletişimi de güçlendirir. Hareket, hücrelerin insüline duyarlılığını artırır, ruh hâlini iyileştirir ve stres hormonlarının düzeyini azaltır. Böbreküstü bezleri strese karşı çok duyarlıdır. Orta düzeyde egzersiz yapmak (tempolu yürüyüş, yüzme, bisiklet) kortizolu azaltır ve adrenalini dengeler.

Uyku, hormonların doğru salgılanması için çok önemlidir. Uyku eksikliği, hipotalamus ve hipofizden salgılanmasını bozar ve başta kortizol, büyüme hormonu ve açlığı kontrol eden hormonlar olmak üzere birçok hormonda değişikliklere yol açar. Derin uyku sırasında büyüme hormonu salgılanır; bu hormon büyüme, yenilenme ve doğru metabolizma için gereklidir. Yetersiz uykunun kortizolu artırdığı bilinmektedir; bu da vücut kütlelerini, bağırsıklığı ve psikolojik durumu etkiler. Düzensiz uyku ritmi, beyinden açlığı kontrol eden hormonlara gönderilen sinyalleri bozar; bu da aşırı yemeye yol açar.

Kronik stres, normal hormonal dengenin en büyük düşmanlarından biridir. Böbreküstü bezlerini zorlar, tiroid hormonlarının salgılanmasını değiştirir ve beyin-hipofiz-bezler arasındaki iletişimi bozar. Uzun süre yüksek kalan kortizolün yorgunluğa, zayıf bağışıklığa, uyku bozukluğuna, kan şekerinin yükselmesine ve ruh hâli değişikliklerine yol açabileceği bilinmektedir.

Öte yandan derin nefes alma, doğada yürüyüşler ya da hobi etkinlikleri stresi azaltır ve hem sinir sisteminin hem de endokrin sistemin dengelenmesine yardımcı olur.

Nikotin, alkol ve aşırı kafein alımı gibi belirli maddeler, hormonları ve sinir impulslarını bozabilir. Alkol, hipofizi ve tiroid bezini zorlayarak hormonların düzensiz salgılanmasına neden olur. Nikotin, böbreküstü

bezlerinin medullası üzerinde etki gösterir ve adrenalin ile noradrenalinin aşırı salgılanmasını uyarır. Plastik, pestisitler ve zararlı içeriklere sahip kozmetik ürünler, doğal hormonların etkisini engelleyebilir.

Psikolojik durum, sinir sistemini doğrudan; hormonları ise dolaylı olarak etkiler. Olumlu çevre, iletişim ve destek, stresi azaltır ve iki sistem arasındaki bağlantıyı iyileştirir. İyi bir psikolojik durum serotonin dengeler; bu da iştah, uyku ve ruh hâliyle ilişkili hormonları dolaylı olarak etkiler.

Azalmış stres → daha az kortizol salgılanması → bütün endokrin sistemin daha dengeli çalışması

Aşırı fazla ya da çok düşük vücut kütlesi de hormonların çalışmasını etkiler. Yağ dokusu kendi başına hormon salgılar; bu nedenle aşırı miktarda olduğunda dengesizlik oluşturabilir. Obezite, artmış insülin, hücrelerin duyarlılığının azalması ve pankreasın çalışmasının bozulmasıyla ilişkilidir. Öte yandan aşırı düşük kilo, hipofizi etkileyerek büyümeyi ve üremeyi düzenleyen hormonları azaltır.

Etkinlik

İnfografik „Stresin Biyolojisi“

3-4 öğrencilik gruplar hâlinde, stresin izlediği yolu açıklayan bir infografik oluşturun. Göreviniz, sinir sistemi ile endokrin sistemin birlikte nasıl çalıştığını göstermektir.

- Beynin tehlikeyi nasıl algıladığını ve böbreküstü bezlerine nasıl sinyal gönderdiğini gösteriniz.
- Adrenalin salgılanmasını (hız için) ve kortizol salgılanmasını (enerji için) sembollerle gösterin.
- Fiziksel değişiklikleri göstermek için oklar kullanın: artmış nabız (kalbin daha hızlı pompalaması), hızlanmış solunum (kaslara daha fazla oksijen), genişlemiş göz bebekleri (durumun daha iyi görülmesi) vb.

Parasempatik sistemin bedeni nasıl normale döndürdüğünü açıklayın.

Tekrar Soruları

1. Bedenin endokrin ve sinirsel düzenlenmesi arasındaki başlıca farklar nelerdir?
2. Hormonal dengedeki bozukluklar büyümeyi, metabolizmayı ya da üremeyi nasıl etkileyebilir?
3. Hangi sağlıklı alışkanlıklar endokrin sistemin normal işlevinin ve hormonal dengenin korunmasına yardımcı olur?

İlginç biyoloji

- Enerji içecekleri çoğunlukla kafein içerir; kafein sinir sistemini uyarır ve dikkati ile enerji hissini geçici olarak artırır. Kafein kalp ritmini hızlandırır ve kan basıncını yükseltebilir. Özellikle gençlerde aşırı kullanımı, etkisi geçtikten sonra uykusuzluğa, sinirliliğe ve yorgunluğa yol açabilir.



Canlı Organizmaların Organizasyon Düzeyi

- ✓ Hücre, yaşamın temel yapısal ve işlevsel birimidir ve farklı işlevlere sahip organeller içerir. İnsan organizmasında birçok farklı hücre tipi bulunur.
- ✓ Aynı tip hücreler dokuları oluşturur; farklı dokular ise birlikte organları meydana getirir. Dört temel doku vardır: epitel doku, bağ doku, kas doku ve sinir doku.
- ✓ Birlikte çalışan birçok organ, sindirim, solunum, sinir sistemi ve diğerleri gibi organ sistemlerini oluşturur.
- ✓ Bütün organ sistemleri birbiriyle bağlantılıdır ve birlikte insan organizmasını bir bütün olarak meydana getirir.
- ✓ Bu sistemlerin koordineli çalışması homeostazın korunmasını sağlar; sağlıklı alışkanlıklar ise bedenin doğru biçimde işlev görmesine yardımcı olur.

Sindirim Sistemi

- ✓ Besinler organik ve inorganik maddelerden oluşur. Organik maddeler; karbonhidratları, proteinleri ve yağları (makro-nutrientler) ve organizmanın normal işleyişi için gerekli olan vitaminleri kapsar. Su ve mineraller, yaşamsal süreçlerin sürdürülmesinde önemli role sahip inorganik maddelerdir. Besin maddelerinin enerji verici, yapıcı, koruyucu ve düzenleyici rolleri vardır.
- ✓ Enzimler, besinlerin sindirilmesi süreçlerine katılan biyokatalizörlerdir.
- ✓ Sindirim sistemi ağızla başlar; burada besinler mekanik olarak işlenir ve tükürük yardımıyla sindirim başlar. Besinler mideye taşınır; burada asit ve enzimler proteinlerin parçalanmasını başlatır. Sindirimin ve emilimin en büyük bölümü, pankreasın gelen enzimler ve karaciğerden gelen safra yardımıyla ince bağırsakta gerçekleşir. Kalın bağırsakta su, bağırsak mikrobiyotası tarafından oluşturulan vitaminlerin bir bölümü emilir ve atık maddeler oluşturulur. Besin maddeleri, emilim ve asimilasyon yoluyla hücrelere taşınır; burada enerji ve yapı için kullanılır.
- ✓ Sağlıklı ve dengeli beslenme, sindirim sisteminin doğru çalışmasını sağlar; sağlıksız beslenme ise sindirim sağlığında ve organizmanın genel sağlığında çeşitli bozukluklara yol açabilir.

Dolaşım ve Lenf Sistemi

- ✓ Kan ve lenf, dolaşım ve lenf sistemiyle birlikte, maddelerin taşınmasında ve organizmanın korunmasında önemli role sahiptir.
- ✓ Kan; plazma ve kan hücrelerinden oluşur: eritrositler, lökositler ve trombositler. Eritrositler oksijen taşır, lökositler savunmaya katılır, trombositler ise kanın pıhtılaşmasını sağlar. Plazma besin maddelerini, hormonları ve atık ürünleri taşır.
- ✓ Kalp, kanı vücut boyunca pompalayan kas yapılı bir organdır. Sol ve sağ yarımdan oluşur; her yarımda bir kulakçık ve bir karıncık bulunur.
- ✓ Kan, atardamarlar, toplardamarlar ve kılcal damarlar boyunca hareket eder; atardamarlar kanı kalpten dışarı taşır, venler kanı geri getirir, kılcal damarlar ise dokularla madde alışverişini sağlar.
- ✓ İki kan dolaşımı vardır: küçük ve büyük dolaşım. Küçük dolaşım kanı akciğerlere taşır; büyük dolaşım ise bütün vücuda oksijen ve besin maddeleri sağlar.
- ✓ Lenf sistemi, fazla sıvıyı kan dolaşımına geri döndürür ve bağışıklıkta önemli role sahiptir; bağışıklık özgül olmayan ve özgül olabilir.

- ✓ Aşılama, immünolojik (bağışıklık) belleğin oluşmasını ve bulaşıcı hastalıklara karşı korunmayı sağlar.
- ✓ Sağlıklı beslenme, fiziksel aktivite ve zararlı alışkanlıklardan kaçınmak; kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi ve kanın bileşiminin, işlevinin ve savunma mekanizmalarının korunması için temel öneme sahiptir.

Solunum Sistemi

- ✓ Solunum sistemi, organizmaya oksijen alınmasını ve karbondioksit uzaklaştırılmasını sağlar. Burun boşluğu, yutak, gırtlak, soluk borusu, bronşlar ve alveollerle birlikte akciğerlerden oluşur.
- ✓ Hava, solunum yolları boyunca akciğerlere doğru hareket eder; ancak gaz alışverişi bu yollarda değil, yalnızca alveollerde gerçekleşir.
- ✓ Akciğer ventilasyonu (havalandırılması), soluk alma ve soluk vermeyi kapsar; diyaframın ve kaburgalar arası kasların çalışmasıyla sağlanır.
- ✓ İnce duvarlı olan ve kılcak damarlarla çevrili bulunan alveollerde gazlar, parsiyel basınç farklarına bağlı olarak difüzyonla değiş tokuş edilir.
- ✓ Eritrositlerdeki hemoglobin oksijeni bağlar ve dokulara taşır; karbondioksit ise kanda plazmada çözünmüş olarak, hemoglobine bağlı biçimde ve en fazla bikarbonat şeklinde taşınır.
- ✓ Normal solunum bu gazların dengesini korur; hipoventilasyon ve hiperventilasyon ise bu dengeyi bozar.
- ✓ Kirli hava, sigara kullanımı ve alerjenler solunum sistemine ciddi biçimde zarar verebilir. Bu nedenle fiziksel aktivite, temiz havada bulunmak ve kirlilikten kaçınmak, akciğer sağlığının korunması için önemli önleyici önlemlerdir.

Boşaltım Sistemi

- ✓ Boşaltım, organizmanın metabolizma sırasında oluşan zararlı ve gereksiz maddeleri uzaklaştırdığı süreçtir. İnsanda başlıca boşaltım sistemi, iki böbrek, iki üreter, idrar kesesi ve idrar kanalından oluşan üriner sistemdir. Böbreklerde idrar oluşur; üreterler idrarı idrar kesesine iletir, idrar kesesi bir depo görevi görür ve idrar kanalı aracılığıyla idrar organizmanın dışına atılır.
- ✓ Böbrekler kabuk ve öz bölgeden oluşur ve temel yapısal ve işlevsel birimleri olan nefronları içerir. Nefronda üç temel süreç gerçekleşir: kanın temizlendiği glomerüler filtrasyon; yararlı maddelerin (glukoz, amino asitler, iyonlar ve su) yeniden kana döndürüldüğü reabsorpsiyon; ve zararlı maddelerin idrarla uzaklaştırıldığı sekresyon.
- ✓ Antidiüretik hormon (ADH), geri emilen su miktarını düzenler; aldosteron ise sodyum ve potasyum dengesini etkiler. Böylece böbrekler organizmanın dengesini korur.
- ✓ Deri, su ve tuzların atıldığı ter yoluyla boşaltıma katılır ve vücut sıcaklığını düzenler; ancak böbreklerin rolünün yerini tutmaz.
- ✓ Alkol, sigara, elektronik sigaralar ve uyuşturucular; nefronlar ve kan damarları üzerindeki toksik etkileriyle böbreklerin işlevini bozar ve bu durum kalıcı hasara yol açabilir. Bu nedenle boşaltım sisteminin sağlığını korumak; yeterli su alımını, sağlıklı beslenmeyi, zararlı alışkanlıklardan kaçınmayı ve düzenli fiziksel aktiviteyi gerektirir.

Lokomotif Sistem

- ✓ Lokomotoif sistem; kemikler, eklemler ve kaslardan oluşur; bedene destek, hareket ve koruma sağlar.
- ✓ Kemikler iskeleti oluşturur ve kompakt ile süngerimsi kemik dokudan meydana gelebilir.
- ✓ Uzun kemiklerde, kan hücrelerinin oluşumunda önemli role sahip olan kemik iliği bulunur. Kemikler büyür, yenilenir ve fiziksel aktiviteye bağlı olarak sağlamlıklarını değiştirir.
- ✓ Eklemler kemikleri birbirine bağlar ve hareketi sağlar; hareketsiz, yarı hareketli ve hareketli olabilirler. Eklemlerde kemikler ligamentlerle, kaslar ise kemiklere tendonlar aracılığıyla bağlanır.
- ✓ İskelet kasları, kasılmalarıyla hareketi sağlar ve çoğunlukla antagonistik (zıt çalışan) çiftler hâlinde çalışır. Kasların kasılması kayan iplikler modeliyle açıklanır ve enerjiye (ATP) ve sinir sinyallerine bağlıdır.
- ✓ Gençlerde, yanlış duruş ve yetersiz fiziksel aktivite nedeniyle omurga eğrilikleri gibi bozukluklar sık görülür. D vitamini eksikliği raşitizm yol açabilir; yaralanmalar ise kırıklara ve kas atrofisine neden olabilir. Düz tabanlı çocuklarda sık görülen bir durumdur ve doğru yürüme, rahat ayakkabılar ve düzenli fiziksel aktiviteyle önenebilir. Sağlıklı ve aktif bir yaşam biçimi, kemik ve kas sağlığının korunmasında en önemli önlemdir.

Üreme Sistemi

- ✓ Eşeyli üremede üreme, erkek ve dişi gametin birleşmesini döllenmeyi kapsar.
- ✓ Erkeklerde spermatozoitler, testislerin seminifer kanalcıklarında mitoz ve mayoz süreçleriyle oluşturulur; meni sıvısı ise spermatozoitlerden ve seminal veziküller ile prostat salgılarından oluşur.
- ✓ Spermatozoitlerin ve testosteronun oluşturulması, hipofizden salgılanan FSH ve LH'nin hormonal kontrolü altındadır.
- ✓ Dişilerde birincil üreme organı yumurtalıktır; yardımcı organlar ise yumurta kanalları, rahim ve doğum kanalıdır. Dış organlar ise vulvayı oluşturur.
- ✓ Yumurtalıklarda yumurta hücreleri ve eşey hormonları oluşturulur; ovulasyon, ikincil oositin serbest bırakılmasıdır.
- ✓ Döllenme gerçekleşmezse menstrual kanama meydana gelir. Döllenme, zigotun oluşmasına yol açar; zigot embriyo ve fetüs hâline gelişir. Bu süreçte en yoğun gelişim gebeliğin ilk trimesterinde gerçekleşir.
- ✓ Puberte ve adolesans; yoğun fiziksel ve hormonal gelişimin ve sorumlu davranış biçiminin olduğu dönemlerdir. Aile planlaması ve gebelik önleyici (kontrasepsiyon) uygulamalar üreme sağlığı için önemlidir; cinsel yolla bulaşan hastalıklar ise korunmasız ilişkilerde ciddi bir risk oluşturur. Üreme sağlığının korunması; bilgilendirilmiş olmayı, sorumlu cinsel davranışı ve uygun korunma kullanımını gerektirir.

Koordinasyon ve Tepkiler

- ✓ İnsanda sinir sistemi, merkezi ve çevresel sinir sisteminden oluşur.
- ✓ Merkezi sinir sistemi beyin ve omurilikten oluşur; çevresel sinir sistemi ise bu bölümleri bedenle bağlar ve somatik ile otonom olarak ikiye ayrılır.
- ✓ Sinir sisteminin temel birimi nörondur; nöron hücre gövdesi, dendritler ve aksondan oluşur. Nöronlar birbirleriyle sinapslar aracılığıyla iletişim kurar.
- ✓ Refleks yayı hızlı ve istemsiz tepkileri sağlar; nöromüsküler sinaps ise sinir sistemi ile kas sistemini birbirine bağlar.
- ✓ Beyinde; bilinçli etkinliği, düşünmeyi, konuşmayı, hareketleri ve belleği kontrol eden büyük beyin bulunur. Beyincik dengeyi ve hareketlerin doğruluğunu koordine eder; beyin sapı ise yaşamsal işlevleri düzenler.
- ✓ Omurilik bilgileri iletir ve organizmanın korunmasına yönelik refleksleri gerçekleştirir.
- ✓ Otonom sinir sistemi; iç organların, bezlerin, kalbin ve kan damarlarının çalışmasını düzenler.
- ✓ Duyu sistemi bilgileri reseptörler aracılığıyla alır: mekanoreseptörler, termoreseptörler, nosiseptörler, propriyoreseptörler, fotoreseptörler ve kemoreseptörler. Göz ve kulak, ışık ve sestten sinir impulsları oluşturur; vestibüler aygıt ise denge duygusunu sağlar. Tat ve koku kemoreseptörleri farklı maddelere tepki verir.
- ✓ Uyku, fiziksel aktivite ve doğru beslenme gibi sağlıklı alışkanlıklar, sinir ve duyu sisteminin işlevselliğini korur; iyi konsantrasyon, hızlı tepkiler ve bilgilerin doğru işlenmesini sağlar.

Endokrin Sistem

- ✓ Endokrin sistem, yalnızca belirli hücreler üzerinde etki gösteren hormonlar aracılığıyla bedenin çalışmasını kontrol eder.
- ✓ Hipofiz, hipotalamusla sıkı biçimde bağlantılıdır ve diğer bezlerin çalışmasını düzenler.
- ✓ Başlıca periferik bezler tiroid, paratiroid, böbreküstü bezleri ve pankreasır. Bunlar metabolizmayı, stresi, glukoz ve kalsiyum düzeyini kontrol eder.
- ✓ Eşey hormonları pubertede etkinleşir ve ikincil eşeysel özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur.
- ✓ Timus, pineal bez, kalp, ince bağırsak ve böbrekler gibi diğer organlar da hormon salgılar.
- ✓ Endokrin sistem bozuklukları büyüme, metabolizma ya da üremeyle ilgili sorunlara yol açabilir. Bu sistemin normal işleyişini destekleyen sağlıklı alışkanlıklar şunlardır: doğru beslenme, fiziksel aktivite, uyku ve stresin azaltılması; bunlar hormonal dengenin ve beden sağlığının korunmasına yardımcı olur.

Konu 2 Tekrar Soruları

1. Vücuttaki organların farklı görevleri olmasına rağmen, bütün organlarda ortak olan özellik hangisidir?
a) Bütün organlar aynı tip hücrelerden oluşur.
b) Her organ, birden fazla farklı hücre türünden oluşur.
c) Her organ dıştan bir zarla kaplıdır.
d) Her organ kan dolaşımına aittir.
2. Hangi örnek pozitif geri bildirimi en iyi şekilde gösterir?
a) Odadaki sıcaklık yüksek olduğunda, ısıtma cihazı çalışmaya devam eder.
b) Daha fazla sıvı alındığında, idrar atılımı artar.
c) Yakıt pahalı olduğunda, insanlar otomobille daha az seyahat eder.
d) Vücut soğuduğunda, ısı oluşturmak için titreme başlar.
3. _____ ve _____ salgılarıyla sindirim sisteminde proteinlerin, yağların ve karbonhidratların sindirimine katılır.
a) karaciğer ve pankreas
b) karaciğer ve safra kesesi
c) böbrekler ve apandis
d) pankreas ve safra kesesi
4. İnce bağırsak neden besin maddelerinin emilimi için başlıca yerdir?
a) Çünkü besinler en uzun süre burada kalır.
b) Çünkü besinleri toplamak için kese biçimli genişlemeler içerir.
c) Çünkü besinlerin daha ileri gidebileceği başka bir yer yoktur.
d) Çünkü emilim için çok geniş bir iç yüzeye sahiptir.
5. İnsan vücudunda kan dolaşımı hangi sırayla gerçekleşir?
a) kalp → atardamarlar → kılcal damarlar → toplardamarlar → kalp
b) kalp → toplardamarlar → kılcal damarlar → atardamarlar → kalp
c) atardamarlar → kalp → kılcal damarlar → toplardamarlar → kalp
d) kılcal damarlar → atardamarlar → kalp → toplardamarlar → kalp
6. Kısa bir süre nefesimizi tuttuğumuzda, vücuttaki CO₂ düzeyi ve vücut sıvılarının pH değeri nasıl değişir?
a) CO₂ artar; pH artar
b) CO₂ azalır; pH artar
c) CO₂ artar; pH azalır
d) CO₂ azalır; pH azalır
7. Bir organın organizmada ne zaman boşaltım, ne zaman endokrin role sahip olduğunu söyleyebiliriz?
8. Fiziksel aktivite ve temiz hava solunum hareket sistemi için neden önemlidir?
a) Kasları ve kemikleri güçlendirir.
b) Kasların oksijenle beslenmesini iyileştirir.
c) Eklemlerin doğru işleyişini korur.
d) Verilen cevapların hepsi doğrudur.
9. Her diploid organizmanın başlangıcını hangi hücre türü oluşturur?
a) spermatozoit
b) yumurta hücresi
c) gamet
d) zigot
10. Yumurta hücrelerinde mayoz II ne zaman tamamlanır?
a) Fetal gelişim sırasında
b) Pubertenin başlangıcında
c) Döllenmeden sonra
d) İmplantasyondan sonra
11. Döllenme _____ içinde gerçekleşir, zigotun döle yatağı duvarına tutunması ise _____ içinde olur.
a) seminer tübülleri; rahim
b) vajina; yumurta kanalı
c) yumurta kanalı; rahim
d) idrar kanalı; rahim
12. FSH ve LH'nin erkeklerde ve kadınlarda rolü nedir? Etkileri nasıl farklılık gösterir?
13. Beyaz madde _____, gri madde ise _____.
a) aksonlardan oluşur; hücre gövdeleri ve dendritlerden oluşur
b) miyelinlidir; miyelinsizdir
c) MSS'de bulunur; yine MSS'de bulunur
d) Verilen cevapların hepsi doğrudur.

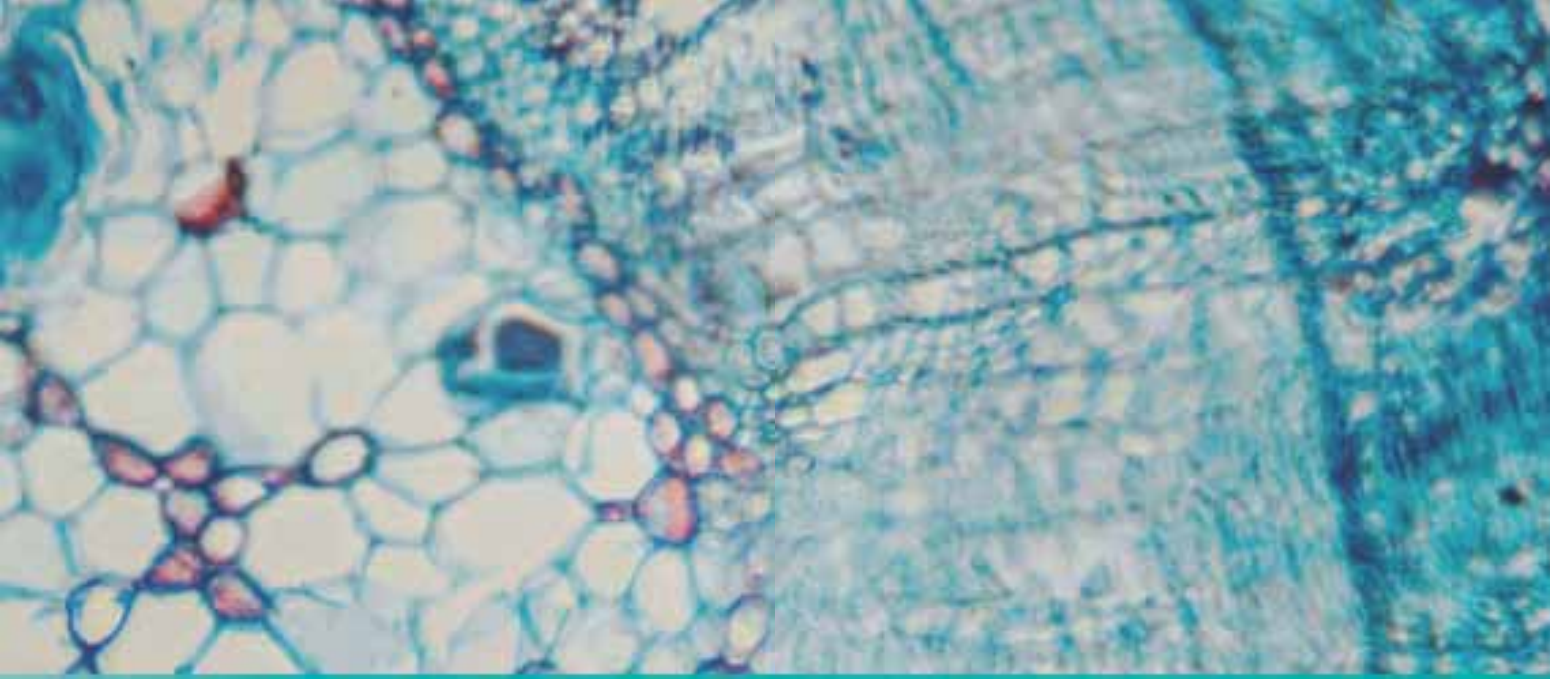
14. Sessizlik içinde oturup biyoloji çalışırken sinir sisteminin hangi bölümü en aktiftir?
 a) somatik sinir sistemi
 b) sempatik sinir sistemi
 c) parasempatik sinir sistemi
 d) büyük beyin kabuğu
15. Hipofiz hormonlarının iki kaynağı vardır. Bir kısmı hipotalamus nöronlarında oluşturulur ve _____ aracılığıyla salınır; diğerleri ise hipofizde oluşturulur ve _____ aracılığıyla salınır.
 a) talamus; hipokampus
 b) nörohipofiz; adenohipofiz
 c) sağ hipofiz; sol hipofiz
 d) kabuk; öz bölge
16. Dayın alkol kullanıyor ve daha sık idrara çıkmak zorunda kalıyor. Bu durum, alkolün aşağıdakilerden hangisi üzerindeki etkisinin sonucudur?
 a) tiroksin; böbreklerden su geri emilimini artırır
 b) tiroksin; böbreklerden su geri emilimini azaltır
 c) ADH; böbreklerden su geri emilimini azaltır
 d) ADH; böbreklerden su geri emilimini artırır
17. Uzun süre koştuğunda, birden fazla sistem aynı anda etkinleşir. Hangi cevap bu sistemlerin iş birliğini en iyi gösterir?
 a) Sindirim sistemi oksijen üretir, solunum sistemi ise besin maddeleri üretir.
 b) Solunum sistemi oksijeni alır, dolaşım sistemi onu kaslara taşır, lokomotor sistem hareketi sağlar.
 c) Boşaltım sistemi besin maddelerini enerji için parçalar.
 d) Üreme sistemi vücut sıcaklığını düzenler.
18. Sindirim sisteminden gelen besin maddeleri _____ içinde emilir, sonra _____ sistem aracılığıyla hücrelere taşınır. Oksijen _____ yoluyla alınır, atık maddeler ise _____ ile uzaklaştırılır.
 a) ince bağırsak - dolaşım - solunum - boşaltım
 b) mide - boşaltım - solunum - deri
 c) kalın bağırsak - lenf - dolaşım - endokrin
 d) ince bağırsak - dolaşım - boşaltım - kalın bağırsak
19. Güçlü bir duygu sırasında (korku ya da heyecan) kalp neden hızlı çalışır, solunum hızlanır ve kaslar gerginleşir?
20. Hangi sıralama insan vücudundaki organizasyon düzeylerini doğru gösterir?
 a) hücre → atom → doku → organ → sistem → organizma
 b) atom → molekül → hücre → doku → organ → sistem → organizma
 c) molekül → atom → doku → hücre → organ → sistem → organizma
 d) hücre → doku → molekül → organ → sistem → organizma
21. Hangi ifadenin doğru, hangisinin yanlış olduğunu işaretleyin:
 a) Omurilik refleksi yaylarının bir parçası değildir.
 b) Folikül uyarıcı hormon testisler üzerinde etki göstermez.
 c) Nöronlar böbreklerin temel işlevsel birimleridir.
22. Uzun süre bilgisayar başında oturduğunu düşün. Aşağıdakilerde ne olduğunu açıklayınız:
 • Hareket sistemi
 • Solunum sistemi
 • Dolaşım sistemi
 • Sinir sistemi
 • Endokrin sistemi



KONU 3

BİTKİLERİN HİSTOLOJİSİ VE MORFOLOJİSİ

- ▶ Temel bitki dokuları
- ▶ Bitki organlarının morfolojisi ve modifikasyonları
- ▶ Bitkilerde çiçek ve üreme
- ▶ Bitkilerin çevreye uyumları



Bu konuda şunları öğreneceksin:

- Temel bitki dokularını ayırt etmeyi ve bunların bitkinin büyümesi ile gelişmesindeki yapı ve görevlerini açıklamayı;
- Bitki organlarının yapısını ve görevini tanımlamayı ve bunların bitkilerdeki rollerini açıklamayı;
- Farklı çevre koşullarında yaşamayı sağlayan bitki organlarının modifikasyonlarını ve adaptasyonlarını belirlemeyi ve açıklamayı;
- Bitkilerde eşeyli ve vejetatif üreme sürecini açıklamayı ve bunların türün devamı ile korunmasındaki rolünü analiz etmeyi.



3.1 Meristem Doku

Hatırla!

- Bitki hangi bölümlerden oluşur?
- Bitki, tohumdan tohuma kadar olan gelişim döngüsünü nasıl geçirir?
- Birkaç farklı hücre türü say ve bunları organizmadaki görevleriyle ilişkilendir.

TEMEL BİTKİ DOKULARI

Bitkilerin uzun evrimi boyunca dokular, bitki vücudunun en yüksek organizasyon düzeyi olarak ortaya çıkmıştır. Bitkilerin karasal yaşama geçmesiyle birlikte, yeni çevre koşullarına uyum sağlamış özelleşmiş hücreler ortaya çıkmıştır. Belirli bir görev için hücrelerin özelleşmesinin başlangıcı alglerde görülse de ilk gerçek dokular aslında yosunlarda ortaya çıkmıştır.

Bitkilerin evrimindeki temel eğilimlerden biri, görevlerin etkili şekilde yerine getirilebilmesi amacıyla hücrelerin morfolojik farklılaşmasıdır. Bu nedenle, en gelişmiş dokuların kapalı tohumlu bitkilerin yapısında bulunan dokular olduğu kabul edilir.

Bitki dokusu, aynı kökene sahip, benzer yapıda olan ve organizmada birlikte aynı görevi yerine getiren hücreler grubudur. Morfoloji açısından, tek tip hücrelerden oluşan dokular (sklerenkima ve kollenkima dokusu gibi) ile farklı elemanlar içeren dokular (iletim dokusu – floem, ksilem vb.) ayırt edilir.

Görevlerine ve farklılaşma derecelerine göre bitki dokuları; **meristem (oluşturucu) dokular** ve **kalıcı dokular** olarak ikiye ayrılır.

MERİSTEM (OLUŞTURUCU) DOKULAR

Bitkilerin önemli özelliklerinden biri, yaşam boyunca büyümeleridir. Bu durum, hücreleri bölünerek organların boyca uzamasını (uzunlamasına büyüme veya boyca büyüme) ve enine büyümesini (kalınlaşma) sağlayan **meristem (oluşturucu) dokular** sayesinde gerçekleşir.

Meristem dokuların hücreleri küçük, sık dizilmiş (yoğun) yapıdadır ve hücreler arası boşluk içermez. İnce hücre çeperleri, büyük ve merkezi yerleşmiş çekirdek, yoğun sitoplazma ve çok küçük kofullarla karakterizedir. Bazı meristem hücreleri hızlı şekilde bölünür ve böylece sürekli yenilenir. Yenilenebilen meristem hücrelerine başlangıç hücreleri denir. Bunlar aynı zamanda üretici hücreleri de oluşturur ve böylece büyüme sağlanır. Genellikle kış boyunca, bitkiler dinlenme döneminde olduğunda hücre bölünmeleri ve bununla birlikte bitkilerin büyümesi durur.

Kökenlerine göre meristem dokular şu şekilde ayrılır:

- birincil meristem dokular ve
- ikincil meristem dokular.

1. Birincil meristem dokular

Birincil meristem dokular embriyodan köken alır ve uç (apikal) meristemler, yan (lateral) meristemler ve ara (interkalar) meristemler olarak ayrılır.

• Uç (apikal) meristemler

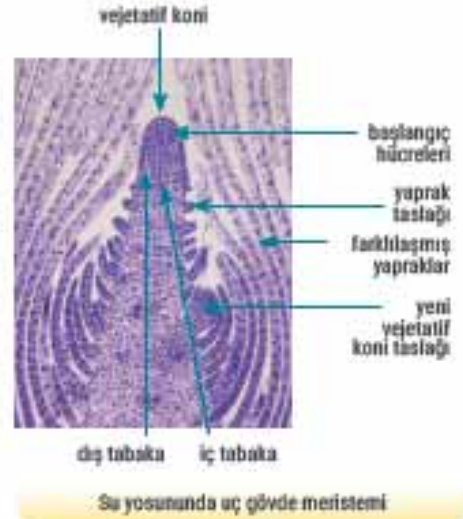
Uç meristemler doğrudan embriyodan köken alır. Embriyo filize dönüşüp genç bitki oluştuğunda, dokular yavaş yavaş farklılaşır. Ancak gövdenin ve kökün uçlarında ve bunların dallanmalarında, bölünme faaliyetini sürdürmeye devam eden hücreler bulunur. Bu uç meristemler hassas hücrelerden oluşur; gövdenin ucunda yapraklarla, kökün ucunda ise kök kapağı ile korunurlar.

Uç gövde meristemi: başlangıç hücrelerinden (sürekli bölünen yenileyici hücreler) ve bunların oluşturduğu, vejetatif koni adı verilen hücrelerden meydana gelir. Vejetatif koni dış ve iç tabakadan oluşur. Koninin ucundan belirli bir uzaklıkta dış tarafta, yaprak taslaklarının olduğu çıkıntılar meydana gelir. Bunlardan farklılaşma yoluyla gövde üzerindeki yapraklar oluşur. Yaprak taslaklarının tabanında tomurcuklar (yeni vejetatif konilerin taslakları) ortaya çıkar ve bunlarla gövde dallanır.

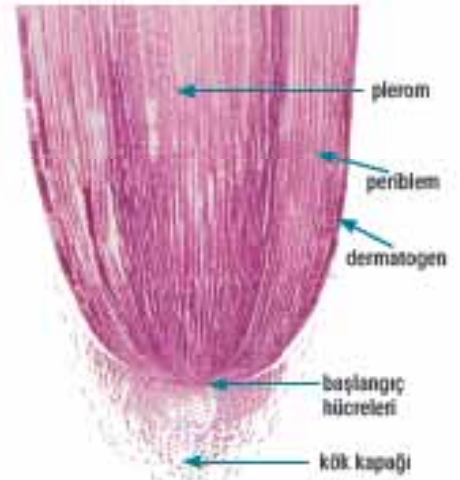
Uç kök meristemi, kökün boyca büyümesini sağlar. Kökün en ucunda, uç kısmıyla birleşmiş olan kök kapağı bulunur. Bu yapı, kökün toprak içinde büyümesi sırasında koruyucu görev görür. Kapağın yüzey hücreleri kökün büyümesi sırasında zarar görür, ancak kapağın tabanında bulunan başlangıç hücreleri sayesinde sürekli yenilenir. Kök ucunda başlangıç hücreleri ve üç üretici bölge bulunur. En dışta, kökün yüzey tabakasının (rizodermis) geliştiği dermatogen bulunur. Bunun altında, kökün temel dokusuna farklılaşacak olan tabaka ve merkezde kökün merkezi silindrine farklılaşacak olan doku yer alır.

• Yan (lateral) meristem

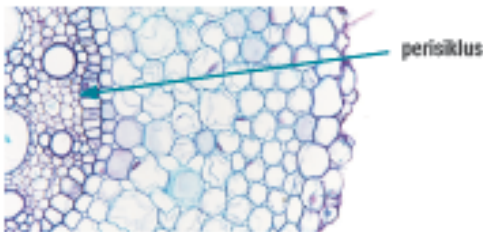
Yan (lateral) meristem (perisiklus) - kökte tek tabakalı, dairesel halka şeklinde bulunur ve yan köklerin oluşmasından sorumludur.



Su yosununda uç gövde meristemi



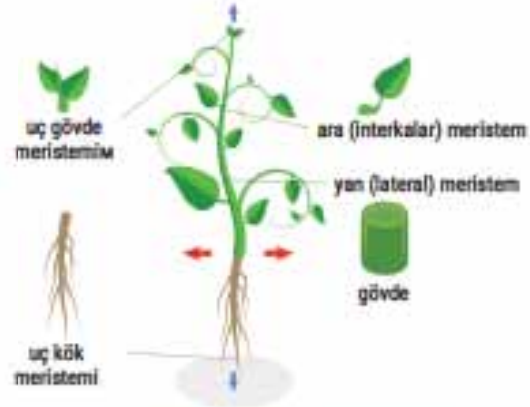
Monokotil bitkide uç kök meristemi



Yan meristem (perisiklus) ve yan köklerin oluşumu

• Ara (interkalar) meristem

Ara (interkalar) meristem, farklılaşmış dokular arasında bulunur; çoğunlukla yaprakların tabanında veya nodlarda yer alır. Özellikle otsu bitkilerde boyca hızlı büyümeyi sağlar. Bu meristemin etkinliği sayesinde çimler biçildikten sonra hızlı şekilde büyür. Bambu gövdeleri bir gün içerisinde onlarca santimetre uzayabilir. İnterkalar meristemler, yaprak saplarının belirli bir uzunluğa kadar büyümesini sağlar; bu büyüme, meristem hücreleri tükenene kadar devam eder.



Bitkilerde birincil meristem dokular

2. İkincil meristem dokular

İkincil meristem dokular, daha önce farklılaşmış hücrelerin yeniden etkinleşmesiyle oluşur ve bu hücreler bölünme yeteneği kazanır. Bu etkinleşme çoğunlukla, aslında en az farklılaşmış (kalıcı) dokular olan parankima hücrelerinde gerçekleşir. Hücre, çoğunlukla yatay yerleşmiş bir bölmeyle bölünür ve böylece iki yeni hücre oluşur.

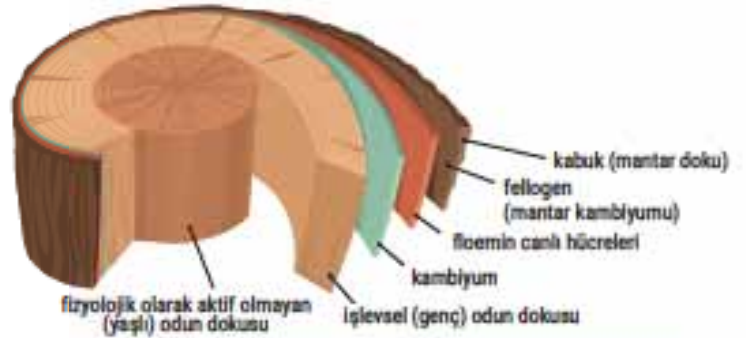
Başlıca ikincil meristemler kambiyum ve fellogenidir; ayrıca bu gruba rejenerasyon ve travmatik meristemler de girer. Kambiyum ve fellogen, kök ve gövdede bulunan yan (lateral) meristemlerdir. Sürekli bir halka şeklinde dairesel yapıdadırlar; fellogen tek sıralı, kambiyum ise çok sıralıdır ve kambiyal halka olarak adlandırılır.

• Kambiyum

Kambiyum, kök ve gövdede kabuğun daha derin tabakalarında ortaya çıkar ve her zaman kabuk ile odun dokusu arasındaki sınırdır. Onun etkinliğiyle kalıcı ikincil dokuların üretici hücreleri oluşur. Çevreye doğru ikincil kabuk dokuları (floem), içe doğru ise ikincil odun dokusu (ksilem) oluşur.

• Fellogen

Fellogen, mantar kambiyumu olarak da adlandırılır. Epidermisin altında bulunan kabuğun parankima hücrelerinden çevresel olarak oluşur. Fellogenden ikincil örtü dokusu (periderm) meydana gelir.



Ağacın ikincil yapısında kambiyum ve fellogen

• Rejenerasyon meristemleri

Rejenerasyon meristemleri, kaybedilen bitki bölümünü yenilemek, yeni büyümeyi uyarmak veya dokuyu yeniden oluşturmak amacıyla parankima hücrelerinin etkinleşmesiyle oluşur. Böylece çeliklerden, yapraklardan ek kökler oluşur ya da aşıl yerleri kaynaşır.



Yaprakta etkinleşmiş rejenerasyon meristemi ve farklı süs bitkilerinde oluşmuş ek kökler

• Travmatik meristemler

Travmatik meristemler, ağacın kesildiği, kemirildiği veya derin mekanik yaralanmaların olduğu yerlerde, yaralanma ya da travmaya tepki olarak ortaya çıkar. Bu tür ikincil meristem, yaranın kapanmasını sağlayan, bitkiyi enfeksiyonlardan koruyan ve yeni organlar oluşturabilen kallus (canlı farklılaşmamış doku) meydana getirir.

Etkinlik

Apikal Meristem ile ve Apikal Meristem Olmadan Büyüme

Gruplara ayrılın ve fasulye, fesleğen veya mısırdan ekilmiş 2-3 genç bitki alın.

1. Her bitkiden bir kontrol ve bir deney bitkisi seçin.
2. Her bitkinin başlangıç boyunu ve yaprak sayısını ölçün.
3. Deney bitkisinde, gövdeneki vejetatif koniyi makas yardımıyla, en üst kısmın 5 mm altından kesin.
4. Sonraki 7 gün boyunca her gün iki bitkinin boyunu ölçün ve fotoğraflarını çekin. Neler gözlemlenebilir?

Apikal kısmı bulunan kontrol bitkisi hızla boyca büyür. Deney bitkisi boyca büyümede geri kalır, ancak gövdenin dallanmasını sağlayacak yan tomurcuklar oluşturur. Bu tür tomurcuklar fasulye ve fesleğende ortaya çıkar, ancak mısırdan ortaya çıkmaz.

Bu durum, bitkilerin esas olarak apikal meristemler sayesinde boyca büyüdüğünü; bunlar uzaklaştırıldığında ise yalnızca yan tomurcuklara sahip bitkilerde yaprak tabanındaki yan tomurcukların etkinleştiğini kanıtlar.

Tekrar Soruları

1. Dokular, farklılaşma derecesine göre nasıl ayrılır, ortak özellikleri nelerdir ve aralarındaki fark nedir?
2. Birincil meristemler nereden köken alır, görevleri nelerdir ve bitkinin hangi bölümünde bulunurlar?
3. İkincil meristemler nasıl oluşur ve nasıl ayrılır?
4. Başlangıç hücreleri hangileridir, üretici hücreler hangileridir ve neden önemlidirler?

İlginç Biyoloji!

- Meristemler özel dokulardır ve bunlar sayesinde bitkiler, hayvanlardan farklı olarak yaşlanmazlar. Bitkiler, meristemlerin kendini yenileme gücü sayesinde biyolojik "açık sistemler" olarak kabul edilir. Bu nedenle bazı bitkiler binlerce yıl yaşayabilir.

3.2 Kalıcı Bitki Dokuları.

Örtü Dokusu

Hatırla!

- Gövde ve kökün apikal meristemlerindeki üretici hücreler kaç tabakaya ayrılmıştır?
- Vejetatif konilerin dış ve iç tabakaları neye farklılaşır?
- Bitki, gaz alışverişini ve terlemeyi hangi hücrelerle gerçekleştirir?

Kalıcı bitki dokuları, hücreleri meristem görevini kalıcı olarak kaybetmiş özelleşmiş dokulardır. Bunlar organizmada belirli bir görevi yerine getirmek üzere farklılaşmıştır. Kalıcı dokular arasında örtü doku, parankima doku, salgı doku, mekanik doku ve iletim dokusu yer alır.

ÖRTÜ DOKUSU

Örtü (epitel) dokusu, bitki organlarının yüzeyinde bulunur ve bitkinin yaşam çevresindeki bütün dış etkilere doğrudan maruz kalır. Bu doku, bitkinin iç kısmını bütün olumsuz etkilere (aşırı ısınma ve terlemeden, düşük sıcaklıklardan, mekanik yaralanmalardan ve enfeksiyonlardan) korur; bu nedenle koruyucu, deri görevi gören bir dokudur.

Kökenine ve bulunduğu yere göre örtü doku; birincil, ikincil ve üçüncül örtü doku olarak ayrılır.

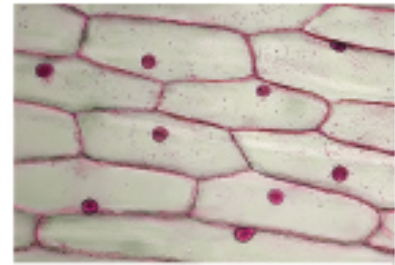
1. Birincil örtü doku

Birincil örtü doku çevresel olarak bulunur ve dış örtüyü – **epidermisi** oluşturur. Epidermis, genç sürgünlerin toprak üstü bölümlerini (yaprakları, çiçek kısımlarını ve genç meyveleri) kaplar. Genç toprak altı bölümlerin yüzeyinde bulunduğu ise **rizodermis** olarak adlandırılır. Epidermis, gövdeneki vejetatif koninin dış tabakasından, yani kökteki dermatogenden birincil köken alır.

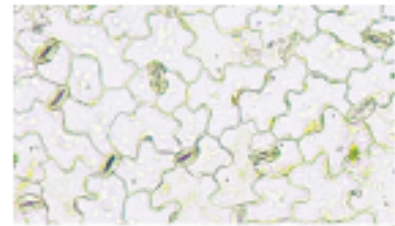
Temel epidermis hücreleri, trikomlar ve stomalardan oluşur.

Epiderminin büyük kısmını, trikomlar ve stomalara göre daha az özelleşmiş olan temel epidermis hücreleri oluşturur. Epidermis hücreleri, hücreler arası boşluk olmadan sıkı şekilde dizilmiştir ve güçlü bağlarla birbirine bağlıdır. Bu nedenle, bitki organının bu dış tabakası her zaman sağlam, kompakt ve ince bir deri şeklinde ayrılır.

Epidermis hücreleri; düz veya kıvrımlı (dalgalı) hücre çeperlerine sahip farklı morfolojilere (görünüş, şekil, büyüklük) sahiptir. Bunlar büyük merkezi koful, az miktarda sitoplazma ve çevrede yerleşmiş çekirdeğe sahip canlı hücrelerdir. Epidermis hücrelerinde kloroplast bulunmaz, nadir durumlarda ise lökoplazmlara rastlanabilir.



Düz hücre çeperlerine sahip temel epidermis hücreleri



Kıvrımlı epidermis hücre çeperleri

Epidermis hücreleri yüzeylerinde *kütin* ve mumsu maddeler salgılar; bunlar dışta tabakalanarak kutikulaı oluşturur. **Kutikula**, buharlaşmaya, enfeksiyonlara ve mekanik yaralanmalara karşı koruma sağlayan su geçirmez (hidrofobik) bir tabakadır.

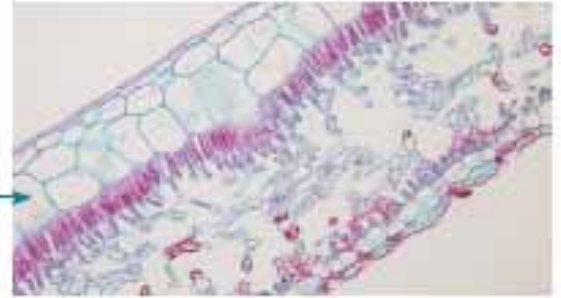
Epidermis; süsen, domates, biber gibi bitkilerde tek tabakalı olabilir ya da zakkum, kauçuk bitkisi gibi bitkilerin yapraklarında çok tabakalı olabilir.



Kutikula hidrofobiktir ve yapraktaki su damlaları emilip yayılmaz



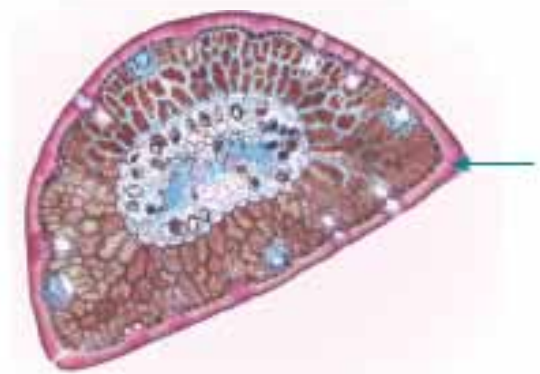
Biber yaprağının tek tabakalı epidermisi



Kauçuk bitkisi yapraklarında çok tabakalı epidermis

Açık tohumlu bitkilerin yapraklarında epidermis tek tabakalıdır ve kalınlaşmış hücre çeperlerine sahip ölü hücrelerden oluşur. Her dem yeşil bitkilerin çok yıllık yapraklarında görülen bu durum, daha uzun süreli korunma ihtiyacından kaynaklanır.

Trikomlar, çok farklı yapı ve görünüme sahip epidermis çıkıntılarıdır. Tek hücreli veya çok hücreli, basit ya da karmaşık, ölü veya canlı hücrelerden oluşmuş olabilirler. Tam da bu yapısal farklılıklar nedeniyle farklı biyolojik öneme sahiptirler. Örneğin yapraklar ve gövde yoğun şekilde trikomlarla kaplı olduğunda, yüksek sıcaklıklara ve ışığa daha iyi uyum sağlarlar; çünkü trikomlar örtü dokunun koruyucu görevini artırır. Trikomlar bitkileri düşük sıcaklıklardan da koruyabilir; bu nedenle yüksek dağ bitkileri yoğun trikom örtüsüyle kaplıdır.



Çam yaprağında epidermis (mikroskopta görülen enine kesit)

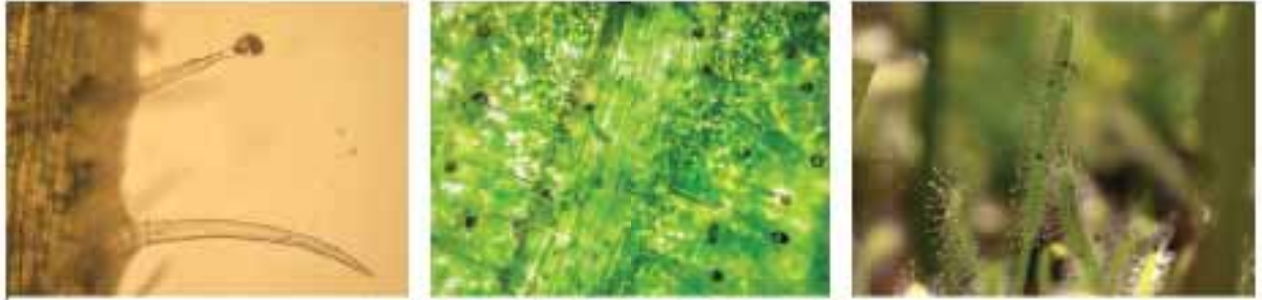


Farklı trikom türlerinin şematik gösterimi

Bazı canlı trikomlar, salgı görevi gören bir veya daha fazla hücreye sahiptir ve *salgı tüyleri* olarak adlandırılır. Bunlar; örneğin uçucu yağlar, tuzlu sıvılar, alkaloidler, enzimler, sümüksü ve reçinemi maddeler gibi çok farklı yapıda maddeler salgılar.



Yabani zeytin ve sarmaşıktaki farklı trikom türleri



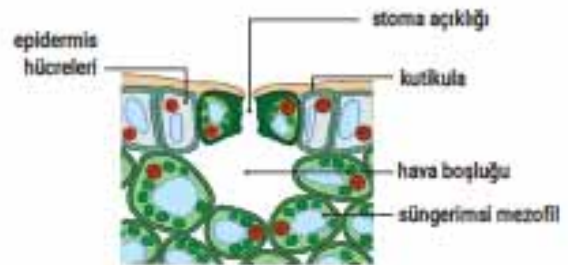
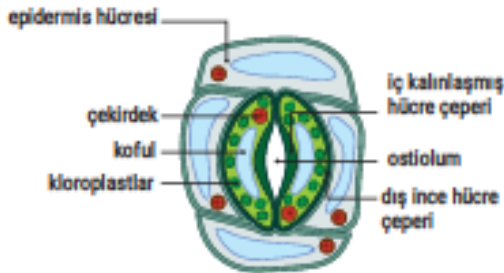
Çuha çiçeği, sardunya ve böcekçi bitkide salgı tüyleri

Özel bir karmaşık salgı tüyü tipi ısırgan otunda bulunur. Bunlar, insan derisiyle temas ettiğinde kızamıklık, yanma ve kaşıntıya neden olan maddelerle doludur.

Stomalar, epidermiste bulunan ve gaz alışverişi ile terlemenin gerçekleştiği mikroskobik açıklıklardır. Bunlar, epidermis hücreleriyle aynı kökene sahip olan, ancak morfolojik ve işlevsel olarak farklılaşmış iki özel kapatıcı (stoma) hücresinden oluşur. Genellikle stoma hücreleri böbrek şeklindedir ve içbükey yüzleri birbirine dönüktür. Böylece aralarında stoma açıklığı - *ostium* oluşur. Bazı bitkilerde, iki stoma hücresinin yanında, temel epidermis hücrelerinden farklı olan iki komşu yardımcı hücre de stoma aparatına katılır. Stoma hücreleri, ostium çevresindeki özel hücre çeperi kalınlaşmaları ve içlerinde kloroplast bulunması bakımından epidermis hücrelerinden farklıdır.



Isırgan otunda salgı tüyleri



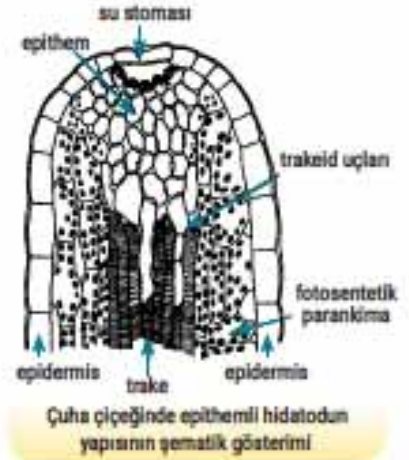
Stomalar - yaprağın yüzey görünümü ve enine kesiti



Dikotil ve monokotil bitkilerde stomalar

Bazı bitkilerin yaprak kenarlarında, stomalara benzeyen ve düzenleme yeteneğini kalıcı olarak kaybettikleri için sürekli açık kalan su bezleri (*hidatodlar*) bulunur. Bitki suya doyduğunda ve terleme olmadığında, açıklıktan damlalar hâlinde su sızar (gutasyon).

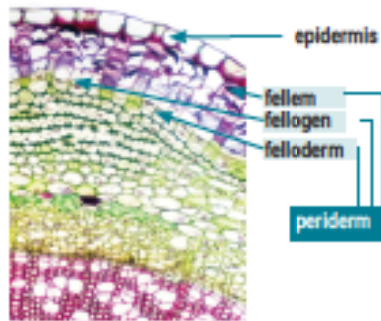
Özel bir epidermis türü olan **rizodermis**, birincil yapıya sahip kökü saran örtü dokudur. Rizodermis genellikle dermatogenden köken alan tek sıra canlı hücrelerden oluşur. İnce ve elastik hücre çeperlerine sahiptir ve bazı rizodermis hücreleri kök tüyleri oluşturur. Kök tüyleri, farklılaşmış bölgede bulunur ve bu nedenle bu bölge kök tüyleri bölgesi olarak adlandırılır. Kök tüylerinin yaşam süresi kısadır (birkaç gün), ancak kökün büyümesiyle sürekli yeni tüyler oluşur. Bazı bitkilerde rizodermisin bütün hücreleri, topraktan suyu ve çözünmüş mineralleri emmede önemli görev yapan kök tüyleri oluşturur. Rizodermisin temel görevi emilimdir, koruma görevi ise daha azdır; bu nedenle bu örtü doku emici doku olarak kabul edilir.



Kök tüylerine sahip rizodermis

2. İkincil örtü doku (periderm)

İkincil büyüme gösteren bitkilerde, **periderm** iç dokuların kalıcı korunmasını sağlamak amacıyla çevresel olarak oluşur. Yan meristemden (fellogen/mantar kambiyumu) meydana gelir; bu meristem yüzeye doğru zamanla felllem adı verilen mantar tabakasına farklılaşan hücreler oluşturur. İçe doğru ise kloroplast taşıyan ve karakteristik görünüme sahip yalnızca tek sıra canlı hücrelerden oluşan felloderm meydana gelir. Fellogen sürekli aktiftir ve zamanla kalınlaşıp çok tabakalı hâle gelen felllemi artırır; böylece ikincil yapıya sahip gövde ve köklerin yüzeyinde mantar tabakası oluşur.



Mürverde periderm (gövdenin enine kesiti)

Epidermisteki stomaların bulunduğu yerlerde, periderm içinde **lentiseller** oluşur. Bu yapıların temelinde, yüzeye doğru hücreler arası boşluk bakımından zengin gevşek parankima dokusu oluşturan lentisel



Gövdede lentiseller



Lentiselli gövdenin enine kesiti

fellojeni bulunur. Lentiseller büyüdükçe çatlar ve ikincil yapılı gövdede görünür hâle gelen "mercimekcikler" ortaya çıkar. Gaz alışverişi ve terleme bunlar aracılığıyla gerçekleşir.

3. Üçüncül örtü doku (ölü kabuk)

Çok yıllık ağaçlarda yüzeyde, kabuğun daha derin tabakalarında çok sayıda peridermin oluşmasının sonucu olarak **ölü kabuk** meydana gelir. İki periderm arasında yer alan canlı hücrelerin yalıtılmasıyla, bu hücrelere besin maddeleri ulaşamaz ve hücreler ölür. Var olan peridermlerin altında yeni yeni periderm tabakalarının oluşmasıyla birlikte, bu ölmüş bölümlerin hacmi artar ve giderek daha kalın bir ölü kabuk meydana gelir. İç dokuların baskısı altında kabukta, havalanmayı sağlayan çatlaklar oluşur. Ölü kabuk; düz, pürüzlü, dökülmeyen veya dökülen yapıda olabilir ve morfolojik olarak türe özgü, yani ayırt edici özellik taşır. Görevi, ısınmaya ve kurumaya karşı koruma sağlamak, ayrıca mekanik yaralanmalar ve hayvanların verdiği zararlara karşı bitkiyi korumaktır.

Etkinlik

Bitkinin Örtü Dokusunu Araştır

Gerekli materyaller: çizgili tradeskansiya (*Tradescantia zebrina*), süsen (*Iris germanica*) veya başka bir bitkinin yaprakları, mikroskop, penset, lam ve lamel, su.

1. Yaprığın alt yüzeyinden penset yardımıyla ince bir deri tabakası (epidermis) çıkar.
2. Temiz bir lam üzerine bir damla su koy ve daha önce çıkardığın epidermisi, yaprak-takiyle aynı konumda olacak şekilde suyun içine yerleştir (üstten, yüzeysel olarak gözlemlenebilmesi için).
3. Üzerini lamelle kapat ve önce küçük, ardından daha büyük büyütmede mikroskop altında incele.
4. Çok sayıda temel epidermis hücresi ve stoma göreceksin. Görüş alanında gözlemlediğin yapıları defterine çizmeye çalış.



Her bitkinin epidermise ait kendine özgü özellikleri vardır; hücreleri şekil ve büyüklük, çıkıntıların ve stomaların bulunup bulunmaması bakımından farklılık gösterir.

Tradeskansiyanın epidermis hücrelerinde mor renkli kofullar görülür; çünkü bunların içinde mor pigment bulunur. Çekirdeklerin çevresinde ise renksiz küresel plastidler (lökoplastlar) yer alır. Stomalar böbrek şeklindedir ve çok sayıda kloroplasta sahiptir.

Süsen yapraklarında kofullarda pigment bulunmaz ve stomalar yaprağın her iki tarafında yer alır.

Etkinlik

Trikomların Gözlemlenmesi

Gerekli materyaller: yabani zeytinin (*Elaeagnus angustifolia*) kuru yaprakları, mikroskop, bistüri, lam ve lamel, su.

1. Temiz bir lam üzerine bir damla su koy ve yaprağın alt yüzeyinden parçalar serp (bistüri ile yaprağın gümüş renkli tarafından/alt yüzeyinden kazı).
2. Üzerini lamelle kapat ve önce küçük, ardından daha büyük büyütmede mikroskop altında incele.
3. Kazıma işlemiyle epidermisten ayrılmış çok sayıda trikom göreceksin. Bunların şekil ve yapılarını gözlemler.
4. Bunları çiz ve trikomlar arasındaki farkı fark et. Karşılaştırma yap ve hangilerinin yaprağın daha büyük bir yüzeyini kapladığını tahmin et.
5. Mikroskopun ışığını kapat ve incelemeye devam et. Görüş alanında ne fark ediyorsun?



Yabani zeytindeki trikomlar, yıldızlı ve plakalı olarak adlandırılan iki tip çok hücreli çıkıntıdır. Bunlar, belirli bölümleri birbirine kaynaşmış çok sayıda uzamış ölü hücreden oluşur. Plakalı trikomlar daha büyük bir bölümüyle kaynaşır ve özellikle daha yoğun olduklarında yaprağın daha geniş bir yüzeyini kaplar. Mikroskopun ışığı kapatıldığında, çevredeki zayıf ışık onların hücre çeperlerinden yansır; bu nedenle trikomlar önceki görüntüye göre negatif görüntü şeklinde görülür.

Böylece trikomların ışığı yansıtma ve yaprağı ısınmadan koruma görevine sahip olduğu kanıtlanmış olur.

Tekrar Soruları

1. Birincil örtü doku nasıl yapılandırılmıştır, neden oluşur ve görevi nedir?
2. Kutikula nedir, neden oluşur ve neden önemlidir?
3. Trikomlar nedir ve nasıl ayrılır?
4. Stoma hücrelerinin temel özellikleri nelerdir ve stoma aparatı neyi ifade eder?
5. İkincil ve üçüncül örtü doku nasıl ve neden oluşur?

İlginç Biyoloji!

- Kutikula, karasal bitkilerin kuru ortama uyum sağlamasına yardımcı olan en önemli kazanımlardan biri kabul edilir. Kutikula olmadan bitkiler su dışında yaşayamazdı. Bu nedenle, kutikulanın kalınlığının yaşam ortamını belirlediğini söyleriz. Su bitkileri son derece ince bir kutikulaya sahiptir ya da su yosunu (*Elodea canadensis*), vallisneria (*Vallisneria sp.*), nilüferin (*Nymphaea sp.*) su altı yaprakları gibi bazı bitkilerde kutikula bulunmaz. Sukulentlerde, özellikle *Echinocactus*, *Ferocactus*, *Opuntia* gibi kaktüslerde, buharlaşmaya karşı koruma sağlamak amacıyla kutikula çok iyi gelişmiştir ve çok katlı mumsu birikimler içerir. Çoğu zaman mumsu kristaller, kutikula kalınlığı bakımından "rekor sahibi" olan kaktüs gövdelerinin mat/mavimsi görünümüne katkı sağlar.

3.3 Parankima Doku

Hatırla!

- Bitkilerin ikincil büyümesi sırasında yan meristemlerin oluşması için hangi hücreler ve nasıl yeniden etkinleşir?
- Hangi hücreler fotosentez yapar ve bitkinin hangi bölümünde bulunur?
- Bitkinin oluşturduğu fazla besin maddelerine ne olur?

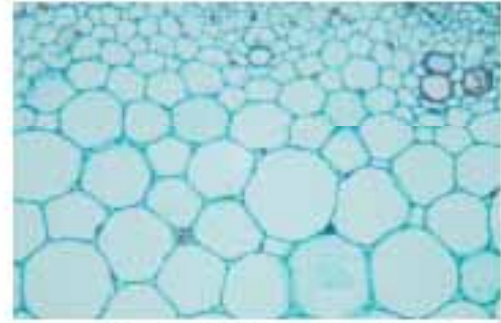
Parankima, bitki organizmasında en yaygın bulunan dokudur ve bütün vejetatif ile generatif organlarda büyük veya küçük miktarlarda yer alır. Bitki organlarını dolduran temel doku olarak bulunur; ayrıca emilim, fotosentez, solunum, salgılama, iletim ve çeşitli maddelerin depolanması süreçlerinde de birçok görevi vardır. Bu nedenle en işlevsel bitki dokusu olarak kabul edilir.

Parankima aynı zamanda en az farklılaşmış dokudur; bu yüzden bitkinin ihtiyaçlarına göre çoğu zaman yeniden bölünme yeteneği kazanır. Böylece rejenerasyon gerçekleştirir veya çok yıllık bitkilerde ikincil yapıyı sağlayan lateral meristemlerin oluşumuna katılır. Parankima dokusu evrimsel olarak da en eski dokudur – ilk çok hücreli bitki organizmalarının vücudu parankima hücrelerinden oluşmuştur.

Parankima dokusu, morfolojileri farklı olan canlı hücrelerden oluşur; ancak bu hücreler çoğunlukla izodiyametrik (üç boyut – genişlik, uzunluk ve yükseklik – yaklaşık olarak eşittir). İnce, elastik, selüloz yapılu hücre çeperi; hücre özsuyunca zengin büyük koful; çekirdekli sitoplazma ve parankima türüne ile görevine bağlı olarak başka organellerle (plastidler) karakterizedir. Komşu hücreler arasında küçük veya büyük hücreler arası (intersellüler) boşluklar bulunur ve birleşen kısımlarda, maddelerin alış-verişini sağlayan çok sayıda por açıklığı yer alır.

Görevlerine göre şunlar ayırt edilir:

- fotosentetik parankima
- depo parankiması
- hava taşıyan parankima (aerenkima)
- iletim parankiması
- emici parankima ve
- salgı parankiması



Görde üzünde doldurma görevi yapan temel parankima dokusu

FOTOSENTETİK (ASİMİLASYON) PARANKİMASI

Fotosentetik (asimilasyon) parankimasının temel görevi fotosentez yapmaktır. Bitkinin bütün yeşil toprak üstü bölümleri, epidermisin altında bulunan asimilasyon parankimasına sahiptir. Hücreler kloroplast bakımından zengindir; bu nedenle bu doku **klorenkima** olarak da adlandırılır. Bu hücreler, farklı bitkilerde farklı morfolojiye (görünüme) sahiptir. Çoğunlukla palizat dokusunda olduğu gibi uzamış, silindirik ve

dikey sıralanmış yapıdadırlar. İğne yapraklı kozalaklı bitkilerde hücre çeperleri içe doğru kıvrımlıdır; ayrıca süngerimsi dokuda düzensiz şekilli hücrelere de rastlanır. Su bitkilerinde ve yaprakları su bakımından zengin olan bitkilerde (etli yapraklar) ise bu hücreler yuvarlak (küresel) yapıdadır.



Klorenchimanın yüzey görünümü



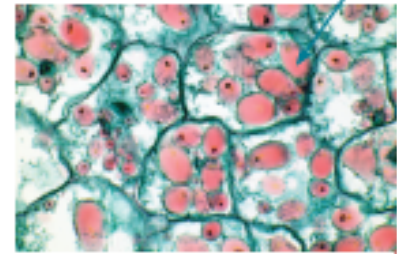
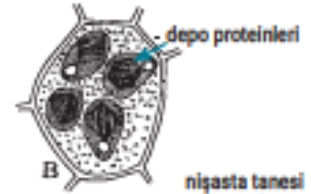
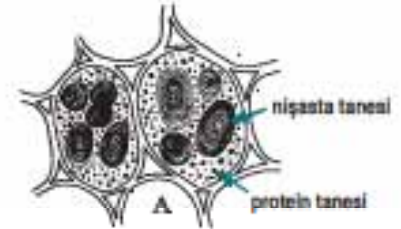
Klorenchima hücrelerinin farklı morfolojileri - silindirik ve kıvrımlı hücre çeperli



DEPOLAMA (SAKLAMA) PARANKİMASI

Depolama parankimasi, vejetatif ve generatif organlarda bulunur. Bu dokuda çeşitli organik maddeler ve su depolanabilir; buna göre birkaç gruba ayrılır:

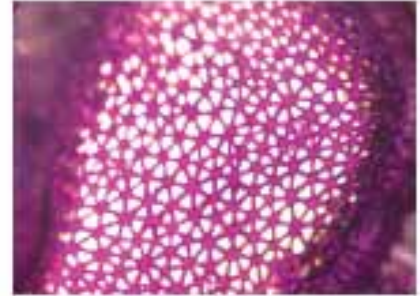
- **şeker depolayan parankima:** Fotosentez sırasında oluşan fazla şekerler kloroplastlardan çıkarılır ve en çok tohumlar ile meyvelerdeki parankima hücrelerinde; ayrıca metamorfoza uğramış kök, gövde ve yapraklarda taşınıp depolanır. Şeker pancarı, havuç, kırmızı pancar köklerinin; şeker kamışı gövdesinin; elma, üzüm, muz meyvelerinin ve ayrıca pirinç, buğday, mısır gibi bitkilerin tohumlarının parankima hücreleri depo nişasta bakımından zengindir.
- **protein depolayan parankima:** Özellikle baklagil bitkilerinde ve özellikle tohumlardaki kotiledonlarda görülür. Soya, fasulye, bezelye, bakla ve taze fasulye proteinli tohumlar olarak kabul edilir.
- **yağ depolayan parankima:** Ayçiçeği, hint yağı bitkisi ve soya tohumlarında; zeytin, ceviz ve avokado meyvelerinde bulunur.
- **su depolayan parankima:** Hücrelerinde hücre özsuyunca zengin kofullar bulunan turunçgil meyvelerinde görülür. Aynı durum birçok etli meyvede ve ayrıca sukulent bitkilerin yaprak ile gövdelerinde de bulunur. Bu bitkiler kurak yerlerde, çöllerde yaşar ve hayatta kalmak için birçok uyuma sahiptir; su rezervi depolarlar.



Farklı depo parankimasi türleri - protein depolama ve nişasta depolama

HAVA TAŞIYAN PARANKİMA (AERENKİMA)

Hava taşıyan parankima (aerenkima), içinde havanın dolaştığı kanal şeklindeki geniş hücreler arası boşluklarla karakterizedir. Kanallar düzenli ve özel bir dizilişe sahiptir; doku parçalanmasıyla veya komşu hücrelerin birbirinden uzaklaşmasıyla oluşur. Aerenkima bakımından sucul, bataklık veya sazlık bitkilerin kökleri, gövdeleri ve yaprakları zengindir.



Hava kanallı aerenkima (mikroskopta görülen kökün enine kesiti)

İLETİM PARANKİMASI

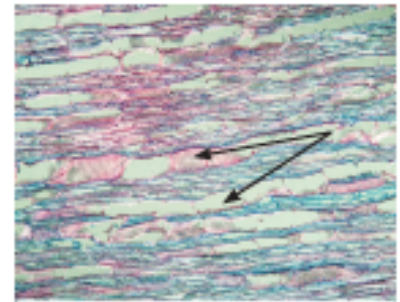
İletim parankiması en çok yapraklarda bulunur ve besin maddelerinin asimilasyon parankimasından floeme taşınmasına; ters yönde ise suyun ksilemden fotosentez yapan parankimaya aktarılmasına katılır. Bu doku klasik floem ve ksilem değildir; yaprağın mezofili ile iletim elemanları arasında bulunan yardımcı bir dokudur.

EMİCİ PARANKİMA

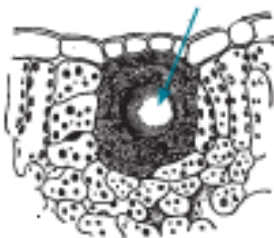
Emici parankima, uzamış hücreler ve çok ince hücre çeperleriyle karakterizedir; böylece su ve diğer maddelerin emilmesi sağlanır. Birçok parazit bitkide, parazit bitkinin konak bitkiden hazır organik maddeleri emmesini sağlayan özel çıkıntılar oluşur.

SALGI PARANKİMASI

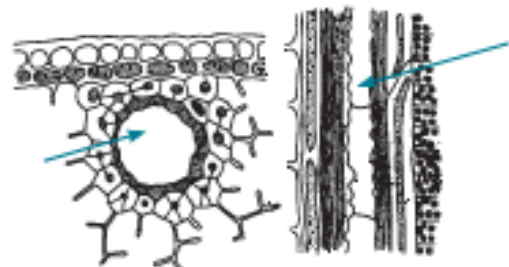
Salgı parankiması, uçucu yağlar, nektar, reçine, mukus veya lateks gibi çeşitli maddelerin üretilmesi, depolanması ya da salgılanması için özelleşmiş özel bir dokudur. Salgı dokularının hücreleri genellikle daha büyük, yoğun sitoplazmalı, iyi gelişmiş endoplazmik retikuluma ve Golgi aygıtına sahiptir. Bu doku tipi, epidermisin altında bulunan özel salgı keselerinde, reçine kanallarının çevresinde yer alır veya süt boruları oluşturur. Bitkinin korunmasında ve tozlaştırıcıların çekilmesinde görev yapar. *Lizigen bezler* turuncgil bitkilerinin kabuğunda bulunur; *süt boruları* ise sütlegen, karahindiba, haşhaş gibi bitkilerde oluşur. Bamyada bitkisinde *mukus hücreleri*, kozalaklı bitkilerde ise *reçine bezleri* bulunur.



Süt boruları



Ateş çiçeği yaprağındaki lizigen bezler kolay yanıcı uçucu yağlar salgılar



Çam yaprağındaki reçine bezleri

Etkinlik**Farklı Parankima Dokularını Araştır**

Gerekli materyaller: patates, olgun elma ve kauçuk bitkisi veya başka bir bitkinin yaprağı, mikroskop, bistüri/jilet, pense, lam ve lamel, su.

1. Patates, elma ve yapraktan çok ince kesitler alarak üç su preparatı hazırla.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele.
3. Patatesteki nişasta depolayan hücreleri, elmanın etli kısmındaki büyük parankima hücrelerini ve yapraktaki klorenkimayı gözlemler.
4. Defterine farklı parankima hücresi tiplerini çiz ve yapılarındaki temel özellikleri işaretle.
5. Hücrelerin şekillerini, intersellüler boşlukların miktarını/büyükliğini, organellerin (lökoplastlar ve kloroplastlar) varlığını vb. karşılaştır.
6. Patates ve elma kesitlerinden hazırlanan preparatlardaki lamelleri çıkar, suyun bir kısmını yumuşak bir kâğıtla emdirerek uzaklaştır ve bir damla iyot çözeltisi ekle.
7. Şekerlerin hangi parankima hücrelerinde nişasta taneleri şeklinde depolandığını belirlemek için iyotun nişasta ile verdiği reaksiyonu takip et.
8. Görevleri hakkında tartış: Gözlemediğin bütün parankima hücreleri arasındaki farklar ve ortak özellikler nelerdir? Yapılan ile dokunun görevi arasındaki ilişkiyi açıklayarak belirt.

Patates yumrusunda, fazla şekerlerin nişasta taneleri şeklinde depolandığı depo parankiması baskındır. Bir damla iyot ile nişasta taneleri mavi-mor renge boyanır.

Elmanın etli kısmındaki parankima, içinde farklı çözünmüş şekerler (nişasta değil), asitler, vitaminler vb. bulunan bol özsulu büyük kofullara sahiptir; intersellüler boşluklarda ise hava bulunur. Yeşil elmada nişasta bulunabilir, ancak olgunlaşma sırasında daha küçük karbonhidrat moleküllerine çözünür; bu nedenle olgun elma kesitinde boyanmış nişasta neredeyse hiç görülmez.

Yaprakta, kloroplast bakımından zengin palizat tabakası şeklindeki klorenkima ile kloroplast bakımından daha fakir olan süngerimsi doku olmak üzere iki tip asimilasyon parankiması açıkça gözlemlenir.

Tekrar Soruları

1. Parankima hücrelerinin görevlerine bağlı olarak genel özellikleri nelerdir?
2. Asimilasyon dokusu nasıldır ve nerelerde bulunur?
3. Depo parankiması neyi ifade eder, bitkinin hangi organlarında bulunur ve nasıl ayrılır?
4. Hangi parankimalar intersellüler boşluklar bakımından en zengindir ve bunların yapısı görevleriyle nasıl ilişkilidir?
5. Hangi bitkiler emici parankimaya, hangileri ise iletim parankimasına sahiptir?
6. Salgı parankimasının özellikleri nelerdir ve hangi bitkilerde bulunur?

İlginç Biyoloji!

- Parankima, bitkinin "yaşam bankasıdır"! Bitkinin gövdesinin veya kökünün büyük bir kısmı zarar gördüğünde bile, parankima bunları "yeniden canlandırabilir" ve yeni bitki organları oluşturabilir! Rejenerasyon yeteneğine sahiptir; öyle ki teorik olarak tek bir parankima hücresinden bütün bir bitki elde edilebilir ve küçük bir doku parçası birkaç ay içinde genetik olarak özdeş birkaç bin bitki/klon oluşturabilir.

3.4 Mekanik Doku

Hatırla!

- Ihlamur, meşe ve kirazın gövdeleriyle karşılaştırıldığında; otsu bitkilerin (mısır, buğday) ve bahçe bitkilerinin (domates, kabak) gövdeleri hangi yönlerden farklıdır?
- Neden bazı gövdeler dik ve sağlam, bazıları ise yere yatık veya sürünücü yapıdadır?

Mekanik doku, hücreleri sağlamlıkla karakterize edilen ve bu sayede bitki organlarına destek ile esneklik sağlayan bir dokudur. Bu doku, yalnızca şeklin korunması için değil, organizmanın bütün olarak işlev görmesi için de gereklidir. Bitki organizasyon bakımından ne kadar gelişmişse ve büyüyüp yükseldikçe ne kadar büyük hâle gelirse, organların çeşitli dış etkilere karşı dayanabilmesi için sağlamlık ve desteğe olan ihtiyaç da o kadar artar. Bitkinin gövdesi yeterince sağlam olmalı, ancak aynı zamanda kuvvetli rüzgârlarda veya kar örtüsünün ağırlığı altında kırılmaması için esnek de olmalıdır.

Bitki organlarının sağlamlığına, mekanik dokunun yanı sıra canlı hücrelerdeki sıvının hücre çeperine yaptığı basınç da (turgor) katkıda bulunur. Bitki susuz kaldığında turgor azalır ve bitki solar. Mekanik dokular sürekli sağlamlık sağlar; bu nedenle bitki vücudunun "iskeleti" olarak kabul edilir. Böylece mekanik doku sayesinde bitki organları, değişken olan turgordan bağımsız olarak şekillerini korur. Her organda mekanik dokuların dizilişi farklı ve kendine özgüdür.

İki tip mekanik doku ayırt edilir: kollenkima ve sklerenkima.

KOLLENKİMA

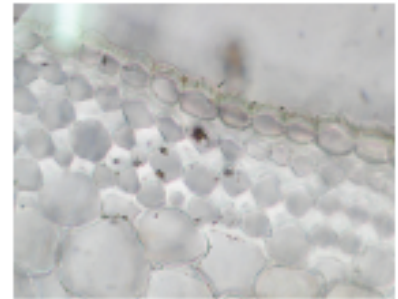
Kollenkima, gövde ve yaprak yapısı için karakteristik olan birincil mekanik dokudur; ancak bitkinin başka organlarında da bulunabilir. Genellikle epidermisin hemen altında, çevresel konumda yer alır.

Belirli bölümleri kalınlaşmış, diğer bölümleri ise kalınlaşmamış hücre çeperlerine sahip canlı hücrelerden oluşur. Bu özellik, genç organlara esneklik ve sağlamlık kazandırırken aynı zamanda onların büyümesini de sağlar. Hücre çeperinin kalınlaşmamış bölümleri gerilerek büyümeyi takip ederken, kalınlaşmış bölümler mekanik destek sağlar. Hücreler çoğunlukla hücreler arası boşluk olmadan sıkı şekilde dizilmiştir ve kloroplast taşıdıkları için çift görev görürler – destek ve fotosentez.

Kollenkima, büyük ya da küçük, kesintili veya kesintisiz tabakalar hâlinde bulunur. Özellikle tek yıllık dikotil bitkiler için karakteristiktir; ayrıca çok yıllık bitkilerde de (ikincil dokularla yer değiştirene kadar) görülür. Bölünme yeteneğine sahip olduğu için özelleşmiş bir parankima dokusu kabul edilir.

Hücre çeperindeki kalınlaşmanın yerine göre üç tip kollenkima ayırt edilir: lameller, köşesal ve laküner.

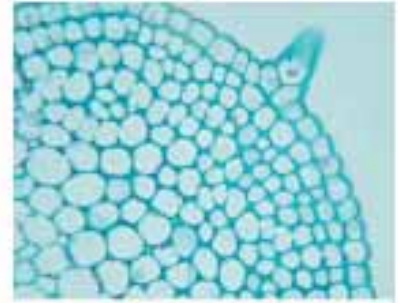
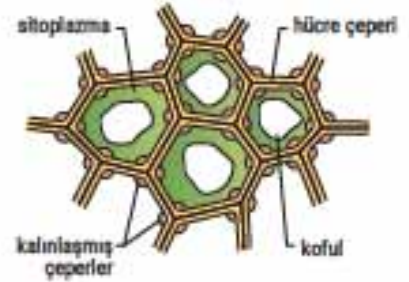
- **Lameller (plakalı) kollenkima**, organın yüzeyine paralel yönde uzanmış hücrelerden oluşur. Yalnızca uzun (teğetsel) hücre



Plakalı kollenkima

çeperleri kalınlaşırken, kısa (radyal) çeperler kalınlaşmadan kalır. İki komşu sıranın teğetsel çeperleri, hücrelerin lümenleri arasında geniş bir plaka oluşturur; bu nedenle plakalı kollenkima adını almıştır. Mürver, ıhlamur, armut, ayva gibi çeşitli dikotil bitkilerin gövdelerinde (genç dallarında) karakteristiktir.

- **Köşesel kollenkima**, çokgen şekilli hücrelerden oluşur ve kalınlaşmalar hücrenin köşelerinde yerel olarak görülür. Köşesel kollenkima fazla sağlamlık sağlamaz ve kabağın sürünücü gövdesinde, kenevir gövdesinde, begonya yaprak saplarında vb. karakteristiktir.
- **Laküner (gevşek) kollenkima**, intersellüler (hücreler arası) boşluklara sahiptir. Yerel kalınlaşmalar tam olarak bu intersellüler boşluklara – *lakün*lere yönelmiştir; bu nedenle laküner olarak adlandırılır. Doğada daha nadir görülür ve ayçiçeği, karahindiba, pelin gibi bazı bileşikgillerde bulunur.



Köşesel kollenkima – şematik gösterim ve mikroskopta görülen gövdenin enine kesiti

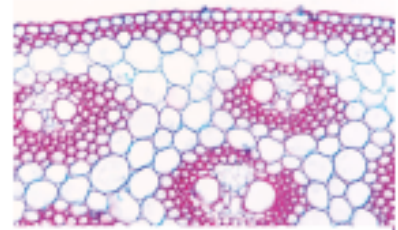
SKLERENKİMA

Sklerenkima, daha büyük sağlamlıkla karakterize edilen ölü bir dokudur. Bitkinin bütün organlarında bulunur ve yapının temel "iskeletini" oluşturur.

Sklerenkima hücrelerinin hücre çeperleri tamamen kalınlaşmış, yani odunlaşmıştır. Bunlar farklılaşmış organlarda oluşur ve organları dış etkilere, bükülmeden ve deformasyonlardan korur. Kökenine göre sklerenkima birincil ve ikincil olabilir. Bu nedenle hem birincil hem de ikincil yapıya sahip bitkilerde bulunur.

Sklerenkima farklı şekillerde görülür; ancak temel olarak iki gruba ayrılır: sklerenkima lifleri ve sklereidler.

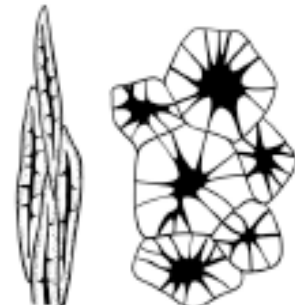
- **Sklerenkima lifleri**, sivri uçlu, lif şeklinde çok uzamış hücrelerdir. Eşit şekilde kalınlaşmış hücre çeperlerine ve bazen çok küçük olan boş bir lümenle sahiptirler. Hücreler, hücreler arası boşluk olmadan sıkı şekilde dizilmiştir ve kabukta demetler oluştururlar.



Mısırın genç gövdesinin enine kesiti; kabukta ve iletim demetlerinin çevresinde yer alan, topluca sağlamlığa katkı sağlayan gevşek boyanmış sklerenkima lifleri



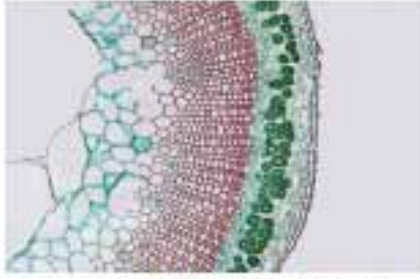
Enine ve boyuna kesitte sklerenkima liflerinin şematik gösterimi



Sklerenkima lifleri ve sklereidler

Bulunduğu yere göre odun dışı (floemsel) ve odunsu (ksilemsel) sklerenkima ayırt edilir.

- Odun dışı (floemsel) lifler, kabukta floemin çevresinde bulunan sklerenkima lifleridir. Bu lifler çoğunlukla birbirine sıkıca bağlı büyük hücre grupları hâlinde bulunur. Belirgin şekilde kalınlaşmış hücre çeperlerine sahiptirler; bu da bitki dokularının sağlamlığını ve korunmasını artırır. Keten, kenevir ve ramya gibi bazı bitkilerin birincil yapısındaki gruplanmış sklerenkima lifleri oldukça uzundur ve tekstil hammaddesi olarak kullanılır.
- Odunsu sklerenkima lifleri se her zaman ksilem iletim elemanları – trake ve trakeidlerin yakınında bulunur. Kök ve gövdenin ikincil odununda bulunduklarında *odun lifleri* olarak da adlandırılırlar. Çeper kalınlaşmaları daha azdır ve boş lümenleri belirgin şekilde görülür. Trakeidlerden, por tipleri ve görevleri bakımından farklıdırlar. Odun lifleri basit porlara sahiptir ve tipik bir mekanik dokudur.



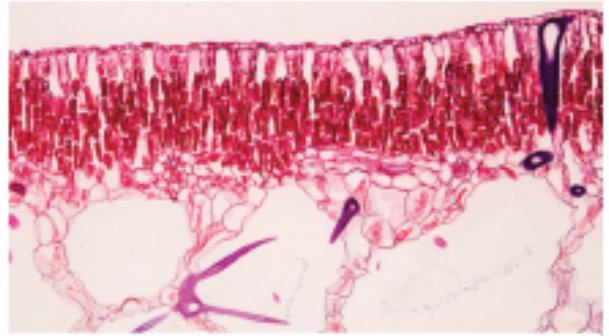
Gövdenin birincil kabuğundaki sklerenkima lifleri (yeşil boyanmış)



Gövdedeki sklerenkima lifleri (turkuaz boyanmış)

Sklereidler (taş hücreleri), güçlü şekilde kalınlaşmış çeperlere ve çoğunlukla ağsı dallanma oluşturan belirgin basit porlara sahip ölü hücrelerdir. Birincil meristemlerden veya çeperleri odunlaşan parankima hücrelerinden oluşurlar; bu sırada hücrenin canlı içeriği kaybolur. Yapraklarda, meyvelerde, kabukta ve tohumlarda bulunurlar. Şeftali, vişne, kiraz, erik çekirdeklerinin sert kısmı ile ceviz, badem, fındık kabukları için sağlam bir "zırh" oluştururlar. Tohumlardaki sklereidler; enfeksiyonlara, böceklerle ve mekanik yaralanmalara karşı koruma sağlar.

Sklereidler silindirik, yıldız biçimli veya iğnemsî gibi farklı şekillerde bulunur. Armut, muşmula ve ayva meyvesinin etli kısmında, küresel şekilli tek tek veya gruplanmış taş hücreleri bulunur.



Yaprakta farklı şekillerde sklereidler (mor boyanmış)

Etkinlik

Armut ve Ayvada Mekanik Dokuların Araştırılması

Gerekli materyaller: armut ve ayvanın genç gövdesi, yaprak sapları ve olgun meyveleri, mikroskop, penset, lam ve lamel, bistüri veya jilet, bazik fuksin boyası, su, emici kâğıt.

1. Genç gövdeden, yaprak saplarının tabanından ve olgun meyvelerde tohumlara yakın bölümden çok ince kesitler alarak su preparatları hazırla.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele.
3. Genç gövdede ve sapın tabanında epidermisin altında hangi mekanik dokunun bulunduğunu gözlemler. Hücre çeperlerindeki kalınlaşma farklarını göstereceğin taslaklar veya şekiller çiz.
4. Armut ve ayva meyvesinde aynı mekanik dokunun bulunup bulunmadığını kontrol et.
5. Bunu belirledikten sonra, aşağıdaki şekilde boyama yapmaya çalış:

 - Lameli çıkar, suyu kâğıtla emdir ve kesitin üzerine kaplayacak şekilde daha büyük bir damla fuksin boyası koy.
 - Boyanın 2-5 dakika etki etmesini bekle, ardından kâğıtla emdir ve birkaç damla suyla yıka.
 - Suyu emdir ve yeniden temiz bir damla su koy, lamelle kapat ve mekanik dokunun boyanıp boyanmadığını gözlemler.

6. Ayva ve armuttaki mekanik dokuların yapısındaki ortak özellikler ve farklılıklar hakkında tartış.

Kollenkima dokusu, armut ve ayvanın genç gövdeleri ile yaprak saplarının yapısı için karakteristiktir. Görünüş bakımından fark yoktur, ancak tabaka sayısında farklılıklar olabilir.

Temel fark sklereidlerde görülür. Armutta sklereidler tipik kısa, küresel taş hücreleridir; ayva meyvesinde ise şekil bakımından farklıdır ve daha seyrek bulunur. Boyamadan sonra sklereidlerin hücre çeperleri pembe ile kırmızı arasında boyanır (boyama süresine bağlı olarak).



Tekrar Soruları

1. Mekanik dokunun, tipine ve bulunduğu yere bağlı olarak temel görevi nedir?
2. Hangi kollenkima doku tipleri vardır ve bunlar hangi organlar için karakteristiktir?
3. Kollenkima hücreleri nasıl yapılandırılmıştır ve bitki organizmasındaki çift görevleri nedir?
4. Bitkideki konumlarına göre sklerenkima liflerinin önemi nedir?
5. Taş hücreleri şekil bakımından nasıldır ve hangi organlarda daha sık bulunurlar?

İlginç Biyoloji!

- Sklerenkima, en sert bitki dokusudur. Hücrelerinin çeperlerinde bulunan çok katlı lignin, onları son derece sağlam hâle getirir. Bu nedenle sklereidler taş hücreleri olarak da adlandırılır. Bazı türler, demetler hâlinde gruplanan ve tekstil/teknik lifler oluşturan uzun "kabuk liflerine" sahiptir.
- Jüt lifinin (*Corchorus capsularis*) uzunluğu 10-30 mm'dir; teknik lif hâlinde gruplanınca *Musa textilis*'in güçlü ve esnek liflerinde olduğu gibi 3 m'ye kadar ulaşır. Kenevirin (*Cannabis sativa*) tek tek lifleri 5-30 mm, teknik liflerinin uzunluğu ise 1-5 m'dir. En uzun tekil sklerenkima liflerine keten (*Linum usitatissimum*) ve tropikal palmye ramya (*Boehmeria nivea*) sahiptir; bunların uzunluğu 55 cm'ye kadar ulaşır.

3.5 İletim Dokusu

Hatırla!

- Su bitki içerisinde nasıl alınır ve taşınır?
- Fotosentez sonucunda oluşan ürünler, kök de dâhil olmak üzere tüm bitkinin ihtiyaç duyduğu besin maddeleridir. Bu maddeler bitkinin diğer bölümlerine nasıl ulaşır?

İletim dokusu (ksilem ve floem), kendi görevine uyum sağlamış en yüksek derecede özelleşmiş bitki dokusudur. Bu dokuların oluşumu, bitkilerin karasal yaşam biçimine uyum sağlaması ve yapraklardaki uzak fotosentetik dokuya su ulaştırılmasıyla yakından ilişkilidir.

Ksilem ve floem, birincil ve ikincil kökenli olabilir. Birincil olarak apikal meristemden oluşurlar. İkincil ksilem ve floem elemanları ise lateral meristem olan kambiyumun etkinliğiyle meydana gelir. Ksilem ve floem, yapı ve görev bakımından birbirinden farklıdır.

KSİLEM

Ksilem içerisinde çözünmüş mineral maddeler bulunan suyu taşır. Bu temel görevinin yanında, kalınlaşmış ve odunlaşmış hücre çeperlerine sahip olduğu için bitki organizmasına destek de sağlar. Odunlaşmış hücre çeperleri, boş lümenlerde suyun direnç göstermeden akmasını mümkün kılar. Temel ksilem elemanları **trakeidler** ve **trakeler**dir.

- **Trakeidler**, iğ şeklinde sivri uçlara sahip uzamış hücrelerdir. Dikey olarak yan yana bulunan iki komşu trakeid arasındaki enine çeperler eğik yerleşmiş ve deliklidir. Böylece komşu hücreler arasındaki temas yüzeyi artar ve suyun kesintisiz akışı sağlanır. Trakeidler, evrimsel olarak daha eski iletim elemanlarıdır ve eğrelti otları ile açık tohumlu bitkilerde suyu ileten tek hücrelerdir.
- **Trakeler**, ksilem boruları olarak bilinir. Bunlar, tek tek üyelerin dikey olarak birbirine bağlanmasıyla oluşur; çünkü boruların oluşumu sırasında enine bölmeler ortadan kaybolmuştur. Böylece son hâllerinde tamamen boş borular hâline gelirler ve trakeidlerden daha geniştirler.



Boyuna kesitte trakeidler, trakeler, ksilem parankiması ve odunsu sklerenkima lifleri

Ksilemin yapısında trake ve trakeidlerin yanı sıra odunsu (sklerenkim) lifler ve ksilemde bulunan tek canlı hücreler olan parankima hücreleri de yer alır.

FLOEM

Floem, organik maddeleri; yani karbonhidratları, aminoasitleri, lipitleri, vitaminleri, hormonları ve diğer maddeleri taşır. Bu maddeler bitkinin yeşil bölümlerinde sentezlenir, ardından bütün organlara iletilir. Özellikle genç sürgünlere ve bitkide yedek maddelerin depolandığı bölgelere doğru taşınma oldukça yoğundur.

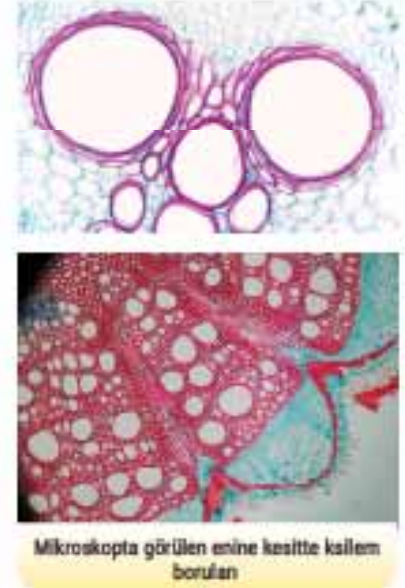
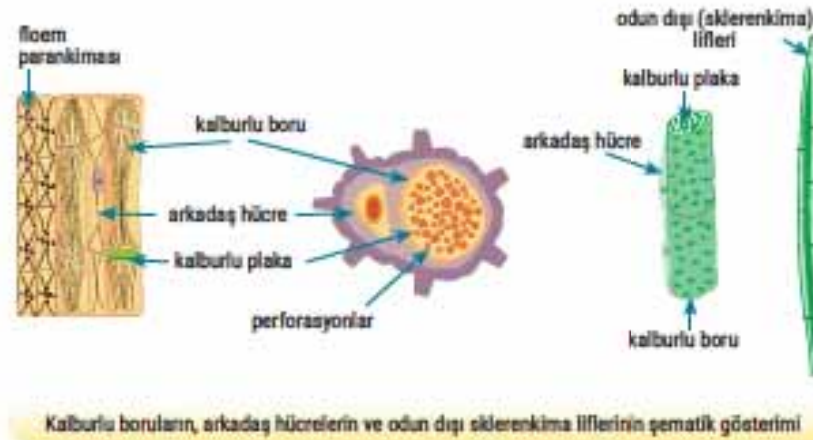
Floem üç çeşit dokudan oluşur: iletim, mekanik ve parankima dokusu. Temel iletim elemanları **kalburlu hücreler** ve **kalburlu borulardır**; diğerleri ise floemdeki yardımcı dokulardır.

Eğrelti otları ve açık tohumlu bitkilerde iletim elemanı olarak yalnızca kalburlu hücreler bulunurken, kapalı tohumlu bitkilerde kalburlu borular baskındır. Kalburlu hücreler canlı, çok uzamış ve sivri uçlu hücrelerdir; uçlarıyla birbirlerine bağlanırlar. Kalburlu borular ise kalburlu plakalarla birbirine bağlanmış/ ayrılmış canlı, uzamış hücrelerin dikey sıralarını oluşturur.

Kalburlu boru hücreleri ile **arkadaş hücreler**, birincil (prokambiyal) veya ikincil (kambiyal) bir meristem hücresinin bölünmesiyle oluşur. Prokambiyal hücrenin asimetrik bölünmesi sonucunda büyük hücre farklılaşarak kalburlu borunun bir hücrecini, küçük hücre ise arkadaş hücreyi oluşturur. Kambiyal hücrenin bölünmesiyle oluşan iki hücreden biri kambiyal olarak kalırken, diğeri floem veya ksilem hücreğine dönüşür.

Kalburlu boru hücreleri farklılaşma sırasında birçok yapısal değişiklik geçirir. Çekirdek kaybolur, tonoplastın parçalanmasıyla sitoplazma koful içeriğiyle karışır. Yatay bölme çeperleri delinir ve maddelerin taşıdığı **kalburlu plakayı** oluşturur. Arkadaş hücreler ise hücrenin bütün yapısını korur; yoğun sitoplazmaları ve çekirdekleriyle ayırt edilirler. Bunlar, kalburlu boru hücrelerinin sürdürülmesiyle ilgili metabolik görevler üstlenir.

Floemde mekanik doku olarak odun dışı (sklerenkima) lifleri bulunur; ayrıca floem parankiması da yer alır.



BİRLEŞİK DOKU SİSTEMLERİ - İLETİM DEMETLERİ

Yüksek yapıli bitkilerde iletken elemanlar tek başına bulunmaz; sklerenkima ve parankima ile gruplanarak iletim **iletim demetleri** adı verilen birleşik doku sistemlerini oluştururlar. Bazı iletken demetlerde floem ile ksilem arasında, **demet kambiyumu** adı verilen kambiyum bulunabilir. Bu yapı genellikle hâlâ floem ve ksilemde yeni elemanlar oluşturmaya devam eden açık demetlerde bulunur. Kapalı tip demetlerde ise kambiyum bulunmaz; çünkü demet elemanlarının oluşumu sırasında tamamen tükenmiştir.

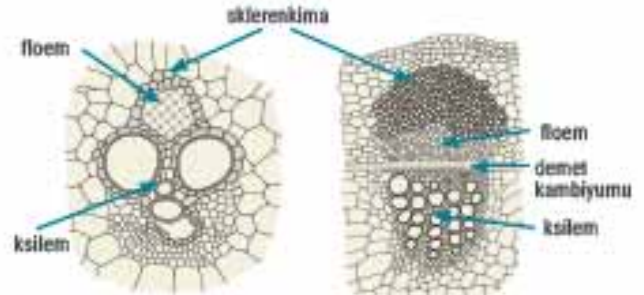
Sklerenkima lifleri, iletken elemanları çevreleyerek onları korur; ancak bütün demetlerde eşit derecede bulunmaz ve bazılarında tamamen yoktur.

Birleşik doku sistemleri içinde iletken elemanların dizilişine göre şu tipler ayırt edilir: kolateral demetler, bikolateral demetler, konsantrik demetler ve radyal demetler.

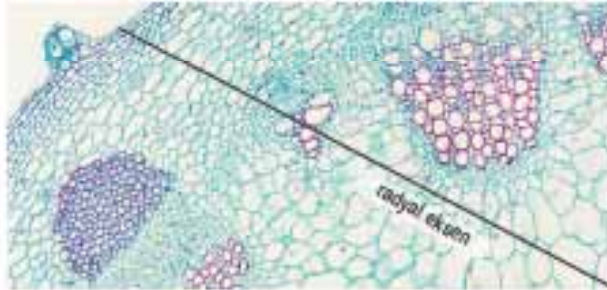
- **Kolateral (Yanal) demetler**, floem ve ksilemin aynı radyal eksen üzerinde dizildiği demetlerdir. Floem dış tarafta, ksilem ise iç tarafta bulunur. Bunlar en yaygın görülen demet tipidir. Demet kambiyumunun bulunup bulunmamasına göre *açık kolateral iletken demetler* (dikotil bitkilerin gövde ve yapraklarına özgü) ve *kapalı kolateral iletken demetler* (kambiyumsuz) olmak üzere iki tür demet ayırt edilir; kapalı demetler monokotil bitkilerin gövde ve yapraklarında bulunur.



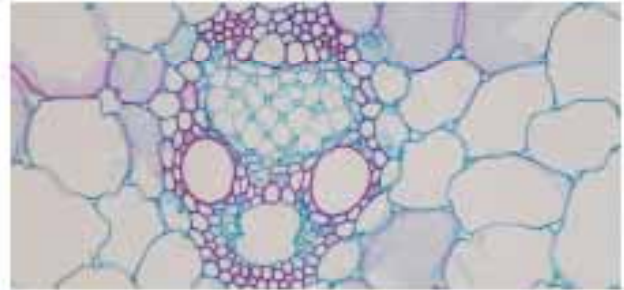
Açık ve kapalı kolateral iletken demetin şematik gösterimi



Gövdenin enine kesitinde açık ve kapalı kolateral iletken demetin şematik gösterimi



Dikotil bitkide açık kolateral iletken demet

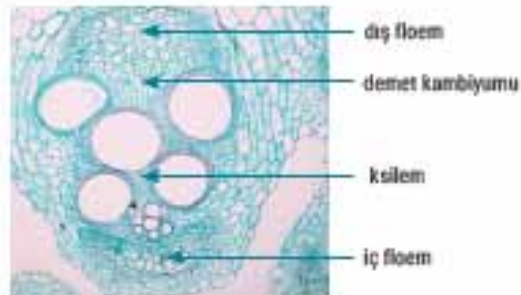


Monokotil bitkide kapalı kolateral iletken demet

- **Bikolateral iletim demet** te iki floem (dış ve iç floem) ve bir ksilem bulunur. Dış floem ile ksilem arasında demet kambiyumu yer aldığı için bu tip demet açık demet olarak kabul edilir. Çevresinde sklerenkima dokusu bulunmaz. Sağlamlığı ise ksilemin iletken elemanları olan trake ve trakeidler



Bikolateral (açık) iletken demetin şematik gösterimi



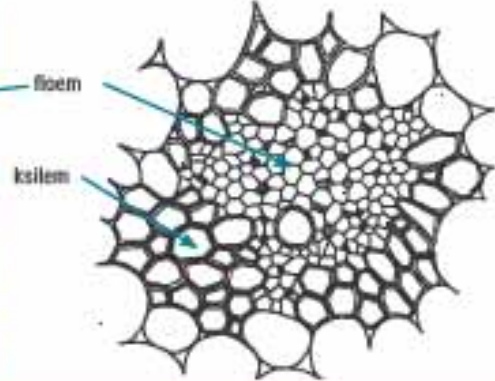
Kabağın gövdesinde enine kesitte görülen bikolateral iletken demet

sağlar. Bu demet tipi kabağın gövdesi için karakteristiktir.

- **Konsantrik iletim demet** lerde floem ve ksilem dairesel şekilde dizilmiştir. Eğrelti otlarında ksilem merkezde bulunur ve floem onun çevresini sarar. İnci çiçeğinin rizomlarında ise diziliş bunun tersidir.

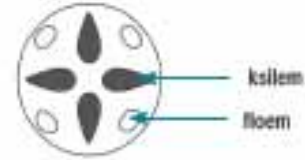


Konsantrik iletim demetlerin şematik gösterimi

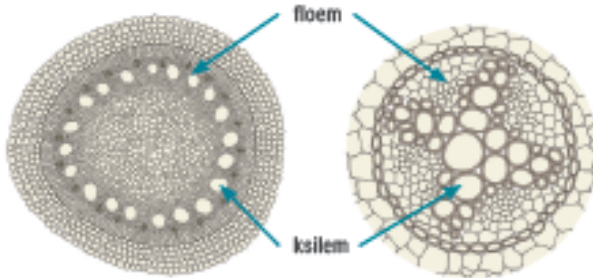


Konsantrik iletim demetler – solda eğrelti otu, sağda inci çiçeği

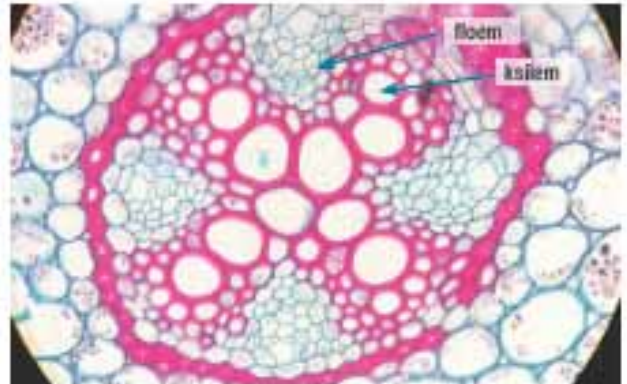
- **Radyal tip iletim demet**, kök için karakteristiktir ve kökün merkezi silindirini oluşturur. Floem ve ksilem, monokotil bitkilerde çok sayıda radyus boyunca dönüşümlü olarak dizilir. Dikotil bitkilerde ise bu diziliş daha az sayıda radyus üzerinde görülür.



Radyal iletim demetin şematik gösterimi



Monokotil ve dikotil bitkilerde enine kesitte radyal demetlerin şematik gösterimi



Düğün çiçeği kökünde radyal iletim demetin enine kesiti

Etkinlik

Birleşik Doku Sistemlerinin Yapısındaki Farklılıkların Araştırılması

Gerekli materyaller: mısır, düğün çiçeği ve kabağın genç gövdesi, mikroskop, penset, lam ve lamel, bistüri veya jilet, su.

1. Mısır, düğün çiçeği ve kabak gövdesinden çok ince kesitler alarak üç su preparatı hazırla.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele. Bu gövdelerde ksilem ve floemin nerede bulunduğunu gözlemler.
3. Floem ve ksilem iletkin elemanlarının miktarını gösteren taslaklar veya şekiller çiz.
4. Demetlerin içinde, bu iletkin dokular dışında iletkin olmayan başka dokuların bulunup bulunmadığını kontrol et.
5. Bu gövdelerde iletkin dokuların ve bunların oluşturduğu birleşik yapıların ortak özellikleri ile farklılıkları hakkında tartış.

İncelenen bitkilerde birleşik doku sistemleri farklıdır. Temel farkları gözlemleyeceksin: iletkin demetin tipi, iletkin elemanların miktarı (kabaktaki demetlerde iki floem, diğerlerinde ise birer floem bulunur), kambiyumun varlığı (açık ve bikolateral demetlerde bulunur, kapalı demetlerde bulunmaz), sklerenkimanın varlığı (açık ve kapalı demetlerde bulunur, bikolateral demette bulunmaz).

Tekrar Soruları

1. Floem ve ksilemin farklılaşması sırasında meydana gelen hangi değişiklikler, onların iletkin eleman olarak görev yapmasını sağlar?
2. Ksilem ve floemde taşınan maddeler hangi yönde hareket eder? Bunun nedenini açıkla.
3. Ksilem nasıl yapılandırılmıştır ve iletkin demetler içinde ona eşlik eden elemanlar nelerdir?
4. Floem hangi yapılardan oluşur, görevi nedir ve nasıl oluşur?
5. Açık ve kapalı iletkin demetler arasındaki temel fark nedir ve bunun önemi nedir?

İlginç Biyoloji!

- Ksilemin iletkin elemanları olan trake ve trakeidler, farklılaşma sonucunda su taşımaya özelleşmiş ölü hücrelere dönüşür. Su, bitki için yaşam anlamına geldiğine göre; ölü hücrelerin bir organizmanın yaşamını ve devamlılığını sağlaması doğada özel bir olaydır. Odunun yaklaşık %90'ı ölü ksilemden oluşur ve her yıl yeni bir katman (yıllık halka) meydana gelir. Odunun işlevsel kısmındaki borular aracılığıyla su, saatte 45 metreye kadar hızla yukarı taşınabilir. Kavak ve diğer uzun boylu ağaçlarda, yapraklardaki terleme sayesinde su çok büyük bir hızla en üst bölümlere ve bütün yapraklara ulaşır. Su, adezyon ve kohezyon özelliklerinden yararlanarak kesintisiz bir su sütunu hâlinde hareket eder.

3.6 Bitki Organları. Kökün Morfolojisi ve Modifikasyonları (Değişimleri)

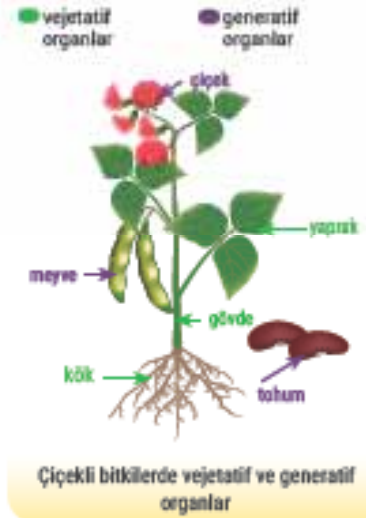
Hatırla!

- Bitkiler hangi organlardan oluşur ve bu organlar nasıl gruplandırılır?
- Kökün apikal meristemi nasıl yapılandırılmıştır ve hangi üretici bölgeleri oluşturur?
- Kökün birincil yapısındaki farklılaşmış dokular hangi üretici bölgelerden oluşur?
- Kökte ikincil, lateral meristemlerin etkinleşmesiyle neler meydana gelir?

Bitkiler, yaşamlarını sürdürebilmek için farklı görevler üstlenen iyi gelişmiş organlara sahip karmaşık canlı organizmalardır. Bitkilerde büyüme, gelişme ve yaşamın sürdürülmesinde **vegetatif organlar** önemli rol oynar. Bu organlar, bitkinin su ve mineral maddeleri emmesini, besin üretmesini ve yaşamını devam ettirmesini sağlar. Bitki, vegetatif organları sayesinde büyür, gelişir ve çevre koşullarına uyum sağlar. **Generatif organlar** ise üreme, bitki türünün devamı ve doğada yayılması için görev yapar.

Çiçekli bitkilerde kök, gövde ve yaprak vegetatif organlardır. Çiçek, meyve ve tohum ise generatif organlardır.

Bitkiler gelişimlerine tohum içinde bulunan embriyodan başlar. Uygun koşullarda sağlıklı ve olgun bir tohum çimlenerek fideli oluşur. Fide, büyüme ve gelişme sonucunda türe özgü yetişkin bir bitki hâline gelir. Embriyodaki çenek sayısına göre çiçekli bitkiler iki gruba ayrılır: **dikotil bitkiler** (iki çenekli) ve **monokotil bitkiler** (tek çenekli). Dikotil ve monokotil bitkiler, vegetatif ve generatif organlarının yapısı bakımından birbirlerinden farklıdır.



	tohum	kök	gövdedeki ileşken damarlar	yaprak	çiçek
MONOKOTİLLER	 bir kotiledon	 sacak kök	 dağınık	 paralel damarlanma	 üç parçalı
DİKOTİLLER	 iki kotiledon	 kalın kök	 halka gelişinde	 ağaç damarlanma	 beş parçalı

Dikotil ve monokotil bitkilerde vegetatif ve generatif organlar arasındaki farklılıklar



KÖK

Kök bitkilerin temel vejetatif organlarından biridir ve bitkinin yaşamını sürdürebilmesi için büyük önem taşır. Bitki, kökü sayesinde toprağa tutunur ve ihtiyaç duyduğu su ile mineral maddeleri alır. Kök genellikle toprak altında gelişir ve tohumun çimlenmesi sırasında ortaya çıkan ilk organdır. Ayrıca bitkinin başka bölümlerinden adventif (ek) kök olarak da oluşabilir. Kök yalnızca emici görev yapmaz. Aynı zamanda destek ve depo görevi de üstlenir. Kök içinde birçok organik maddenin sentezi gerçekleşebilir; ancak en çok depo maddeleri burada biriktirilir. Bazı bitkiler kök yardımıyla vejetatif olarak çoğalır. Kök, topraktaki bazı mantarlar ve azot bağlayıcı bakterilerle simbiyotik ilişki kurabilir. İyi gelişmiş bir kök sistemi olmadan bitki normal şekilde büyüyüp gelişemez.

Kökün morfolojisi - yapısı

Kök, sürgünden daha sonra evrimleşmiştir ve karasal yaşama uyum sonucu oluşmuş daha basit bir yapıya sahiptir. Bitkinin aşağı doğru, yani pozitif geotropizma göstererek büyüyen organıdır. Nadiren toprak üstünde de gelişebilir.

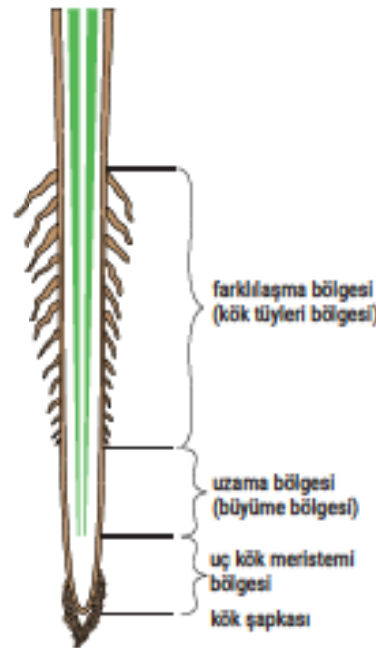
Tohum çimlenirken embriyonik kökten gelişen köke **ana kök** denir. Ana kökün büyümesi sırasında dallanmalar, yani **yan kökler** oluşur. Bu kökler, perisiklden (kökte bulunan birincil lateral meristem) gelişir ve birinci dereceden kökleri oluşturur. Bunlardan ikinci dereceden kökler, onların üzerinden de üçüncü dereceden kökler meydana gelir. Böylece bütün kökçüklerin katıldığı bir **kök sistemi** ağı oluşur. Kök sisteminin morfolojisine göre iki kök tipi ayırt edilir: kazık kök ve saçak kök.

Embriyonik kök gelişerek diğer kökçüklere göre daha baskın bir ana kök oluşturursa buna **kazık kök** denir. Domates, biber, fasulye, yonca ve karahindiba gibi birçok kültür ve yabani dikotil bitki iyi gelişmiş kazık köke sahiptir.

Ana kökün gelişmediği ve kök sisteminde bitkinin diğer vejetatif organlarından gelişen adventif (ek) köklerin bulunduğu durumlarda ise **saçak kök** sistemi oluşur. Bu köklerde gelişme ve kalınlaşma bakımından belirgin fark görülmez. Bu nedenle sistemdeki bütün ek kökler birbirine yakın yapıdadır. Tahıllar ve otsu monokotil bitkiler saçak köke sahiptir.

Kökün boyuna yapısında şu bölgeler ayırt edilir:

1. Uç kök meristemi bölgesi, meristem dokular konusunda açıklanmıştır. Başlangıç ve üretici hücrelerin bölünmesi sayesinde kökün boyca büyümesini sağladığı için **bölünme bölgesi**



bölgelerin şematik gösterimi (solda), mikroskop görüntüsü (sağda)

olarak da adlandırılır. Kök yapısının temel özelliklerinden biri, kökün toprak içinde büyümesi sırasında onu koruyan uyumlardan biri olan *kök şapkasının* bulunmasıdır.

2. Uzama (büyüme) bölgesi, kök ucunun devamında yer alır ve uzayaarak büyüyen hücrelerden oluşur. Bu bölgedeki hücreler henüz belirli bir görev için özelleşmemiştir.

3. Farklılaşma bölgesi ya da *kök tüyleri bölgesi*, kökün emici kısmını oluşturur. Bu bölge farklılaşmış hücrelerden meydana geldiği için kökün birincil yapısını incelemeye kullanılır.

Kökün birincil yapısı

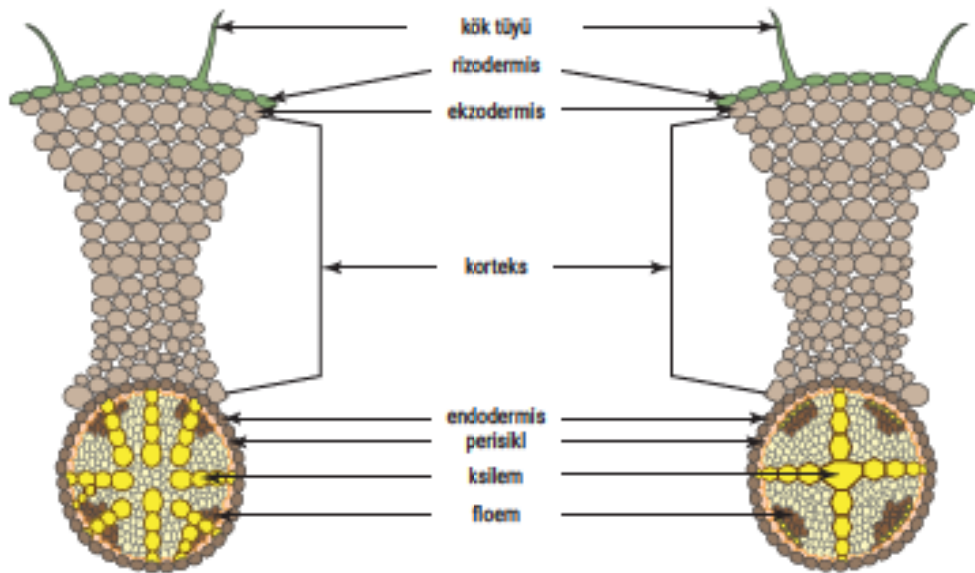
Kökün birincil yapısında dış ve iç dokular ayırt edilir. Dış dokular rizodermis ve birincil korteksten oluşur. İç dokular ise merkezi silindiri meydana getirir.

Rizodermis ince hücre çeperlerine sahip kök tüyleri geliştiren canlı bir yüzey ve koruyucu dokudur. Bu yapı, kök tüylerinin topraktan su ve çözünmüş mineral maddeleri emme göreviyle doğrudan ilişkilidir.

Rizodermisin altında **birincil korteks** bulunur. Korteks, dış örtü olan ekzodermis ile başlar. **Ekzodermis** bir ya da birkaç hücre tabakasından oluşur ve rizodermis öldükten sonra koruyucu görevi üstlenir. Onun altında, depo parankiması veya aerenkima olabilen daha kalın bir **korteks parankiması** tabakası yer alır. Korteks, **endodermis** adı verilen tek sıralı iç örtü ile sonlanır. Endodermis, belirli maddelerin girişini seçici olarak kontrol eden özel canlı hücrelerden oluşan önemli bir tabakadır.



Kök tüylerine sahip rizodermis



Monokotil ve dikotil bitkilerde kökün birincil yapısı

Merkezi silindirin iç dokuları, yan köklerin ve ikincil lateral meristemlerin oluşmasından sorumlu olan tek sıralı **perisikl** ile başlar. Bunun altında, **radyal iletim demeti** oluşturan iletim damarlar bulunur.

Monokotil ve dikotil bitkilerin köklerinin birincil yapısında, özellikle merkezi silindirde belirgin farklılıklar vardır. Dikotil bitkilerde radyal demetler daha az sayıda ksilem ve floemden oluşur (genellikle 4 tane). Ksilem elemanları baskındır ve merkezden başlayarak perisikle kadar uzanır. Monokotil bitkilerde ise ksilem ve floem sayısı daha fazladır ve bunlar demetin merkezinden başlamaz.

Kökün ikincil yapısı

Dikotil ve açık tohumlu bitkilerin kökleri ikincil olarak kalınlaşabilir. İkincil yapı, kambiyum ve fellogen gibi ikincil meristemlerin etkinliği sonucu oluşur. Kökün yüzeyinde fellogen, rizodermisin yerini alan *peridermi* oluşturur. Kökün iç kısmında ise kambiyum dış tarafa doğru *floem*, iç tarafa doğru *ksilem* meydana getirir. Zamanla yaşlı köklerde odunlaşma görülür. Böylece kökün birincil yapısı yerini ikincil yapıya bırakır.

Değişime uğramış kökler

Kökte; depo kök, yumru kök, solunum kökleri, tutunucu kökler, destek kökleri, payanda kökler ve hava kökleri gibi çeşitli modifikasyonlar görülür.



Turp, kereviz, çalgam, kırmızı pancar, tatlı patates ve havuçta kök modifikasyonları

Depo kök ana kökün kalınlaşmasıyla oluşur ve yedek şekerleri (nişasta, inülin vb.) depolayan bitkilerde görülür. Havuç ve maydanoz gibi bitkilerde uzun şekilli depo kök bulunur. Şeker pancarı, turp ve kırmızı pancar da bu gruba örnektir.

Yumru kök ise salep bitkileri, yıldız çiçeği, bazı tatlı patates türleri ve etli köklere sahip bitkiler için karakteristik özel bir kök modifikasyonudur. Bu yapılarda genellikle yedek şekerler ve salgı maddeleri depolanır. Örneğin salep yumruları salep elde etmek için kullanılır. Yumru kökler, gövde yumrularından (patates yumruları) farklıdır; çünkü tomurcukları ("gözleri") yoktur. Yıldız çiçeği ve tatlı patates vejetatif olarak çoğalabilir.

Solunum kökleri, yıl boyunca suyun biriktiği bataklıklarda yaşayan tropikal bitkilerde gelişir (mangrov ağaçları). Bu kökler negatif geotropizma göstererek suyun üstüne doğru büyür ve oksijen sağlar. Korteks kısmında, havanın depolandığı veya dolaştığı aerenkima bulunur.

Tutunma kökleri sarmaşık için karakteristiktir. Bu kökler, canlı ya da cansız bir yüzeye dikey veya yatay şekilde gelişerek bitkinin tutunmasına yardımcı olur.



Modifiye olmuş solunum kökleri



Sarmaşıktaki modifiye olmuş tutunucu kökler



Destek kökleri, bitkiye sağlamlık kazandırır. Özellikle çok yıllık tropikal bitkilerde gövdeye benzer bir görünüm oluştururlar. Gövdeye eğik şekilde yerleşen payanda kökler de bu gruba girer.

Hava kökleri, bazı orkidelerde toprak üstünde gelişir ve bitkinin belirli bir yüzeye tutunmasını sağlar. Bu kökler, havadaki nemi emen özel bir doku ile kaplıdır. Böylece kök ve bitki kuruma tehlikesine karşı korunur.



Yabani orkidelerde hava kökleri



Destek ve payanda kökler

Etkinlik

Monokotil ve Dikotil Bitkilerde Kökün Yapısının İncelenmesi

Gerekli materyaller: monokotil bir bitkinin (mısır) ve dikotil bir bitkinin (dügün çiçeğı, biber veya domates) kökçükleri, mikroskop, penset, lam ve lamel, bistüri veya jilet, su, %1-2'lik asidik orsein.

1. Önerilen bitkilerin en küçük kökçüklerinden kopar ve su preparatı hazırla. Bunun için kökçüğü lamel ile dikkatlice bastırarak materyalin tek bir düzlemde yayılmasını sağla. Daha sonra bir damla boya ekle ve 3 dakika boyunca boyanmasını bekle.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele. Her iki bitkinin kök yapısını gözlemle ve aralarındaki farklılıkları belirle.
3. Kökün iyi gelişmiş bölümlerinden ince enine kesitler alarak su preparatları hazırla.
4. İletken demetlerin diziliş, tipi ve sayısını gösteren taslaklar veya şekiller çiz.
5. Bu yapılarda demet kambiyumunun bulunup bulunmadığını kontrol et.
6. Bu köklerin yapısındaki ortak özellikler ve farklılıklar hakkında tartış.

Monokotil ve dikotil bitkilerin incelenmesi, kökün boyuna ve enine kesitindeki yapısal farklılıkların görsel olarak ayırt edilmesini sağlayacaktır. Boyuna kesitte dikotil bitkide kök ucu ile kök şapkasının birleşmiş olduğu görülürken, monokotil bitkide bu iki bölüm arasında belirgin bir sınır görülür. Enine kesit ise incelenen bitkiler arasında kökün merkezi silindirik yapısındaki farklılıkları ortaya koyar.

Tekrar Soruları

1. Monokotil ve dikotil bitkilerin, embriyo ve yetişkin bitkinin kök yapısı bakımından özellikleri nelerdir?
2. Kök sisteminde birinci, ikinci ve üçüncü dereceden kökler nerede ve nasıl oluşur?
3. Kökün temel görevlerini uygun modifikasyonlarla ilişkilendir.
4. Kök için karakteristik olan bölgeler nelerdir ve neden önemlidir?
5. Kökün birincil ve ikincil yapısını açıkla.

İlginç Biyoloji!

- Zencefil, zerdeçal, kediotu ve birçok başka türün kökleri, tıbbi özellikleri ve organizma üzerindeki yararlı etkileri nedeniyle geniş kullanım alanına sahiptir. Ancak en şifalı köklerden biri, binlerce yıldır geleneksel tıpta kullanılan ginsengdir (*Panax ginseng*). Ginseng bağışıklık sistemini güçlendirir ve enerjiyi artırır. "Panax" adı ise "her derde deva" anlamına gelir.



3.7 Gövdenin Morfolojisi ve Modifikasyonları

Hatırla!

- Gövdenin birincil yapısındaki farklılaşmış dokular hangi şekilde oluşur?
- Gövdede yeni yan vejetatif koniler nasıl oluşur?
- Gövdede fellogen ve kambiyumun etkinleşmesiyle neler meydana gelir?

Gövde, temel görevi destek sağlamak olan eksensel bir vejetatif organdır. Aynı zamanda iletken görev de üstlenir. Su ve çözünmüş mineral maddeler kökten yapraklara doğru, fotosentez ürünleri ise ters yönde gövde aracılığıyla taşınır. Gövde dallanarak yaprakların en uygun şekilde ışık almasını sağlar. Yaprakların yanı sıra çiçek ve meyveleri de taşır. Ayrıca yedek maddelerin depolanmasında ve vejetatif çoğalmada görev alabilir. Gövde; yaprak ve tomurcukların çıktığı boğumlardan (nod) ve iki boğum arasındaki boğum aralarından (internod) oluşur.

Şekline göre gövdeler genellikle silindirik, köşeli, yassı veya olukludur. Büyüme yönüne göre ise dik, yatık, sürünücü veya sanlıcı olabilir.

Gövde, yapraklar ve tomurcuklarla birlikte sürgünü oluşturur. Yaprak ve tomurcuk taşıyan, dallanmamış ve bir vejetasyon dönemi boyunca gelişen gövdeye sürgün denir. Tomurcuklardan yeni dallar, çiçek tomurcuklarından ise çiçekler gelişir. Tek yıllık bitkilerde bütün bitki, embriyonik tomurcuktan gelişen bir sürgündür. Çok yıllık bitkilerde ise her yıl tomurcuklardan yeni genç sürgünler oluşur.

Tomurcuk; uç meristem dokusu, yaprak taslakları, bu yaprakların koltuklarında bulunan yan tomurcuk taslakları ve koruyucu sert pullar içeren gelişmemiş bir sürgündür. Tomurcuklar şu şekilde sınıflandırılır:

1. Bulundukları yere göre:

- **Uç tomurcuklar:** Gövdenin ucunda bulunur ve boyca büyümeyi sağlar.
- **Koltuk tomurcukları:** Yaprak koltuklarında bulunur.

2. Görevlerine göre:

- **Vejetatif tomurcuklar:** Gövde veya yaprak oluşturur.
- **Generatif (çiçek) tomurcuklar:** Çiçek veya çiçek durumu oluşturur.
- **Karışık tomurcuklar:** Hem yaprak hem de çiçek oluşturur.

3. Örtüsüne göre:

- **Örtülü tomurcuklar:** Koruyucu sert pullarla kaplı tomurcuklardır.



Boğum ve boğum aralarına sahip gövde



Karpuzda yatık gövde



Hoya bitkisinde sanlıcı gövde

- Çıplak tomurcuklar: Koruyucu pulları olmayan tomurcuklardır.

Tomurcuklar, gövdenin büyümesi ve dallanmasında önemli rol oynar.

GÖVDE ÇEŞİTLERİ

Yaşam sürelerine göre gövdeler tek yıllık ve çok yıllık olarak ayrılır. Yapılarına göre ise otsu ve odunsu gövdeler bulunur. Otsu gövdeler çoğunlukla tek yıllıktır ve çiçeklenme ile meyve ve tohum oluşumundan sonra yaşam döngülerini tamamlarlar. Bu gövdeler yeşil, ince yapılıdır ve genellikle odunlaşmaz. Birçok bahçe bitkisi, tahıl, endüstri bitkisi ve yabani bitki bu gruba girer.

Ağaç, çalı ve yarı çalıların gövdeleri çok yıllıktır ve yaşam süreleri onlarca yıldan birkaç yüzyıla kadar değişebilir. Ağaçlar, çok sayıda dallanma yapan tek bir ana gövde geliştirir. Ağacın en genç dalları, yaprak ve tomurcuk taşıyan sürgünlerdir. Meşe, akçaağaç, ıhlamur ve kestane buna örnektir. Çalıların belirgin bir ana gövdesi yoktur ve toprağın hemen üstünden dallanırlar. Genellikle 3 metreyi aşmazlar. Böğürtlen, gül ve leylak bu gruba örnektir. Yarı çalıların toprak üstündeki yeşil kısımları her yıl yenilenir. Alt bölümleri ise odunlaşmış ve çok yıllıktır. Genellikle kısa boyludurlar. Biberiye, kekik ve lavanta buna örnektir.

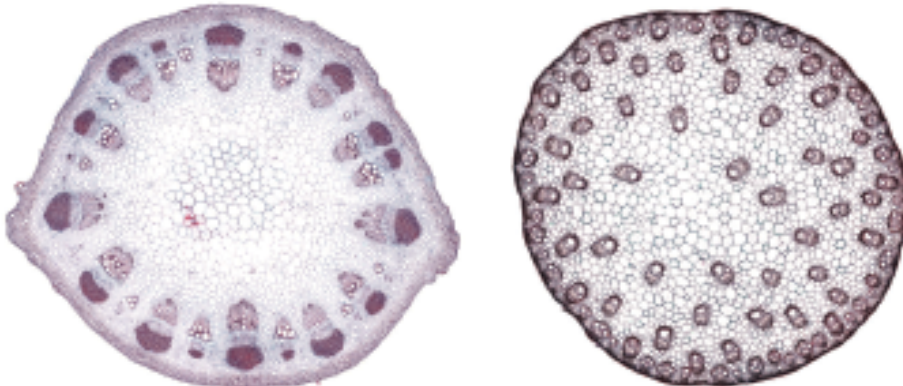
GÖVDENİN BİRİNCİL YAPISI

Gövdenin birincil yapısı dikotil ve monokotil bitkilerde farklıdır.

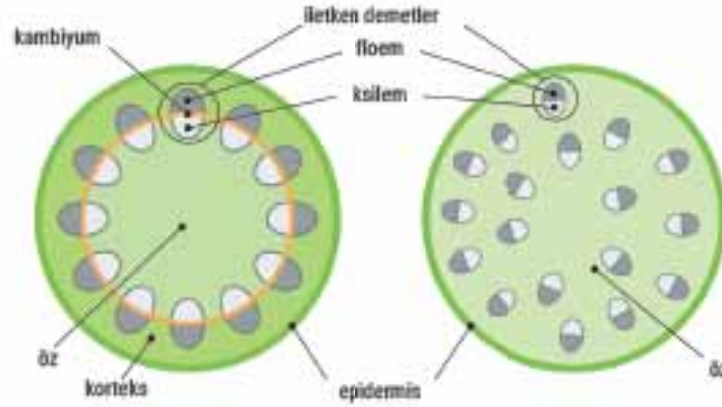
Dikotil bitkilerde dış dokular epidermis ve birincil korteksten oluşur. İç dokular ise merkezi silindiri meydana getirir. Epidermisin altında birincil korteks bulunur. Korteks çoğunlukla *mekanik doku* olan lamelli veya köşeli kollenkima ile başlar, ardından *korteks parankiması* gelir. Korteksin son tabakası, canlı hücrelerden oluşan tek sıralı *endodermistir*. Bu hücrelerde genellikle nişasta depolanır.

Merkezi silindir, dairesel şekilde dizilmiş *iletken demetleri* içerir. Bunlar çoğunlukla açık kolateral veya bikolateral demetlerdir ve *parankima dokusu* içine yerleşmiştir. Kabak gövdesindeki kambiyum demetlerin içinde bulunur. Bazı gövdelerde ise birleşerek *kambiyal halka* oluşturur. Bazı gövdelerde floem ve ksilem çok sık yerleştiği için demet yapısı belirgin şekilde ayırt edilemez. Gövdenin merkezinde öz bölgesi bulunur. Bu bölge, *öz ışınları* aracılığıyla çevredeki korteks dokularıyla bağlantı kurar. Bazı gövdelerde öz parankiması odunlaşır, bazılarında ise kaybolarak merkezde yuvarlak ya da yıldız biçimli bir boşluk oluşur.

Monokotil bitkilerin birincil yapısında (örneğin mısırdaki), korteks ve merkezi silindir arasında belirgin sınırlar yoktur. Tüm gövde, *parankima hücreleriyle* sıkı şekilde doludur. Epidermisin altındaki hücreler daha küçüktür ve yeşil gövdede fotosentez yapabilir. *Kolateral ve kapalı iletken demetler*, düzenli bir sıra oluşturmadan dağınık şekilde yerleşmiştir.



Mikroskopta görülen enine kesitte dikotil (düzgün çiçeği) ve monokotil (mısır) bitkide gövdenin birincil yapısı



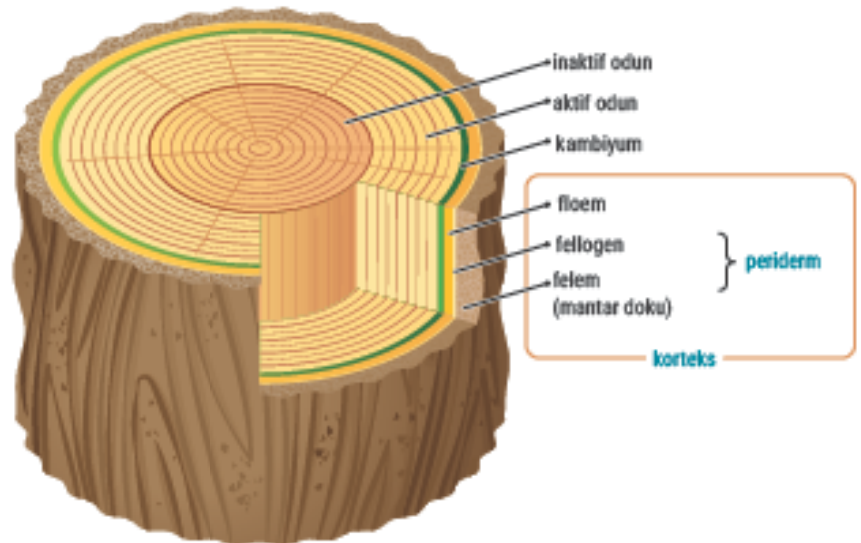
Dikotil ve monokotil bitkilerde gövdenin enine kesitteki yapısının şematik gösterimi

GÖVDENİN İKİNCİL YAPISI

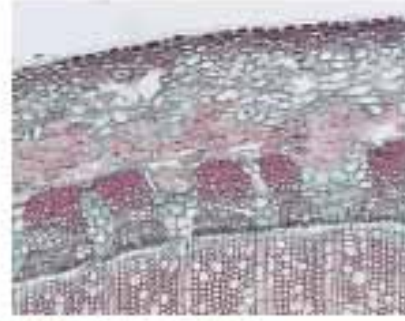
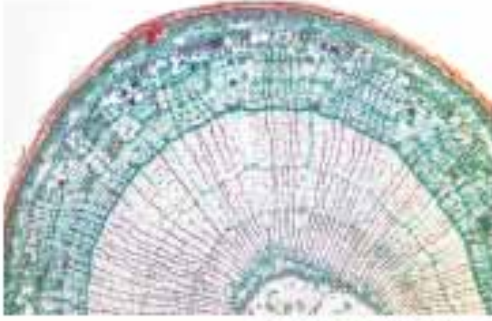
İkincil yapı, çevresel bölgede fellogenin ve korteksin daha derin tabakalarında kambyumun etkinleşmesiyle oluşur. Fellogen oluşuktan sonra epidermis ortadan kalkar ve yerini *periderm* alır. Daha yaşlı gövdelerde ise periderm, üçüncül örtü dokusu olan ölü kabuk ile değiştirilir.

Kambyum dış tarafa doğru floem içeren ikincil korteksi, iç tarafa doğru ise ksilemden oluşan ikincil odunu meydana getirir. İlkbaharda kambyum, bitkinin yaprak oluşturma ve organik madde üretimi sırasında daha fazla suya ihtiyaç duyması nedeniyle trakeidlere göre daha çok trake oluşturur. Bu yüzden ilkbaharda oluşan trakeelerin lümenleri sonbahardakilere göre daha geniştir. Bu yapı sayesinde kambyumun her yıllık etkinliği arasında belirgin bir sınır görülür. Böylece mevsimsel büyüme, **yıllık halkalar** şeklinde ortaya çıkar. Her halka ilkbahar odunuyla başlar ve sonbahar odunuyla sona erer. Kambyum, odun ile kabuk arasındaki sınırda bulunmaya devam eder. Kalınlaşma her zaman odun kısmında kortekse göre daha fazladır. Bu nedenle ağaç kalınlaşarak büyür. Gövdenin büyük kısmını ikincil odun, çok küçük bir kısmını ise ikincil korteks oluşturur. Ksilemin yalnızca en genç tabakalarındaki elemanlar aktiftir. Gövdenin merkezine doğru ise daha koyu renkli, işlevini kaybetmiş ksilem bulunur.

İkincil yapı, kapalı tohumlu ve açık tohumlu bitkilerde farklılık gösterir. Ancak her iki durumda da oluşum, lateral meristemler olan fellogen ve kambyumun etkinliğiyle gerçekleşir.



Odunun aktif ve inaktif bölümü



ikincil korteks
kambiyum
ikincil odun

Kapalı tohumlu bir bitkide ikincil yapıya sahip gövdenin enine kesiti

GÖVDE FARKLILAŞMALARI (METAMORFOZLARI)

Çevresel faktörlerin etkisiyle gövdelerde, çevreye uyum sağlama ve hayatta kalma amacıyla çeşitli değişimler meydana gelir.

Rizomlar, yedek maddelerin depolandığı toprak altı yatay gövdelerdir. Üzerlerinde yeni toprak üstü sürgünler ve kökler oluşturabilen tomurcuklar bulunur. Kalın veya ince yapılı olabilirler ve köksap olarak da adlandırılırlar. Vejetatif çoğalma ve bitkinin yayılması görevini üstlenirler. Süsen, zencefil, zerdeçal, kuşkonmaz ve inci çiçeği tipik rizomlara sahiptir.

Stolonlar, çoğunlukla toprak üstünde yatay büyüyen modifiye olmuş gövdelerdir. Uç kısımlarında yeni bitkiler gelişebilir. Yeni sürgünler oluşturan tomurcuklara sahiptirler ve kolayca köklenirler. Bu nedenle vejetatif çoğalmayı sağlarlar. Rizomlardan farklı olarak stolonlarda yedek madde depolanmaz. Bu yüzden daha ince yapıdadırlar. Çilek ve otsu bitkilerde görülürler.

Yumrular (gövde yumruları), genellikle stolonların ucunda gelişir. Yumruların yüzeyinde sürgün ve adventif kök oluşturabilen tomurcuklar bulunur. Bu durum onların gövde kökenli olduğunu gösterir. Yedek maddelerin depolanmasını ve vejetatif çoğalmayı sağlarlar. Patates ve enginar en bilinen örneklerdir.

Soğanlar soğan ve zambak gibi monokotil bitkilerde sık görülen gövde modifikasyonlarıdır. Yedek maddelerin depolandığı çok sayıda pulu yaprakтан oluşurlar. Soğanın tabanında, adventif köklerin geliştiği kısalmış gövde bulunur.

Diken, gövdenin bir modifikasyonudur. Bu durumda sürgünler tamamen değişerek tekli veya dallanmış dikenlere dönüşür. Dikenler sivri, kısa ve yapraksızdır. Ateş dikenini, gleditsya ve alıç gibi bazı dikotil bitkilerde görülür.

Filoklad ve kladodiler, yaprak benzeri yassılaştırmış modifiye gövdelerdir. Ruscus bitkisinde bunlar sert, dayanıklı, derimsi yapıda ve sivri uçludur. Yeşil renklidirler ve fotosentez yaparlar. Çiçekler ve meyveler doğrudan bu yaprak benzeri filokladilerin üzerinde bulunur. Kladodiler ise kaktüslerde görülen, yaprağa benzeyen yassı ve etli yapılardır.



Ateş dikeninde diken modifikasyonu



Ruscus'ta filokladiler ve kaktüste kladodiler

Etkinlik**Dikotil ve Monokotil Bitkilerde Gövde Yapısının İncelenmesi**

Gerekli materyaller: mısır ve kabaktan genç gövdeler ile mürverin genç bir dalı, mikroskop, penset, lam ve lamel, bistüri veya jilet, su.

1. Mısır ve kabaktan çok ince enine kesitler alarak iki su preparatı hazırla.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele. Her iki bitkinin gövde yapısını gözlemle ve aralarındaki farklılıkları belirle.
3. İletken demetlerin dizilişi, tipi ve sayısını gösteren taslaklar veya şekiller çiz.
4. Bu yapılarda demet kambiyumunun bulunup bulunmadığını kontrol et.
5. Bu gövdelerin yapısındaki ortak özellikler ve farklılıklar hakkında tartış.

Monokotil ve dikotil bitkilerin gövdelerinin incelenmesi, bu bitkilerde gövdenin hücresel ve dokusal yapısının ayrıntılı olarak anlaşılmasını sağlayacaktır. İletken demetlerin varlığı ve yapısı, gövdelerin dik veya sürünücü tipte olmasının anlaşılmasına katkı sağlar.

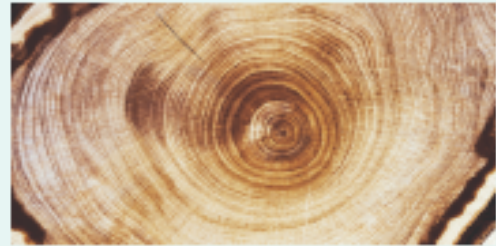
Mürver dalı (dikotil bir bitki) gövdenin ikincil yapısına sahiptir.

Tekrar Soruları

1. Gövdenin ve koltuk tomurcuklarının yapısını ve görevini açıkla.
2. Gövdeler, morfolojilerine ve yaşam sürelerine göre nasıl sınıflandırılır?
3. Dikotil ve monokotil bitkilerde gövdenin birincil yapısı arasındaki farklılıklar nelerdir?
4. Gövdenin ikincil yapısı hangi bitkilerde görülür ve nasıl oluşur?
5. Gövdeneki en yaygın modifikasyonları, çevre koşullarına uyum açısından açıkla.

İlginç Biyoloji!

- Dendrokronoloji, ağaç halkalarının bilimsel olarak incelenmesiyle ilgilenir. Hepimiz ağacın yaşını yıllık halkalarına bakarak belirleyebileceğimizi biliriz. Ancak yıllık halkalar, ağacın yaşamı boyunca karşılaştığı olaylar hakkında da birçok bilgi verir. Örneğin yangınlar, zarar gören bölgelerin çevresinde koyu izler ve düzensiz halkalar bırakır. Kuraklık dönemlerinde halkalar çok dar ve zayıf gelişmiş olur. Don ve düşük sıcaklıklar halkalar içinde çatlaklara veya zarar görmüş hücrelere neden olur. Hastalıklar ve parazitler düzensiz büyümeye, kalınlaşmalara veya boşluklara yol açar. Çeşitli mekanik hasarlar, seller ya da gövdenin eğilip yeniden doğrulma çabaları da yıllık halkalarda iz bırakır. Bilim insanları bu izleri başarılı bir şekilde okuyup yorumlayabilmektedir.



3.8 Yaprığın Yapısı ve Farklılaşmaları

Hatırla!

- Yaprak taslakları nedir ve hangi yapılardan oluşur?
- Yaprak yüzeyindeki örtü dokusu olarak epidermisin karakteristik özellikleri nelerdir?
- Asimilasyon dokusunun temel görevi nedir ve hangi şekillerde bulunur?

MORFOLOJİ VE FONKSİYON (GÖREV)

Yaprak, bitkinin temel vejetatif organlarından biridir ve yaşamında önemli bir role sahiptir. Yaprak, ışık enerjisi yardımıyla karbondioksit ve sudan organik maddelerin üretildiği fotosentez olayının gerçekleştiği temel yerdir. Bunun yanında gaz alışverişine ve terlemeye (transpirasyon) katılarak bitkinin su dengesinin ve sıcaklığının düzenlenmesini sağlar.

Köken bakımından yaprak, sürgünün bir parçasıdır ve uç gövde meristeminin etkinliğiyle oluşur. Önce yaprak taslağı meydana gelir, daha sonra bu yapı büyüyerek farklılaşmış yaprağı oluşturur. Yaprak sınırlı büyüme gösterir; çünkü oluşumu sırasında meristem hücreleri tükenir. Ancak bazı istisnai durumlarda yaprak uç kısmından büyümeye devam edebilir.

Yaprakların morfolojisindeki çeşitlilik (şekil, büyüklük ve yapı), bitkilerin farklı çevre koşullarına uyum sağlamasının sonucudur.

Tam gelişmiş bir yaprak; yaprak tabanı, yaprak sapı ve yaprak ayasından oluşur.

Yaprak tabanı, yaprağın gövdeye bağlandığı alt bölümdür. Yaprak tabanı az gelişmiş veya genişlemiş olabilir. Otsu bitkilerde çoğunlukla gövdeyi saran tüp şeklinde gelişir ve yaprak kını olarak adlandırılır.

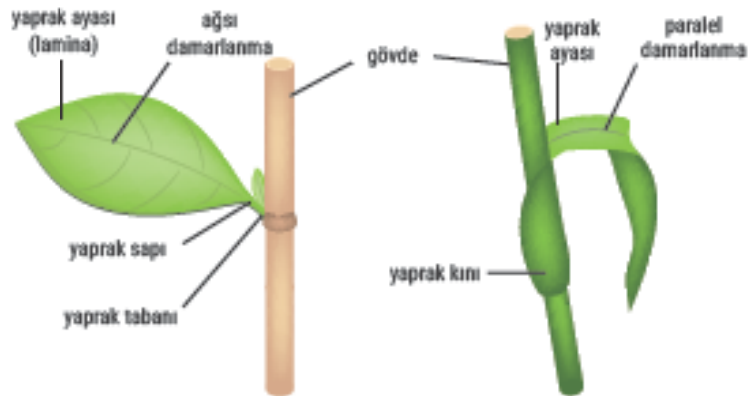
Yaprak sapı, yaprak tabanı ile yaprak ayası arasında bulunan bölümdür. Yaprak ayasını gövdeye bağlar ve yaprağın ışığa uygun şekilde yönelmesini sağlar. Aynı zamanda suyun, mineral maddelerin ve organik maddelerin taşınmasında görev yapar. Bazı bitkilerde yaprak sapı bulunmaz; bu tip yapraklara sapsız yaprak denir.

Yaprak ayası (lamina), yaprağın en büyük ve temel görevler açısından en önemli kısmıdır. Genellikle ince ve geniş yapıdadır. Bu özellik, ışığın geniş bir yüzeyde emilmesini ve fotosentezin gerçekleşmesini sağlar.

Yaprak ayasında **damarlar (damarlanma)** görülür. Bu yapılar iletme ve destek görevi



Mısırdaki yaprak kını



Dikotil ve monokotil bitkilerde yaprağın bölümleri

yapar. İletim dokuları suyu yaprak hücrelerine taşır, ters yönde ise fotosentez ürünlerini iletir. Damarlar paralel şekilde dizilebilir. Bu durum süsen, mısır, buğday, lale ve diğer monokotil bitkilerin yapraklarında görülür. Bazı bitkilerde ise belirgin bir ana damar bulunur ve bu damar dallanarak ağsı bir damar sistemi oluşturur. Asma, ıhlamur, kiraz ve kayısı yaprakları buna örnektir. Bu nedenle yapraklar **paralel damarlı** ve **ağsı damarlı** yapraklar olarak ikiye ayrılır.

YAPRAK ÇEŞİTLERİ

Bitkideki yapı, görev ve bulundukları yere göre yapraklar üç gruba ayrılır: alt, orta ve üst yapraklar. Asıl fotosentez yapan yapraklar orta yapraklardır. Alt yapraklar yeşil değildir ve çoğunlukla koruyucu pullu yapıdadır. Üst yapraklar ise küçük brahte yapraklardır.

Bir sap üzerinde bulunan yaprak ayası sayısına göre yapraklar basit ve bileşik yapraklar olarak ayrılır. En yaygın olanlar, tek yaprak ayasına sahip **basit yapraklardır**. Bunlar yaprak kenarının görünümüne göre tam kenarlı ve parçalı kenarlı olarak sınıflandırılır. Tam kenarlı yapraklar düz yaprak ayasına sahiptir ve yuvarlak, elips ya da kalp şeklinde olabilir. İğne yapraklılarda olduğu gibi düzensiz şekilli de olabilirler. Parçalı kenarlı yapraklarda ise yaprak kenarı dişli, parçalı veya oyuntuludur.

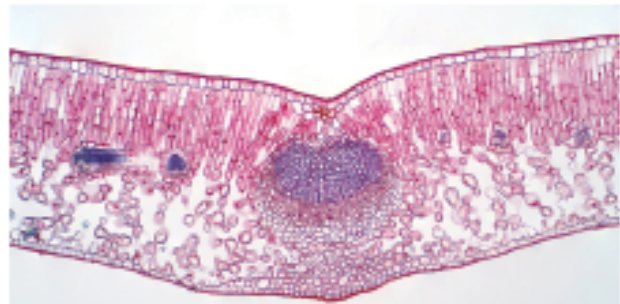
Bileşik yapraklar, ortak bir sap üzerinde bulunan birden fazla yaprakçıktan oluşur. Bunlar ceviz ve akasyada olduğu gibi tüysü, kestenede olduğu gibi elsi veya başka tiplerde olabilir.

Yapraklar dayanıklılık sürelerine göre dökülen ve herdem yeşil yapraklar olarak ayrılır. Yaprığını döken bitkilerin yaprakları birkaç haftadan vejetasyon sonuna kadar yaşar. Herdem yeşil yapraklar ise türüne bağlı olarak ortalama 2-10 yıl canlı kalır.

YAPRAĞIN YAPISI

Yaprığın yapısı temel görevlerine uygun şekilde gelişmiştir. Yaprığın tüm yüzeyi **epidermis** ile kaplıdır. Epidermis, tek veya çok katlı birincil örtü dokusu olarak iç kısımları kuruma, enfeksiyon ve mekanik zararlardan korur. Yaprak ayasında üst yüzeyde **üst epidermis**, alt yüzeyde ise **alt epidermis** bulunur. Epidermis hücrelerinin hücre duvarı üzerinde koruyucu görev yapan mumsu bir tabaka olan kutikula yer alır. Bu tabaka, kütin ve mum birikmesiyle oluşur. **Kutikula** üst epidermiste daha gelişmiştir ve su kaybını azaltır. Epidermiste, gaz alışverişi ve terleme olaylarının gerçekleştiği **stomalar** bulunur. Dikotil bitkilerde bekçi hücreleri genellikle böbrek şeklindedir. Bazı monokotil bitkilerde ise bekçi hücreleri sekiz rakamına benzer şekilde uzundur ve stoma açıklığının yanında üçgen biçimli yardımcı hücreler bulunur. Üst ve alt epidermis genellikle yapı ve stoma sayısı bakımından farklıdır. Ancak bazı yapraklarda üst ve alt yüzey ayrımı yoktur. Mısır yapraklarında epidermiste yaprağın kıvrılıp açılmasını sağlayan motor hücreler bulunur.

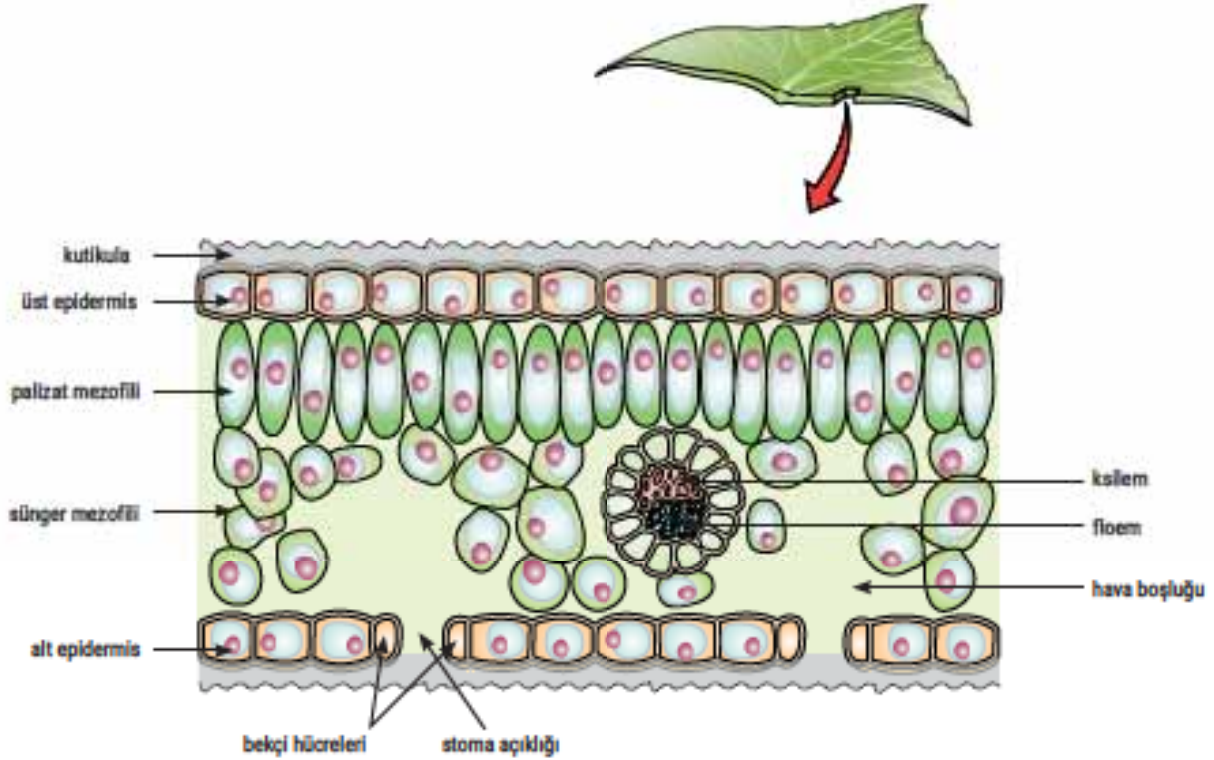
İki epidermis arasında **mezofil** yer alır. Mezofil, yaprak ayasının orta kısmıdır ve asimilasyon (fotosentezik) dokusunu içerir. Hücrelerinde fotosentezden sorumlu **klorofil** taşıyan **kloroplastlar** bulunur. Üst ve alt yüzeyi belirgin olan yapraklarda (**dorsiventral yapraklar**) asimilasyon dokusu **palizat** ve **sünger parankiması** şeklinde düzenlenmiştir. **Palizat tabakası** genellikle yaprağın üst (dorsal) yüzeyine yakın bulunur. Palizat tabakasının altında, ventral tarafta **sünger parankiması** yer alır. Bu tabaka, stoma altındaki boşluklarla bağlantılı olan çok sayıda **hava boşluğu** içerir. Bu boşluklarda gazlar ve su buharı birikir ve stoma açıklığından yaprak dışına atılır.



Çift çenekli bitkilerde dorsiventral (sırt-karın) yapılı yaprağın enine kesiti

Stomalar çoğunlukla yalnızca yaprağın alt yüzeyinde bulunur ve yaprakların büyük bölümünde durum böyledir. Daha nadir olarak stomalar yalnızca üst epidermiste ya da yaprağın her iki yüzeyinde de bulunabilir.

Monokotil bitkilerin yapraklarında genellikle üst ve alt yüzey aynıdır. Bunun nedeni, yaprak mezofilinin aynı tip klorenkima hücrelerinden oluşmasıdır.



Yaprağın enine kesitteki yapısının şematik gösterimi

YAPRAK FARKLILAŞMALARI

Sürgünler, gövde ve yapraklarda ince ve narın uzantılar şeklinde ortaya çıkan değişime uğramış yapılardır. Bitki, bunlar sayesinde bir desteğe tutunur; çoğunlukla da desteğin etrafına sarılarak yükselir. Aynı zamanda bitkinin ışığa göre uygun bir konum almasına yardımcı olur. Yaprakların tipik metamorfozları arasında, *Vicia* cinsine ait baklagil bitkilerindeki sülükler ile bezelye, mercimek ve benzeri bitkilerde bulunan sülükler yer alır.

Diken, meyaprağın bir metamorfozudur. Otçul hayvanlara karşı korunma ve kuraklığa uyum sağlama amacıyla oluşur. Bu süreçte yaprağın tamamı veya yaprağın kenarı ya da ucu gibi belirli kısımları değişime uğrayarak sertleşir ve keskin bir diken oluşturur. Kaktüslerde, akasyalarda ve berberis bitkisinde yapraklar tamamen dikenlere dönüşmüştür.



Sürgün



Deve dikeninde yaprağın bir bölümünün modifikasyonu



Berberiste tüm yaprağın modifikasyonu

Filodiler, yaprak saplarının modifikasyonlarıdır. Bu durumda yaprak saplarının yerine yeşil, yassı ve yaprak benzeri yapılar oluşur. Bu yapılar fotosentetik olarak aktiftir ve yaprak ayasının küçüldüğü durumlarda onun görevini üstlenir. Avustralya akasyalarında genç yapraklar gerçek ve iyi gelişmiştir; yaşlı yapraklar ise tamamen farklı şekle sahip filodilere dönüşür.

Etkinlik

Yaprağı İncele

Gerekli materyaller: Ficus, süsen ve benzeri bitkilerden yaşlı ve genç yapraklar, mikroskop, penset, lam ve lamel, bistüri veya jilet, su.

1. Seçtiğin bir yapraktan çok ince enine ve boyuna kesitler alarak su preparatları hazırla.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop altında incele. Yaprığın yapısını gözlemle ve genç yaprak ile yaşlı yaprak arasındaki farklılıkları belirle.
3. Mümkünse epidermisi ayır ve mikroskop altında incele. Daha sonra kendi preparatını diğer epidermislerle karşılaştır. Neler gözlemledin?
4. Epidermis, yaprak mezofiliindeki parankima tipi, iletkin demetlerin tipi ve stomaların dizilişi ile ilgili taslaklar veya şekiller çiz.
5. Sınıfta, diğer öğrencilerle birlikte incelediğiniz yaprakların yapısındaki ortak özellikler ve farklılıklar hakkında tartışınız.

Yaprakların incelenmesi; epidermisin yaşlanma sürecindeki değişimlerini, stomaları, klorenkimayı ve kapalı tohumlu dikotil ve monokotil bitkilerin yapraklarındaki diğer dokuların yapısal farklılıklarını karşılaştırıp belirlemenize yardımcı olacaktır.

HERBARYUM

Bir yaprağın ya da bitkinin herhangi bir bölümünün yapısını incelemek istediğimizde elimizde taze bitki materyali yoksa herbaryum örneklerinden yararlanırsınız. Bu örnekler, istediğimiz analizi herhangi bir zamanda yapmamıza olanak sağlar. Kurutulmuş bitkiler veya bitki parçaları yeniden su verilerek nemlendirilebilir ve taze örnekler gibi incelenebilir. Peki herbaryum nedir ve nasıl hazırlanır?

Herbaryum; bilimsel olarak hazırlanmış, kurutulmuş ve korunmuş bitki örneklerinden veya bitki parçalarından oluşan bir koleksiyondur. Temel amacı bitkilerin incelenmesi ve koleksiyon hâlinde saklanmasıdır. Herbaryumun pratik, bilimsel, eğitsel, ekolojik ve tarihsel önemi vardır. Bitkilerin incelenmesini,

karşılaştırılmasını ve doğru şekilde sınıflandırılmasını sağlar. Bu durum özellikle bilim ve eğitim açısından büyük önem taşır.

Herbaryum koleksiyonları; yaygın, nadir veya tehlike altındaki türleri belgeleyerek flora ve yayılış alanlarındaki değişimlerin izlenmesine yardımcı olur. Bu değişimler iklimsel veya insan etkilerine bağlı olabilir. Eski herbaryumlar geçmişteki bitki örtüsü hakkında bilgi verir ve bitki türlerinin varlığını kalıcı şekilde kayıt altına alır. Herbaryumlar eğitimde olduğu kadar eczacılık, tarım ve ormancılık alanlarında da geniş kullanım alanına sahiptir.

Bir bitkinin herbaryum hâline getirilmesi, bitkilerin uzun süre korunmasını ve incelenmesini sağlayan basit fakat dikkat gerektiren bir işlemdir. Bu işlem birkaç aşamadan oluşur:

1. **Bitkinin toplanması** – Sağlıklı ve türü iyi temsil eden bir bitki örneği dikkatlice seçilir.
2. **Temizleme ve hazırlama** – Köklerdeki fazla toprak temizlenir. Bitkinin diğer bölümleri üst üste gelmeyecek şekilde düzgün yerleştirilir.
3. **Presleme** – Bitki, kâğıt yaprakları veya gazete arasına yerleştirilir ve ağır bir cisim ya da pres ile sıkıştırılır. Küflenmenin önlenmesi için kâğıtlar 1-2 günde bir değiştirilir.
4. **Kurutma** – Bitki tamamen kuruyuncaya kadar belirli bir süre bekletilir (1-2 hafta).
5. **Yapıştırma** – Kurutulan materyal herbaryum kâğıdına yapıştırılır veya yapışkan bantlarla sabitlenir.
6. **Etiketleme** – Alt kısma; bitkinin halk arasındaki adı, Latince adı, toplandığı yer ve tarih, yaşam alanı ve toplayan kişinin adı yazılır.
7. **Saklama ve uzun süreli koruma** – Herbaryum örnekleri kuru, havalandırılan ve karanlık bir ortamda, uygun sıcaklıkta; kâğıt dosyalar, kutular veya dolaplar içinde saklanır. Böceklerden korunmak amacıyla özel yöntemler ve koruyucu maddeler kullanılır.



Herbaryum hâline getirilmiş bitkiler

Etkinlik**Herbaryumun Botanik Dokümantasyon Olarak Hazırlanması**

Gerekli materyaller: herbaryum kâğıdı (A3 veya A4 boyutunda), pres veya kitaplar, yapışkan bantlar, büyüteç veya mikroskop, arazi çalışmasından toplanmış materyaller (3-5 yabani bitki örneği).

1. Arazi çalışmasından elde edilen materyali temizleme, kurutma, presleme ve kâğıtları düzenli değiştirme işlemlerini uygulayarak hazırla.
2. Yaşam alanı, deniz seviyesinden yükseklik, toprak tipi ve ışık alma durumu ile ilgili arazi notlarını düzenle.
3. Herbaryum örneklerini hazırla (yapıştırma ve etiketleme işlemleri).
4. Örneklerde kök, gövde, yaprak ve çiçek/meyvenin morfolojisini ve bulunduğu konumu ayrı ayrı açıkla.
5. Botanik anahtarları ve kaynaklardan yararlanarak bitkilerin doğru tanımlamasını yap.
6. İncelenen örneklerin Latince ve halk arasındaki adlarını belirt.



Sınıfta bitki biyolojik çeşitliliği ve botanik koleksiyonlarının önemi hakkında tartışınız.

Bu etkinlik sayesinde bitki morfolojisi hakkındaki bilgilerini derinleştirecek ve gözlem, analiz ile bitki materyalinin belgelenmesini içeren bilimsel yöntemi uygulamalı olarak kullanacaktır.

Tekrar Soruları

1. Yapraklar morfolojilerine göre nasıl sınıflandırılır ve monokotil ile dikotil bitkilerin yaprakları arasındaki farklar nelerdir?
2. Üst ve alt yüzeyi belirgin olan yapraklarla bu aynının bulunmadığı yaprakların mezofili arasındaki temel fark nedir?
3. En yaygın yaprak modifikasyonları nelerdir ve yaprağın hangi bölümlerinden oluşurlar?
4. Herbaryum örneğinin hazırlanma aşamaları nelerdir ve bu botanik koleksiyonlarının önemi nedir?

İlginç Biyoloji!

- Olağanüstü büyük yapraklar bazı tropikal bitkilerin karakteristik özelliğidir. Örneğin Brezilya'ya özgü bir palmye türünde (*Raphia tediğera*) yapraklar 25 metre uzunluğa ve 12 metre genişliğe ulaşabilmektedir.

3.9 Çiçek. Tozlaşma ve Döllenme

Hatırla!

- Bitkilerde eşeyli üreme hangi organlar aracılığıyla gerçekleşir?
- Hangi çiçek çeşitlerini biliyorsun?
- Bitkiler en yaygın olarak nasıl tozlaşır?

ÇİÇEĞİN YAPISI VE GÖREVİ

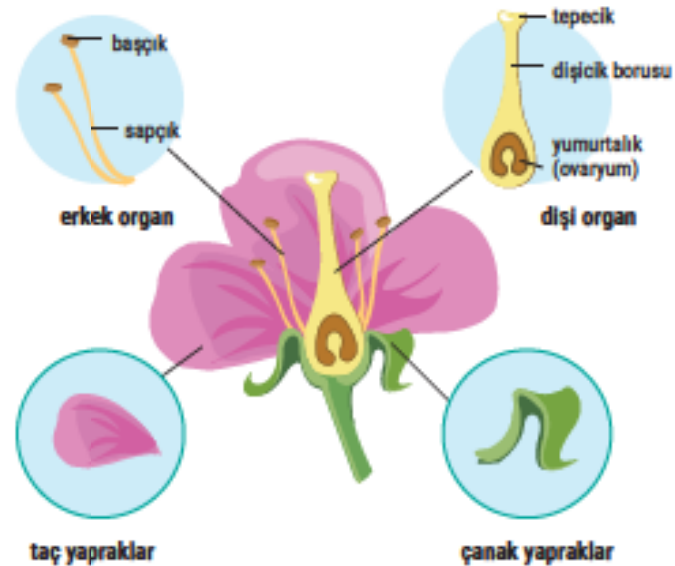
Çiçek, çiçek tomurcuğundan gelişen, sınırlı büyüme gösteren ve değişime uğramış kısa bir sürgündür. Çiçekli bitkilerin eşeyli üremesi için özelleşmiş generatif organdır. Çiçek, çiçek sapı ile gövdeye bağlanır. Çiçek sapı, çiçek elemanlarının bağlandığı çiçek tablası ile devam eder. Çiçek tablası farklı şekil ve büyüklükte olabilir; genişlemiş, düz, çukur veya çıkıntılı bir üst yüzeye sahip olabilir. Çiçek elemanları dıştan içe doğru oluşur ve çiçeğin yapısı da bu sıraya göre incelenir.

Görevlerine göre çiçek elemanları koruyucu ve üreme organları olarak ikiye ayrılır. Koruyucu elemanlar çiçek örtü yapraklarıyla (*periant*) temsil edilir. Bu yapraklar morfolojik olarak birbirinden farklı ya da benzer olabilir. Buna göre çiçek örtüsü *periant* veya *perigon* olarak adlandırılır.

Periant, morfolojik olarak birbirinden farklı yaprakların çanak ve taç yaprakları şeklinde gruplandığı karmaşık bir çiçek örtüsüdür. Çiçek açmadan önce üreme organlarını çevreler ve korur. *Periant*'ın dış halkasını, yeşil renkli ve yapı bakımından gövde yapraklarına benzeyen **çanak yapraklar** oluşturur. Bir çiçekte bulunan çanak yapraklarının tümüne *kaliks* (*calix*) denir. Çiçeğin en dikkat çekici kısmını **taç yapraklar** oluşturur. Bunlar iç tarafta, çanak yaprakların altında yer alır ve çiçek tacını meydana getirir. Taç yapraklar daha büyük, farklı renklerde ve hoş kokuludur. Yakınlarında bulunan nektar bezleriyle birlikte tozlayıcıları kendilerine çekerler. Bir çiçekteki taç yaprakların tümüne *korolla* (*corolla*) denir.

Bütün yaprakların morfolojik olarak benzer veya aynı olduğu basit çiçek örtüsüne *perigon* denir. Bu yapı *taç benzeri perigon* şeklinde olabilir (lale, kardelen ve zambakta olduğu gibi). Eğer *perigon* küçük, yeşil ve çanak yaprak benzeri yapraklardan oluşuyorsa buna *çanak benzeri perigon* denir (bazı ısırgan, ıspanak ve kuzukulağı türlerinde olduğu gibi).

Çiçek örtüsünün altında çiçeğin üreme organları olan erkek organlar ve dişi organ bulunur.



Periantlı bir çiçeğin bölümleri



Lalelerde taç benzeri perigon yapısına sahip çiçekler bulunur

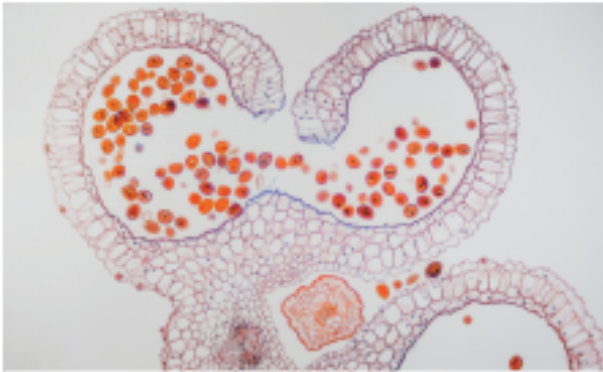


Karacaotunda çanak benzeri perigon yapısına sahip çiçekler bulunur

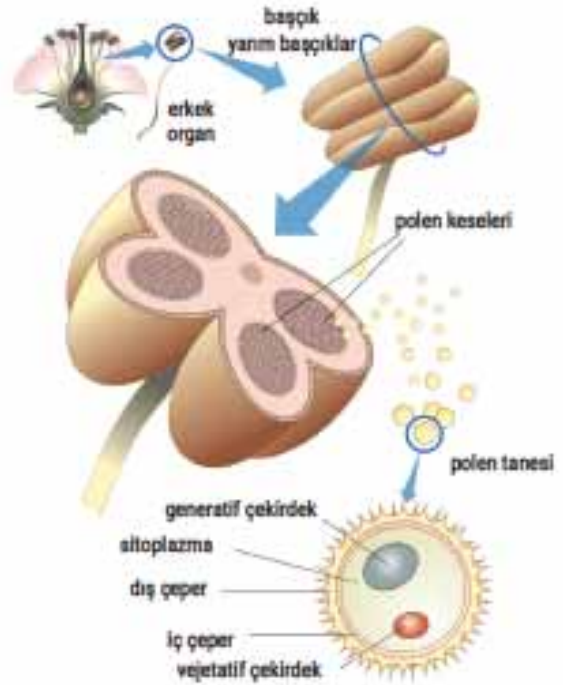
Erkek organların sayısı çiçekte fazla olabilir ve bunların tümüne *androesyum* (androeceum) denir. Bir erkek organ, *sapçık* ve *başçıktan* (*antera*) oluşur. Anteranın enine kesitinde, steril bir doku ile birbirine bağlanmış iki yarım başçık görülür. Her yarım başçıkta **polenin** olduğu iki polen kesesi bulunur. Antera duvarı üç katlıdır ve anteranın açılmasına ve spor oluşturan dokunun beslenmesine yardımcı olan özelleşmiş dokulardan meydana gelir.

Spor oluşturan dokudan mayoz bölünme ile haploid mikrosporlar oluşur. Her haploid mikrospor hücresinde, haploid çekirdeğin mitoz bölünmesi sonucunda olgun polen tanesi meydana gelir. İlk bölünmeden sonra biri vejetatif, diğeri generatif olmak üzere iki çekirdek oluşur. Generatif çekirdek daha sonra bölünerek iki çekirdek (*erkek gamet*) meydana getirir.

Olgun polen tanesi sert bir dış ve iç çepere sahiptir. İki hücreli (vejetatif ile generatif hücre içerir) ya da üç hücreli (bir vejetatif ve iki generatif hücre bulundurur) olabilir. Polen tanelerinin yapısı ve



Anteranın duvar ile polen tanelerinin görüldüğü anteranın enine kesiti



Erkek organın yapısı

görünümü her bitki türüne özgüdür. Polenler olgunlaştığında başçık çatlar ve polen taneleri dışarı salınır.

Çiçeğin merkezinde **dişi organ** bulunur. Dişi organ, bir veya daha fazla meyve yaprağından oluşur. Eğer tek bir meyve yaprağından oluşuyorsa basit dişi organ, birden fazla meyve yaprağından oluşuyorsa birleşik dişi organ olarak adlandırılır. Birden fazla meyve yaprağı tek bir dişi organ oluşturabileceği gibi, bir çiçekte birden fazla basit dişi organ da bulunabilir. Bir dişi organdaki ya da bir çiçekteki tüm meyve yapraklarının toplamına *ginekeum* (gynoeceum) denir.

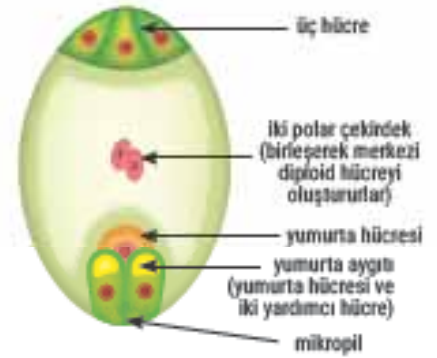
Dişi organda **yumurtalık**, **dişicik borusu** ve **tepecik** bölümleri ayırt edilir. Yumurtalık alt kısmıyla çiçek tablasına bağlıdır. Yumurtalık genellikle tabanda genişlemiştir, daha sonra steril bir bölüm olan dişicik borusuna dönüşür ve en uçta tepecikle sonlanır. Tepecik farklı görünümde olabilir ve poleni tutmaya yarayan tüylerle kaplıdır.

Yumurtalık, içinde yumurta hücresinin olduğu bir veya daha fazla tohum taslağı (Ovül) içerebilir. Bir tohum taslağı, spor oluşturan doku ve iki koruyucu zardan meydana gelir. İç zarda mikropil adı verilen küçük bir açıklık bulunur. Bir spor oluşturan hücreden mayoz bölünme ile dört haploid hücre meydana gelir. Bunların üstte bulunan üçü kaybolur. Mikropile yönelmiş olan içteki hücre ise mitoz bölünmeler geçirir. Üç ardışık bölünme sonucunda **sekiz çekirdekli embriyo kesesi** oluşur. Embriyo kesesinin her iki ucunda dört çekirdek bulunur. Bu gruplardaki birer çekirdek ortada birleşerek **merkezi diploid hücreyi** oluşturur. Mikropile yakın bulunan üç çekirdekten **yumurta aygıtı** gelişir ve bunun ortasında yumurta hücresi yer alır. Yumurta aygıtının karşı tarafında ise üç çekirdekten oluşan başka bir grup bulunur. Böylece döllenmeye hazır, yedi hücreli olgun embriyo kesesi meydana gelir.

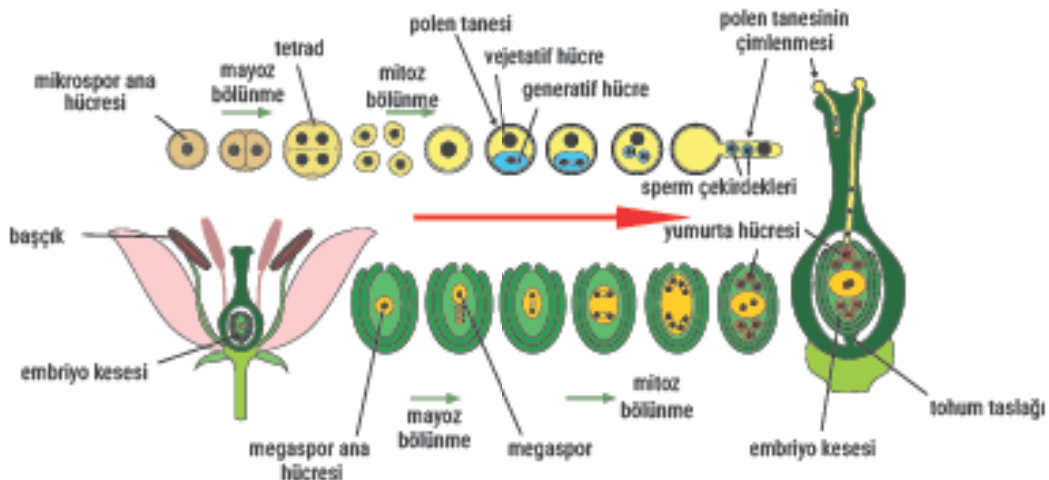
Dişi organın yakınında, çiçeği ziyaret eden böceklerin beslendiği tatlı sıvıyı (nektar) salgılayan nektar bezleri bulunur.



Tohum taslaklarının görüldüğü dişi organın enine kesiti



Embriyo kesesi (sekiz çekirdekli)



Mikrospor ana hücresinden polen tanesinin oluşumu (üst sıra) ve tohum taslağındaki megaspor ana hücresinden embriyo kesesinin oluşumu (alt sıra)

ÇİÇEK ÇEŞİTLERİ

Doğada daha yaygın olan bitkiler, hem erkek organı hem de dişi organı taşıyan çiçeklere sahiptir. Bu çiçeklere **hermafrodit (iki eşeyli)** çiçekler denir. Çiçekler **tek eşeyli** de olabilir. Yalnızca erkek organ taşıyan çiçekler **erkek** çiçek, yalnızca dişi organ taşıyanlar ise **dişi** çiçek olarak adlandırılır. Erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde bulunuyorsa bu bitkilere **tek evcikli** bitkiler denir. Salatalık, mısır, kabak, kavun ve karpuz buna örnektir. Erkek ve dişi çiçekler farklı bitkiler üzerinde bulunuyorsa bunlara **iki evcikli** bitkiler denir. Kavak, söğüt, kenevir ve kivi buna örnektir.

Çiçek elemanlarının çiçek tablası üzerindeki dizilişine göre çiçekler dairesel (siklik) ve spiral (asiklik) olarak ayrılır. Dairesel çiçeklerde çiçek elemanları düzenli halkalar hâlinde ve genellikle 3, 4 veya 5 sayıda dizilmiştir. Spiral çiçeklerde ise çiçek elemanları manolyada olduğu gibi sarmal şekilde yerleşmiştir.

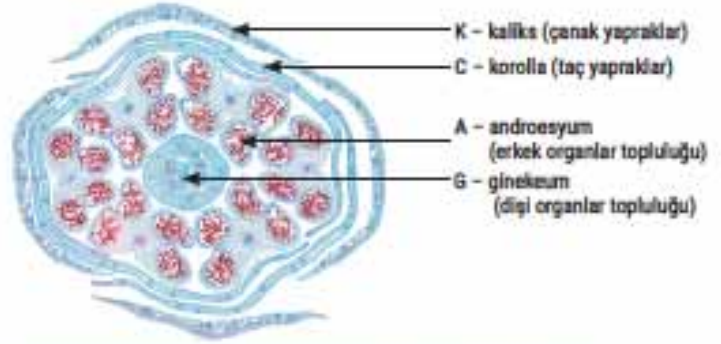
Çiçekte simetri bulunup bulunmamasına göre **düzenli** (simetrik) ve **düzensiz** (asimetrik) çiçekler ayrılır. Çiçeğin herhangi bir bölümü eksikse buna **eksik** çiçek denir.

Dişi organın diğer çiçek bölümlerine göre konumu farklı olabilir. Dişi organ diğer bölümlerin üzerinde yer alıyorsa **üst** durumlu çiçek olarak adlandırılır. Lale ve fasulye buna örnektir. Dişi organ diğer bölümler arasında orta konumda bulunuyorsa **orta** durumlu çiçek denir. Şeftali ve vişne buna örnektir. Dişi organ çiçek tablasının derin kısmında bulunuyorsa **alt** durumlu çiçek olarak adlandırılır. Elma ve gül çiçekleri buna örnektir.

Çiçek durumları (infloresans / çiçek toplulukları), ortak bir çiçek sapı veya eksen üzerinde bulunan çok sayıdaki çiçeğin oluşturduğu topluluklardır. Bunlar daha etkili tozlaşmayı ve daha fazla meyve oluşumunu sağlar. Çiçek durumunun temel bölümleri; ana eksen, dallanmış veya dallanmış yan eksenler, çiçekler ve bazen bulunmayabilen brahte yapraklarıdır. Çiçek durumları genel olarak basit ve bileşik çiçek durumları olarak ikiye ayrılır.

Basit çiçek durumlarında ana eksen belirli bir süre büyümeye devam eder. Bu nedenle bunlara belirsiz çiçek durumu da denir. En yaşlı çiçekler tabanda, en genç çiçekler ise uç kısımda bulunur. Bu tip çiçek durumlarında eksen uzun olabilir. **Salkım, başak, püskül** ve **koçan** buna örnektir. Eksen kısa olduğunda ise **kalkan, şemsiye, sepet** ve **başçık** tipi çiçek durumları oluşur.

Bileşik çiçek durumlarında ana eksen bir çiçekle sonlanır ve yan eksenler dallanarak çiçek taşır. Bu nedenle bunlara belirli çiçek durumu da denir. **Salkım salkım, bileşik başak, bileşik kalkan** ve **bileşik başçık** bu gruba örnektir.



Hermafrodit bir çiçeğin enine kesiti (4 çiçek halkası)



Çiçekte dişi organın konumu - üst durumlu, orta durumlu, alt durumlu



Ana eksen, yan eksenler ve çiçekleri gösteren belirsiz ve belirli çiçek durumlarının şematik gösterimi

Bitki dünyasında çok farklı çiçek durumları bulunur. Örneğin mısırın tepesi kısmında erkek çiçekleri taşıyan bileşik püskül tipi çiçek durumu bulunur. Yaprak koltuklarında ise dişi çiçeklerden oluşan koçan yer alır. Püsküller, söğüt ve ceviz gibi bitkilerin erkek çiçek durumlarıdır. Dalların uç kısmında ise küçük gruplar halinde dişi çiçekler bulunur. Buğdayda çiçek durumu basit başaktır. Karahindiba, papatya ve ayçiçeğinde ise çok sayıda farklı dils ve tüpsü çiçekten oluşan sepet tipi çiçek durumu görülür.

Etkinlik

Dikotil ve Monokotil Bitkilerde Çiçek Analizi

Gerekli materyaller: dikotil bitkilere ait farklı taze, herbaryum hâline getirilmiş veya görsellerden oluşan çiçekler (akasya, hibiskus, gül, kabak, vinca) ile monokotil bitkilere ait çiçekler (lale, süsen, zambak, amarilis, orkide), penset, defter, boya kalemleri.

Gruplara ayrılınız. Her grup, bir dikotil ve bir monokotil bitkinin çiçeğine ait şematik çizim (çiçek elemanlarının enine kesiti) ve analiz hazırlamalıdır. Çalışmayı aşağıdaki şekilde yapınız:

1. Penset yardımıyla çiçek elemanlarını dıştan içe doğru sırasıyla ayırınız.
 2. Bu parçaları daire şeklinde yerleştiriniz ve çiçeğin bölümlerini analiz ediniz:
 - Yaprakçıklar var mı? Kaç tanedir? Çanak yaprakta (K), taç yaprakta (C) ve monokotillerde çiçek örtüsünde (P) nasıl dizilmişlerdir?
 - Erkek organlar (A) kaç tanedir? Birleşik mi yoksa serbest mi durumdadır?
 - Dişi organ (G) yumurtalık içeriyor mu? Enine kesitte kaç bölmeli görünmektedir?
 - Çiçek hermafrodit, erkek ya da dişi midir?
 3. Çiçeğin enine kesitinin nasıl görüneceğini hayal ederek tüm bölümlerini uygun dizilişle çizin. Dıştan içe doğru önce çanak yaprakları, ardından taç yaprakları, erkek organları ve merkezde dişi organı çizin.
 4. Sınıfta çiçeğin her bölümünün görünümü ve görevi hakkında tartışınız.
- Çiçekler; şekilleri, çiçek bölümlerinin sayısı ve bu bölümlerin dizilişi bakımından birbirinden farklılık gösterir.

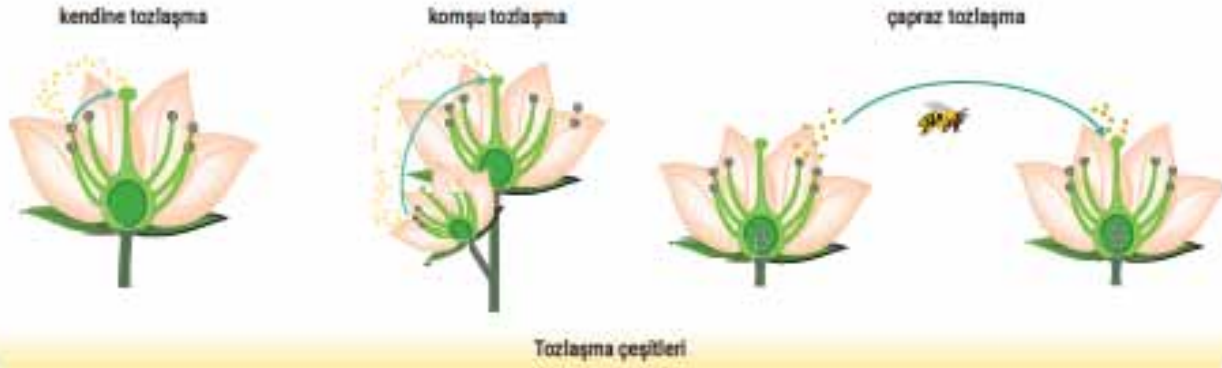
TOZLAŞMA

Bitkilerde eşeyli üreme, tozlaşma olayıyla yakından ilişkilidir. Polenin başçıklardan (anterlerden) dişi organın tepeciğine taşınmasına **tozlaşma** denir. Polen ve tepecik yapılı bakımından tozlaşmaya uyum sağlamıştır. Polen taneleri genellikle yüzeylerinde diken benzeri çıkıntılar taşır. Bu sayede dişi organın tepeciğine daha kolay tutunurlar. Tepecik ise poleni kabul etmeye uyumludur. Yüzeyini yapışkan hâle getiren salgı bezleri içerir.

Bitkilerde başlıca iki çeşit tozlaşma görülür: kendine tozlaşma (otogami) ve çapraz tozlaşma (allogami).

- Tipik **çapraz tozlaşma (allogami)** iki eşeyli çiçeklerde görülür. Olgun polen, aynı çiçeğin erkek organından dişi organın tepeciğine düşer. Fasulye, bezelye, mercimek ve domates gibi bazı otsu, yabani ve kültür bitkileri bu şekilde tozlaşır.
- Bitkilerde daha yaygın olan **çapraz tozlaşma (allogami)** iki şekilde gerçekleşir:
 - Komşu tozlaşma: Aynı bitki üzerindeki bir çiçeğin poleni, yine aynı bitkinin başka bir çiçeğinin dişi organını tozlaştırır. Genetik açıdan bu durum kendine tozlaşmanın bir şekli kabul edilir.
 - Tipik çapraz tozlaşma: Bir bitkinin çiçeğinden gelen polen, aynı türe ait başka bir bitkinin çiçeğindeki dişi organı tozlaştırır.

Çapraz tozlaşma; hermafrodit çiçeklerde, ayrıca tek evcikli ve iki evcikli bitkilerin tek eşeyli çiçeklerinde görülür. Bu tip tozlaşma, çiçeklerde erkek organların uzunluklarının farklı olması, polen tanelerinin yapısı veya polen ile dişi organın farklı zamanlarda olgunlaşması nedeniyle gerçekleşir.



Polenin dişi organa taşınması farklı yollarla gerçekleşebilir:

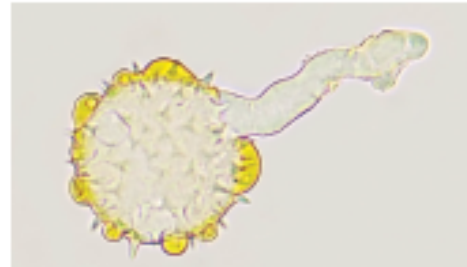
- **Rüzgârla tozlaşma** (Anemofili), rüzgârla gerçekleşen tozlaşmadır. Bu durum; renkli ve kokulu çiçekleri olmayan birçok otsu bitkide (buğday, arpa, çavdar, yulaf, pirinç, mısır gibi tahıllar) ve odunsu türlerde (meşe, kavak, söğüt, huş, fındık, akçaağaç vb.) görülür. Bu bitkiler çok miktarda polen üretir. Polenler hafif, kuru ve küçük yapılı olduğu için rüzgârla kolayca taşınır.
- **Hayvanlarla tozlaşma** (Zoofili), hayvanlar aracılığıyla gerçekleşen tozlaşmadır. Bu; böceklerle (entomofili), küçük kuşlarla (örneğin sinek kuşları) ya da daha nadir olarak küçük hayvanlarla (yarasalar ve kemirgenler) gerçekleşebilir. Güzel renkli, hoş kokulu ve nektar bezlerine sahip çok sayıdaki bitki bu şekilde tozlaşır. Tozlayıcı hayvanlar nektar ararken çiçeğe girer ve polenler
- **Suyla tozlaşma** (Hidrofili), suyla gerçekleşen tozlaşmadır ve su bitkilerinde görülür (su vebası, zoster adı verilen deniz çayırı vb.). Su vebasında çiçekler genellikle su yüzeyinin üzerinde gelişir ve su akıntılarıyla taşınan polenlerle tozlaşır. Deniz çayırında ise tozlaşma tamamen su altında gerçekleşir.
- **İnsanlar da yapay tozlaşma** (insan eliyle tozlaşma) yöntemleri uygular. Bu işlemde bir ana bitkinin çiçek tomurcuklarındaki erkek organlar çıkarılır ve başka bir ana bitkiden alınan polenler dişi organın tepeciğine aktarılır. Böylece kalıtsal özellikleri bilinen bitkiler arasında kontrollü çapraz tozlaşma sağlanır ve istenilen özelliklere sahip kaliteli meyveler elde edilir.

DÖLLENME

Döllenme, erkek sperm hücresinin dişi yumurta hücresiyle birleşmesi olayıdır. Bu birleşme sonucunda yeni bir organizmanın gelişimi başlar.

Döllenme, çiçeğin tozlaşmasından sonra gerçekleşir. Polen, dişi organın tepeciğine ulaştığında yapışkan yüzeyden nem alır ve çimlenmeye başlar.

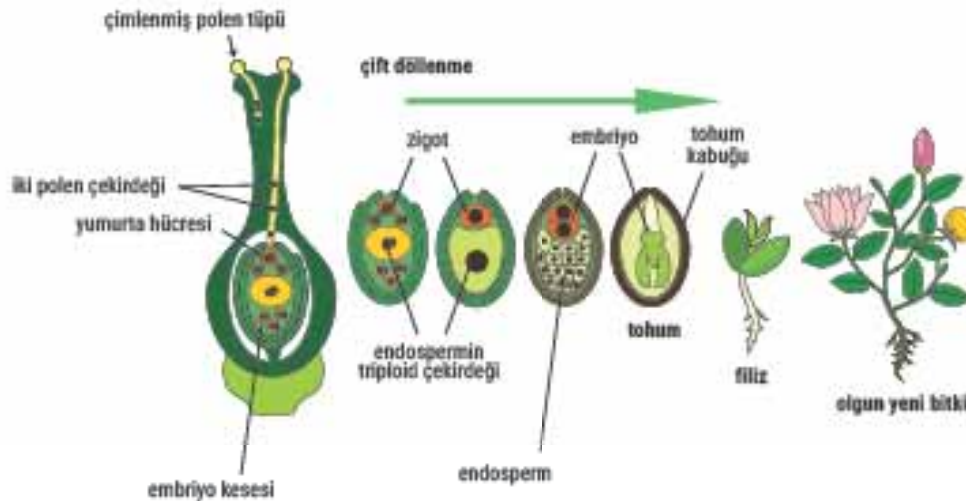
Dişi organın tepeciğine aynı anda birden fazla polen tanesi düşebilir ve çimlenebilir. Her polen tanesi çimlenme sırasında iç polen çeperinden bir polen tüpü oluşturur. Bu tüp, tepecik ve dişik borusu boyunca ilerleyerek aşağı doğru büyür ve yumur-



Mikroskop altında görülen çimlenmiş polen tanesi

talıktaki tohum taslağına ulaşır. Polen tüpü mikropilden geçerek tohum taslağına, yani embriyo kesesine girer. Polen tüpü aracılığıyla iki erkek gamet aşağıya taşınır ve serbest bırakılır. Bu gametlerden biri yumurta hücresiyle birleşerek diploid zigotu oluşturur. Polen tüpünden gelen ikinci gamet ise embriyo kesesindeki merkezi diploid hücreyle birleşir ve triploid hücre meydana gelir. Böylece yumurtalık içinde **çift döllenme** gerçekleşmiş olur.

Her iki ana bitkiden gelen genetik materyali taşıyan zigot bölünmeye başlar ve kök, gövde ile yaprak taslaklarını içeren embriyoyu oluşturur. Triploid merkezi hücrenin bölünmeleri sonucunda ise tohumdaki besin dokusu olan *endosperm* meydana gelir.



Polen çimlenmesi ve çift döllenme

Tekrar Soruları

1. Çiçeğin bölümleri nelerdir ve periant ile perigon arasındaki fark nedir?
2. Çiçekler, çiçek elemanlarının dizilişi ve simetrisine göre nasıl sınıflandırılır?
3. Hermafrodit çiçekler nedir ve tek eşeyli erkek ile dişi çiçeklerden hangi özellikleriyle ayrılır?
4. Erkek ve dişi olgun eşey hücrelerinin oluşumunu açıklayınız. Bu hücreler nerede ve nasıl oluşur?
5. Hangi tozlaşma tipleri vardır ve tozlaşma nasıl gerçekleşir?
6. Çift döllenme sürecini ayrıntılı olarak açıkla. Bu olay nerede ve nasıl gerçekleşir?

İlginç Biyoloji!

- Gece yasemini (*Cestrum nocturnum*), küçük tüpsü çiçekleri salkım şeklindeki çiçek durumlarında toplanmış olan dekoratif, her dem yeşil bir çalıdır. Bu çiçekler gündüz kapalı kalır, akşamüstü açılır ve gece boyunca süren hoş bir koku yayar. Böylece tozlaşmayı sağlayan güveleri kendine çeker. Kokusu 10–15 metre çapında yayılır; bu da tek bir çalının gece boyunca yaklaşık 300–700 m²'lik bir alanı kokulandığı anlamına gelir.

3.10 Tohum ve Meyve. Bitkilerde Üreme

Hatırla!

- Tohum taslakları çiçeğin hangi bölümünde bulunur?
- Çift döllenme nerede ve nasıl gerçekleşir?
- Bitkinin gelişimi nasıl başlar?

TOHUM

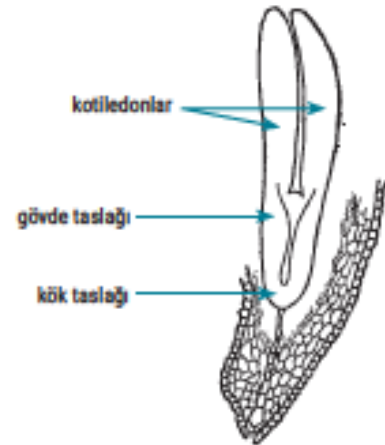
Tohum, üreme organları arasında yer alır ve bitkinin çoğalması ile yaşamını sürdürmesinde önemli bir role sahiptir. Bitkinin elverişsiz çevre koşullarında hayatta kalmasını ve farklı bölgelere yayılmasını sağlar. Yeterli su, oksijen ve uygun sıcaklık gibi elverişli koşullar oluştuğunda tohum çimlenir ve yeni bir bitkinin gelişimi başlar. Tohumlar, biyolojik önemlerinin yanında insanlar ve diğer canlılar için büyük ekonomik ve besin değeri de taşır.

Tohum, yeni bitkinin korunmasını, beslenmesini ve gelişmesini sağlayan karmaşık bir yapıya sahiptir. Farklı bitkilerin tohumları büyüklük, şekil ve renk bakımından değişiklik gösterse de hepsinin yapıyla ilgili ortak özellikleri vardır. Tohum; tohum kabuğu, embriyo ve endospermden (besin dokusu) oluşur.

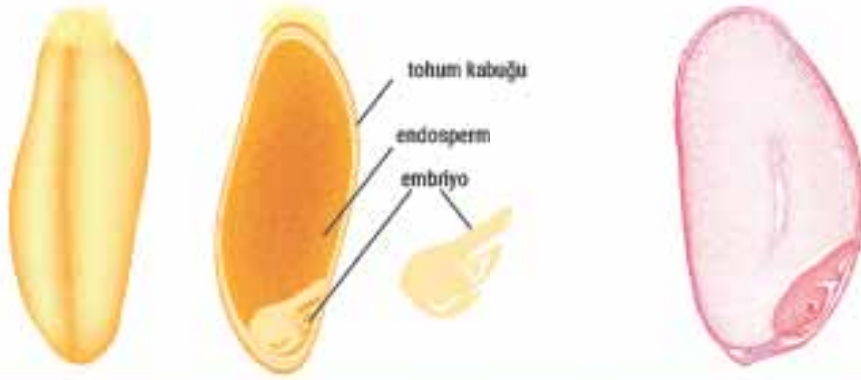
Tohum kabuğu, tohumu sarar ve iç kısmı mekanik zararlardan, kuruma ve enfeksiyonlardan korur. Genellikle sert ve dayanıklıdır; ancak türe bağlı olarak yumuşak, beyaz veya farklı renklerde de olabilir. Tohum kabuğu, tohum taslağının bir ya da iki örtüsünden gelişir. Tohum kabuğu üzerinde, tohumun meyveye bağlı olduğu yerde göbek adı verilen bir iz bulunur. Genellikle göbeğin yakınında mikropil deliği adı verilen küçük bir açıklık yer alır. Tohum, çimlenmeden önce suyu bu açıklıktan alır. Bu açıklık, döllenme sırasında polen tüpünün girdiği tohum taslağındaki açıklığın devamıdır.

Embriyo, tohum kabuğunun altında bulunur. Fasulye, bezelye ve mercimekte olduğu gibi tohumun merkezinde yer alabileceği gibi, bazı karanfil türlerinde çevresel, tahıllarda ise yan tarafta bulunabilir. Embriyo; *kök taslağı*, *gövde taslağı*, *embriyonik yapraklar (kotiledonlar)* ve *embriyonik tomurcuktan oluşur*. Embriyonun şekli ve büyüklüğü bitkilere göre değişir. Kotiledonların gelişmişlik durumuna bağlı olarak küçük veya büyük olabilir.

Tohum çimlenirken embriyodaki kök taslağından önce genç bitkinin kökü gelişir. Gövde taslağından ise kökü ilk yapraklara bağlayan genç gövde oluşur. Gövde büyürken kotiledonları toprağın üzerine çıkarır ve bunlar ışıkta yeşerir. Kotiledonlar, fotosentez yapan ilk yapraklardır ve gerçek yapraklar gelişinceye kadar genç bitkinin yaşamını sürdürmesini sağlar.



Dikotil bitkilerde embriyonun yapısı



Buğday tohumunun yapısı (şematik gösterim ve mikroskop altında boyuna kesit)

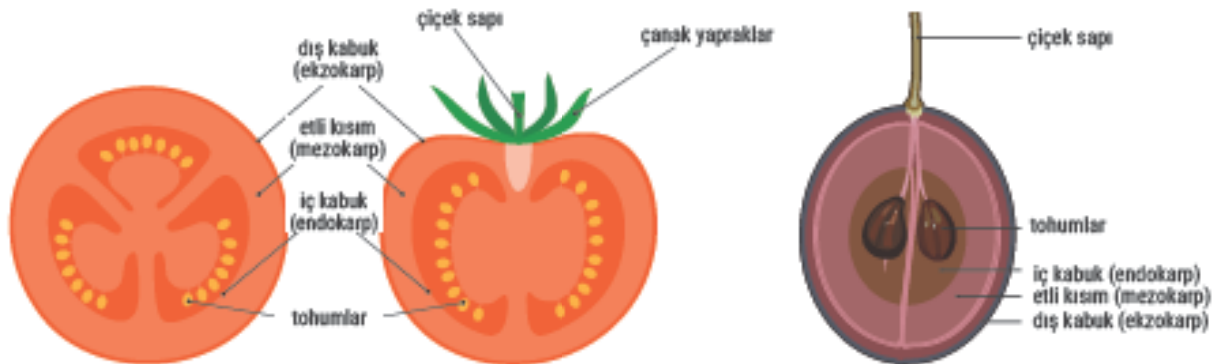
Endosperm, embriyo için besin maddelerini (nişasta, protein ve yağlar) depolayan besin dokusudur. Embriyo kesesindeki diploid merkezi hücrenin döllenmesi sonucu oluşan triploid hücrenin bölünmeleriyle meydana gelir. Tohum çimlendiğinde embriyo gelişimi için bu besin maddelerini kullanır. Endosperm; buğday, pirinç ve küçük embriyoya sahip diğer monokotil bitkilerde iyi gelişmiştir. Baklagil bitkilerinin (dikotil bitkiler) tohumlarında ise az gelişmiş olabilir ya da hiç bulunmayabilir. Bu bitkilerde embriyo iyi gelişmiştir ve besin maddelerini depolayan iki kotiledonu tüm tohumu doldurur. Fasulye ve bezelye buna örnektir.

MEYVE

Meyve, kapalı tohumlu bitkilerde başarılı döllenmeden sonra gelişen üreme organıdır. Morfolojik açıdan değişime uğramış dişi organdır. Yumurtalıktan meyve gelişirken, tohum taslaklarından da tohumlar oluşur.

Meyveler; bitki türüne bağlı olarak şekil, büyüklük, yapı ve oluşum biçimi bakımından farklılık gösterir. Meyvenin temel görevi tohumu korumak ve onun yayılmasını sağlamaktır. Meyveler, yalnızca bitkilerin çoğalması açısından değil, aynı zamanda insanlar ve hayvanların beslenmesi açısından da büyük önem taşır. Çünkü meyveler vitamin, mineral ve diğer besin maddeleri bakımından zengin kaynaklardır.

Yalnızca yumurtalıktan gelişen meyvelere **gerçek meyve** denir. Bu durumda yumurtalık duvarı, üç katmandan oluşan **perikarpa** dönüşür:



Domates meyvesinin yapısı (enine ve boyuna kesit) ile üzüm tanesinin yapısı (boyuna kesit)

- **Dış Kabuk (Ekzokarp)** – meyvenin dış kısmını oluşturan, genellikle tek katlı dış örtü, kabuk veya zardır.
- **Etli Kısım (Mezokarp)** – orta kısım olup çok katlıdır. Genellikle etli ve suludur, ancak farklı yapılarda da olabilir.
- **İç Kabuk / Çekirdek Kabuğu (Endokarp)** – tohumları çevreleyen iç tabakadır. İnce, yumuşak, sert veya odunsu olabilir.

Bazı meyveler çiçeğin başka bölümlerinden gelişir ve bunlara **yalancı meyve** denir. Örneğin elmanın etli kısmı çiçek tablasından gelişirken, endokarp yumurtalıktan oluşur. Çilek, çiçek tablasının büyümesiyle meydana gelir. Dut meyvesinin oluşumuna ise çanak yapraklar da katılır.

Meyvelerin temel sınıflandırılması basit ve bileşik meyveler şeklindedir.

- **Basit meyveler** tek bir dişi organdan gelişir. Kayısı, şeftali ve erik buna örnektir.
- **Bileşik meyveler** ise bir çiçekteki birden fazla dişi organdan ya da bir çiçek durumundan oluşur. Eğer aynı çiçekteki birden fazla basit dişi organdan geliyorsa küme meyve / agregat meyve adını alır. Ahududu ve böğürtlen buna örnektir. Meyveler bir çiçek durumundaki çok sayıda çiçekten geliyorsa ananas, incir ve dut gibi meyveler oluşur.



Yapılarına göre meyveler sulu ve kuru meyveler olarak ayrılır.

- **Sulu meyveler**; yumuşak, etli ve sulu bir perikarpa sahiptir. Besin maddeleri ve öz sular bakımından zengin oldukları için tüketilmeye uygundur. Portakal, elma, üzüm, kavun ve karpuz bu gruptadır. Şeftali, kayısı, erik, kiraz, vişne, mango ve zeytin gibi meyveler de suludur; ancak çekirdeğin çevresindeki endokarp çok sert ve odunsudur. Bu yapıya çekirdek taşı denir. İçinde tek bir korunan tohum bulunan bu yapı nedeniyle bu meyveler çekirdekli meyveler olarak adlandırılır. Elma ve armut farklı bir yapıya sahiptir. Dışta kabuk, ortada etli ve sulu bölüm, içte ise tohumları çevreleyen sert zarlar bulunur. Üzüm ve domateste görülen özel sulu meyve tipine üzüksü meyve denir.
- **Kuru meyveler** de meyve örtüsü sert, derimsi veya odunsudur. Bunlar, olgunlaştığında açılıp açılmamalarına göre iki gruba ayrılır. Olgunlaşınca açılan kuru meyveler carasında fasulye, bezelye, taze fasulye ve soya gibi baklagiller bulunur. Bu bitkilerin meyvesi çok tohumlu bakla tipindedir. Pamuk ve lale gibi bitkilerde ise çok tohumlu kapsül tipi kuru meyve görülür. Lahana, şalgam ve turpta bulunan özel kuru meyveler ise olgunlaştığında boyuna açılan uzamış kapsül şeklindedir. Olgunlaştığında açılmayan kuru meyveler arasında ceviz, kestane ve fındık yer alır. Tahıllarda da açılmayan kuru meyve görülür. Buğday, arpa, pirinç ve ayçiçeği buna örnektir.



Tablo: Meyve çeşitleri

Basit meyveler (tek bir dişi organdan)	sulu	
	kuru	açılan
		açılmayan
Bileşik meyveler (birden fazla dişi organdan)	toplu	sulu
		kuru
	çiçek durumundan oluşan	

MEYVE VE TOHURLARIN YAYILMASI

Yayılma meyve ve tohumların ana bitkiden uzak yerlere taşınması ve dağıtılması sürecidir. Bu sayede rekabet azalır ve türün yayılması sağlanır. Tohum ve meyvelerin yapısı, yayılma şekilleriyle yakından ilişkilidir.

Yayılma şu şekillerde gerçekleşebilir:

- **Rüzgârla yayılma:** Hafif yapılı tohum ve meyveler rüzgârla taşınır. Karahindibadaki tüycükler veya akçaağaç ile dişbudaktaki kanatçıklar buna örnektir.
- **Suyla yayılma:** Sert ve suya dayanıklı kabuğa sahip meyveler su üzerinde yüzer ve su akıntılarıyla uzak mesafelere taşınır. Hindistan cevizi, deniz fasulyesi ve boynuzlu su kestanesi buna örnektir.
- **Hayvanlarla yayılma:** Meyveler iki şekilde yayılır; sulu meyvelerin yenmesiyle veya meyve ve tohumların hayvanların kürküne ya da vücuduna takılmasıyla.
- **Kendiliğinden yayılma:** Meyvenin çatlayarak tohumlarını etrafa saçmasıyla gerçekleşir. Örneğin acı hıyar, tohumlarını birkaç metre uzağa fırlatabilir.
- **İnsan etkisiyle yayılma:** İnsanlar ulaşım ve tarım faaliyetleri sırasında bitkilerin yayılmasına bilinçli ya da bilinçsiz şekilde katkıda bulunur.

EŞEYLİ VE EŞEYSİZ ÜREME

Tüm canlıların temel biyolojik özelliklerinden biri çoğalmak ve kendilerine benzeyen yeni bireyler oluşturmaktır. Böylece türlerin ve Dünya'daki yaşamın devamlılığı sağlanır. Bitkiler eşeyli ve eşeysiz (vejetatif) olarak ürer.

Eşeyli üremede, yeni birey, haploid dişi ve erkek eşey hücrelerinin birleşmesiyle oluşur. Bu birleşme sonucunda diploid zigot meydana gelir ve yeni organizma gelişir.

Generatif organların yapısı, türün başarılı şekilde eşeyli üremesine uyum sağlamıştır. Eşey hücreleri çiçeğin özel bölümlerinde oluşur. Erkek organlarda, rüzgâr, su, böcekler veya hayvanlarla taşınmaya uygun hafif ve çok sayıda polen oluşur. Dişi organ ise poleni kabul etmeye, polen tüpünün gelişmesine ve yumurtalığın korunmasına uyum sağlamıştır.

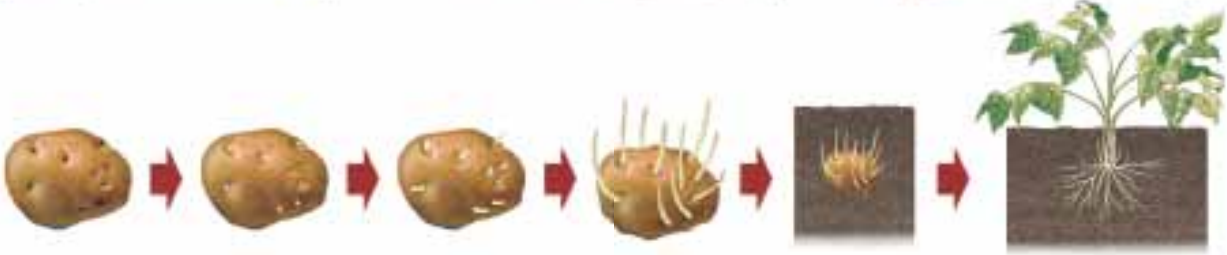
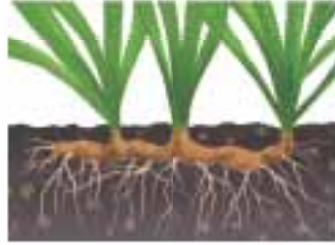
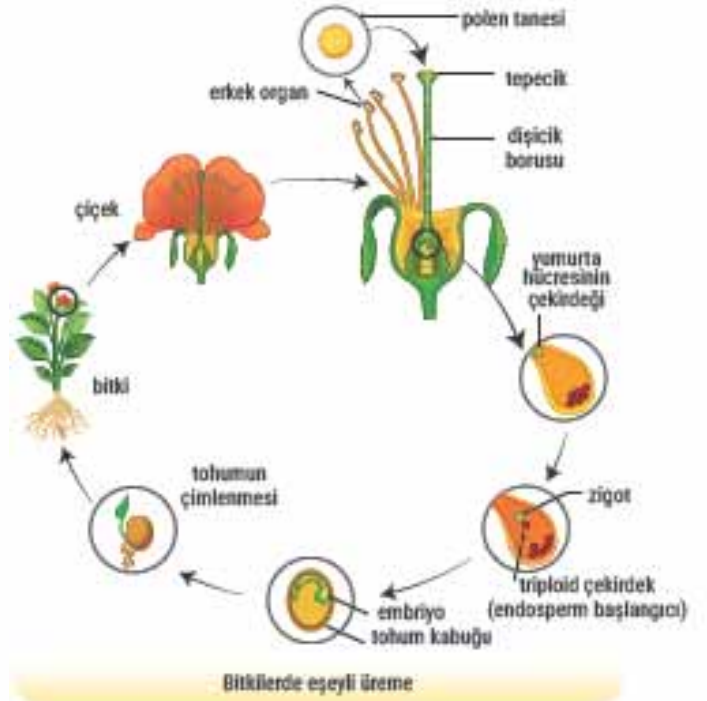
Tozlaşma ve döllenmeden sonra çiçeğin eşey organlarında meyve ve tohum oluşur. Tohumdan yeni bir bitki gelişir ve birçok tür bu şekilde çoğalır. Eşeyli üreme genetik çeşitlilik sağlar ve yavruların değişen çevre koşullarına uyum yeteneğini artırır. Böylece türlerin uzun süre varlığını sürdürmesi mümkün olur.

Vejetatif üreme eşeysiz üreme şeklidir. Bu üremede kök, gövde veya yaprak gibi vejetatif organlardan yeni bir bitki gelişir. Oluşan yeni bitki, ana bitkiyle genetik olarak aynıdır (klon). Bu üreme şekli bitkilerde oldukça yaygındır ve birey sayısının hızlı şekilde artmasını sağlar. Aynı zamanda türün olumlu özel-

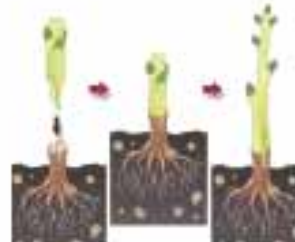
liklerini değişiklik olmadan korur. Uygun çevre koşullarında hızlı uyum sağlamaya ve yeni alanlara yayılmaya katkıda bulunur. Doğal ve yapay yollarla gerçekleşir.

Doğada vejetatif üreme; stolonlar (çilek), rizomlar (süsen, inci çiçeği, zencefil, kamış), yumrular (patates), soğanlar (lale, soğan) gibi değişime uğramış organlarla gerçekleşir. Begonya, menekşe ve kauçuk gibi birçok süs bitkisi de yapraklarıyla çoğalır.

Yapay vejetatif üreme ise insanların bitkileri hızlı çoğaltmak ve istenilen özellikleri korumak amacıyla uyguladığı yöntemleri kapsar. Çelikle çoğaltma (asma, gül, biberiye, ahududu vb.), aşılama, gövde ve tomurcuk yardımıyla çoğaltma sık kullanılan yöntemlerdir. Elma, armut, şeftali ve üzüm asması gibi birçok meyve ağacı bu şekilde çoğaltılır. İn vitro çoğaltma (doku kültürü), laboratuvar ortamında kontrollü şekilde yeni bitkilerin elde edildiği bir yöntemdir.



Stolonlar, rizomlar, soğanlar ve yumrularla vejetatif üreme



İnsan tarafından desteklenen vejetatif üreme - çelikle ve aşılama ile çoğaltma

Etkinlik

Tohum ve Meyvenin Yapısını İnceleme

Dikotil ve monokotil bitkilere ait iki farklı temsilcinin meyve ve tohum yapısını analiz ediniz. Meyve ve tohumların hangi bölümlerden oluştuğunu gösteren bir poster sunumu hazırlayınız. Her bölüm için çizimler ve kısa açıklamalar yapınız. Ayrıca bunların nasıl oluştuğunu açıklayınız. Hangi tip çiçekten geliştiklerini ve meyve ile tohumun oluşum sürecini anlatınız.

Derste; meyve ve tohumların yayılma açısından hangi özelliklere sahip olduğu hakkında tartışınız.

İnsanların ve diğer canlıların beslenmesinde meyve ve tohumların önemi ile doğadaki yayılma şekilleri hakkında tartışma geliştirmek için sorular hazırlayınız ve cevaplayınız.

Tekrar Soruları

1. Tohumun yapısını oluşturan tüm bölümleri ayrıntılı olarak açıkla ve yeni bitkinin gelişimi için hangi bölümün temel öneme sahip olduğunu belirt.
2. Bir meyvenin yapısını oluşturan bölümleri adlandır ve farklı meyve türlerinde bu yapının nasıl farklılık gösterdiğini karşılaştır.
3. Gerçek ve yalancı meyveler hangileridir? Bu sınıflandırmanın temel nedeni nedir?
4. Meyvelerin yapısı ve özellikleri ile yayılma şekilleri arasındaki ilişkiyi açıkla.
5. Bitkilerde eşeyli ve vejetatif üreme hangi yapılar sayesinde gerçekleşir?

İlginç Biyoloji!

- *Plukenetia volubilis*, diğer adıyla "sacha inchi", 4-7 kollu yıldız şeklinde bir meyveye sahiptir. Meyvesi, kendiliğinden açılarak tohumlarını etrafa saçan kuru bir kapsüldür. İçindeki tohumlar çok yüksek miktarda omega-3 yağ asidi içerdiği için bu bitkiye sık sık "İnka fıstığı" da denir. Amazon yerlileri, İnka döneminden beri bu bitkiyi temel enerji ve sağlık kaynağı olarak kullanmıştır. Günümüzde ise tohumları beslenme, tıp ve kozmetik alanlarında oldukça geniş kullanım değerine sahiptir.



3.11 Bitkilerin Yaşam Ortamına Uyumları

Hatırla!

- Bitki organlarındaki metamorfozlar (değişime uğramalar) nedir ve nasıl oluşur?
- Gövde ve yaprağın ortak metamorfozları hangileridir ve hangi bitkiler için karakteristiktir?
- Aerenkim (hava parenkiması) ve su depolayan parenkima (su parankiması) nedir? Hangi organlarda ve hangi bitkilerde bulunur?

Bitkiler; çevredeki farklı faktörlerin etkisi altında büyür ve gelişir. Bu faktörler aynı anda ve birlikte etkili olabilir. Her faktör, bitkilerin metabolik faaliyetlerini doğrudan ya da dolaylı olarak etkiler ve böylece yaşamlarını sürdürmelerinde önemli rol oynar. Bitkiler hareketsiz canlılar oldukları için çevrenin sürekli etkilerine maruz kalırlar. Bu nedenle çevre koşullarına uyum sağlayabilmek için farklı adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Bu adaptasyonlar; yapısal, fizyolojik ve işlevsel uyumlardır. Böylece bitkiler su ekosistemlerinde, kurak çöllerde, tuzlu topraklarda veya gölgeli ormanlarda yaşayabilmektedir.

Bitkilerdeki adaptasyonlar, bitkilerin sudan karaya geçişiyle başlayan uzun bir evrim sürecinin sonucudur. Bitkiler zamanla ışık şiddeti, sıcaklık, su miktarı ve topraktaki mineral maddelerin farklılığına uyum sağlamıştır. Bu uyumlar sayesinde bitkiler Dünya üzerinde geniş alanlara yayılmış ve doğadaki yaşamın sürdürülmesinde önemli rol üstlenmiştir.

Bitkilerde adaptasyonları anlayabilmek için yapı, görev ve çevre koşulları arasındaki ilişkiyi incelemek gerekir. Farklı yaşam ortamları farklı zorluklar oluşturduğu için bitkiler de çeşitli uyum mekanizmaları geliştirmiştir. Bu uyumlar kök, gövde ve yaprakların yapısında olduğu kadar fizyolojik olaylarda da görülür.

Bitkiler, farklı çevrelere uyumlarına göre birkaç gruba ayrılır.

SU BİTKİLERİ (HİDROFİTLER)

Hidrofitler suda yaşamaya uyum sağlamış özel yapılı bitkilerdir. Yaprakları farklı şekillerde olabilir. Su altındaki yapraklar ince veya ipliksi yapıdadır. Bu özellik, fotosentez yüzeyini, gaz alışverişini ve suda daha az şiddette bulunan dağınık ışığın alınmasını artırır. Epidermis hücrelerinin hücre duvarları çok incedir ve kutikula zayıf gelişmiştir. Böylece sudaki çözünmüş mineraller kolayca alınabilir. Yaprığın mezofil dokusunda hücreler arası boşluk bakımından zengin sünger parankiması baskındır. Diğer organlarda ise oksijen depolayan aerenkim bulunur. Bu yapısal özellikler yaprakların su yüzeyinde yüzmesini sağlar. Yapraklardan alınan oksijen, bitkinin su altındaki bölümlerinde



Hidrofit - su mercimeği

de solunumun devam etmesini mümkün kılar. Kök genellikle zayıf gelişmiştir ya da tamamen yok olabilir.

Bu tür adaptasyonlar su vebası, su mercimeği ve nilüfer gibi bitkilerde görülür.

NEMLİ BÖLGE BİTKİLERİ (HİGROFİTLER)

Higrofitler, nemli ortamlarda veya çok nemli topraklarda yaşamaya uyum sağlamış bitkilerdir. Bu bitkilerdeki adaptasyonlar, suyu korumaktan çok kolay gaz alışverişi ve yoğun terlemeyi sağlamaya yöneliktir. Büyük ve ince yapraklara, zayıf gelişmiş kutikula sahiptirler; çünkü aşırı su kaybı tehlikesi yoktur. Mezofil dokusu kloroplast bakımından zengindir ve kloroplastlar epidermiste de bulunabilir. Bu nedenle koyu yeşil renklidirler. Hidrofitlerden farklı olarak gövdenin çevresel kısmında destek dokusu bulunur, merkezde ise geniş hücreler arası boşluklar yer alır. Suya kolay ulaştıkları için büyük bir kök sistemi geliştirmezler.

Papirüs, piriç, karnış ve bataklık düğün çiçeği tipik higrofit örnekleridir.



Higrofitler - papirüs ve piriç

ILIMAN BÖLGE BİTKİLERİ (MEZOFİTLER)

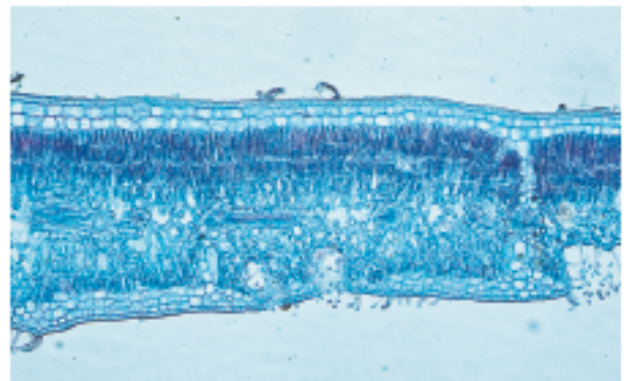
Mezofitler, tropikal ve daha soğuk bölgelerde orta derecede nem isteyen bitkilerdir. Kök, gövde ve yaprakları normal gelişmiştir. Tipik mezofitlerin yapraklarında palizat ve sünger parankiması farklılaşmıştır. Yüzeylerinde zayıf gelişmiş kutikullu epidermis bulunur ve stomalar yaprağın alt yüzeyinde yer alır. Yonca, buğday, ayçiçeği, fasulye, patates ve lahana gibi birçok tahıl, bahçe ve tarla bitkisi mezofit grubundadır.

KURAKÇIL BİTKİLER (KSEROFİTLER)

Kserofitler, kurak ortamlar ve çok elverişsiz koşullarda yaşamaya uyum sağlamış çeşitli bitki grubudur. Havadaki ve topraktaki nem oranının düşük olduğu bölgelerde yaşarlar. Bu nedenle tüm bitki organlarında çok sayıda morfolojik ve anatomik adaptasyon geliştirmişlerdir. Birçok kserofit, su bulabilmek için toprağın derinliklerine inen iyi gelişmiş ana köke sahiptir. Örneğin yoncanın kökü birkaç metre uzunluğa ulaşabilir. Bazı türlerde ise kök sistemi yüzeye yakın geniş alanlara yayılır.

Kserofit bitkilerin toprak üstü bölümleri genellikle yoğun tüylerle kaplıdır. Bu yapı hem terlemeyi azaltır hem de ışığı yansıtarak aşırı ısınmayı önler.

Yapraklarda da birçok adaptasyon görülür. Bazı kserofitlerde yapraklar küçük ve derimsidir; çok katlı epidermise ve iyi gelişmiş mumsu kutikula sahiptir. Stomalar yaprağın alt yüzeyinde bulunur



Kserofitlerde yaprağın enine kesiti - alt epidermiste trikomla kaplı çöküntüler (kriptler)

ve tüylerle kaplı çöküntüler (*kriptler*) içinde korunur. Böylece su kaybı en aza indirilir.

Bazı türlerde yapraklar diken şeklinde değişime uğramıştır. Ayrıca kalın kutikula ve su depolayan parankima dokusu gelişmiştir.

Etli (sukulent) yapraklar, özellikle sıcak ve su bakımından fakir ortamlarda yaşayan bitkilerin kurak koşullara karşı geliştirdiği önemli bir adaptasyondur. Sukulent bitkiler kalın ve etli yapraklara sahiptir. Yapraklarında su depolayan özel dokular bulunur. Buharlaşmayı önleyen iyi gelişmiş kalın bir kutikulası vardır. Az sayıda ve çökük durumda bulunan stomaları gece açılır. Böylece terleme yoluyla su kaybı azaltılır. Su depolayan parankima, suyu uzun süre tutarak bitkinin kurak dönemlerde hayatta kalmasını sağlar.

Aloe, sedum, kalanşo ve agav tanınmış sukulent bitkilerdir.

Diken, değişime uğramış bir sürgün veya yaprak olabilir. Yüzey alanını küçülterek bitkiden suyun buharlaşmasını azaltır. Aynı zamanda sert ve sivri yapısıyla bitkiyi otçul hayvanlara karşı korur. Akasya ve alıçta diken gövdeden gelişir. Kaktüs ve berberiste ise diken yapraktan köken alır. Gül bitkisinde bulunan diken ise koruyucu görevli yüzeysel bir çıkıntıdır.



Sukulentler – aloe ve agave

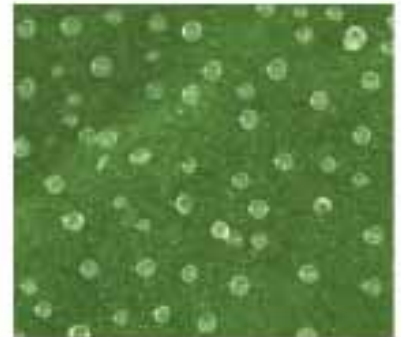


Kaktüste (yapraktan), alıçta (gövdeden) ve gülde (yüzeysel çıkıntı) dikenin farklı kökenleri

TUZCUL BİTKİLER (HALOFİTLER)

Halofitler, tuzlu topraklarda, tuzlu bataklıklarda, deniz kıyılarında ve tuzlu göllerde yaşamaya uyum sağlamış bitkilerdir. Tuzun depolanması veya dışarı atılması için etli, sukulent yaprak ve gövdeler geliştirmişlerdir. Bu organlarda depolanan su, tuzu seyreltir. Ayrıca yüzeylerinde bulunan tuz tüyleri ve tuz bezleri aracılığıyla fazla tuzu dışarı atarlar. Suyu koruyabilmek için kalın kutikula ve az sayıda stoma geliştirebilirler. Fazla tuzu kofullarda biriktirmeye de uyum sağlamışlardır. Yüksek ozmotik toleransa ve yavaş büyümeye sahiptirler.

Salicornia (*Salicornia* sp.) türleri, mangrov bitkileri, ılgın (*Tamarix* sp.) ve tuza dayanıklı isteğe bağlı halofit olan kinoa (*Chenopodium quinoa*) bu gruba örnektir.



Kinoa yaprağındaki tuz bezleri

BÖCEKÇİL BİTKİLER (ETÇİL BİTKİLER)

Böcekçil ya da etçil bitkiler özel adaptasyonlara sahip bitkilerdir. Bu bitkiler, özellikle azot bakımından fakir ortamlara uyum sağlamıştır. Bu bitkilerde yapraklar, av yakalama ve sindirme organına dönüşmüştür. Bu durum bitkiler için benzersiz bir ekolojik adaptasyondur. Yapraklar; yapışkan çubuksu, sürahi biçimli, kesecikli ve başka çeşitli avlanma yapılarına dönüşebilir. Bu bitkilerin yaprakları genellikle salgı tüyleriyle kaplıdır ve böceklerin yapışmasını sağlayacak şekilde yapışkandır. Ayrıca sindirime yardımcı olan enzimler salgılarlar. Bazı bitkilerde kapana-bilen yapraklar bulunur.

Dokunulduğunda hızla kapanır ve böcek içeride hapsolur. Bunlara sinekkapan denir. En bilinen örnek Venüs sinekkapanıdır (*Dionaea muscipula*).

Bazı bitkilerde yapraklar kapaklı sürahi şeklindedir ve alt kısmında sindirim sıvısı bulunur. Yapraklar parlak renkli, hoş kokulu ve nektar bezleriyle kaplıdır. Bu özellikler böcekleri çeker. Böcekler sürahinin kaygan kenarına konduklarında içeri düşer ve iç yüzey çok kaygan olduğu için çıkamazlar. Sürahinin dibindeki sıvı sindirim enzimleri içerir. Bu enzimler avı parçalar ve besin maddeleri yaprak tarafından emilir. Bu pasif avlanma şekli, yaprağın hareket etmesine gerek olmadan böcekleri çekme, kaydırma ve sindirme süreçlerinin birleşimidir. *Nepenthes* (*Nepenthes* sp.) ve *Sarracenia* (*Sarracenia* sp.) türlerinde bu tip yaprak metamorfozları görülür.



Drosera'nın yapışkan yaprakları



Venüs sinekkapanının yaprağında yakalanmış böcek



Nepenthes ve Sarracenia'da sürahi şeklindeki yaprak metamorfozları

Etkinlik**Akdeniz Kserofitlerinde Yaprak Adaptasyonlarının Araştırılması**

Gerekli materyaller: zakkum ve sıgırkuyruğu yaprakları, mikroskop, penset, lam ve lamel, neşter veya jilet, su.

1. Zakkum ve sıgırkuyruğundan çok ince kesitler hazırlayarak iki su preparatı yapınız.
2. Küçük ve büyük büyütmede mikroskop incelemesi yapınız. Her iki bitkinin yaprak yapısını gözlemleyiniz ve farklılıkları belirleyiniz.
3. Yüzeydeki ve mezofildeki doku çeşitleri için şema veya çizimler hazırlayınız.
4. Kutikula ve stomaların özelliklerini inceleyiniz.
5. Bu yaprakların ortak özellikleri ve farklılıkları hakkında tartışınız.

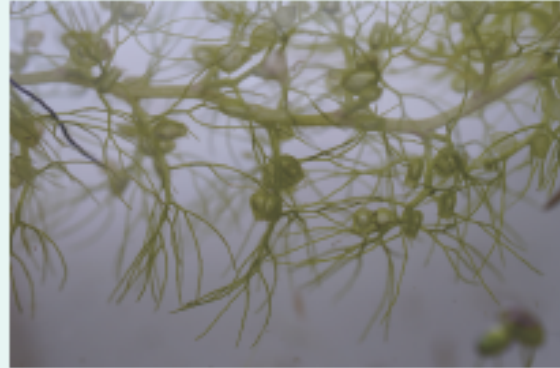
Bu tipik Akdeniz kserofitlerinin yaprak analizleri, yaprağın tüm bölümlerinde çok sayıda adaptasyon bulunduğunu göstermektedir. Bunlar arasında çok hücreli trikomlardan oluşan kalın örtü, tek hücreli trikomlarla kaplı çöküntüler içinde bulunan stomalar, kalın kutikula çok katlı epidermis ve çok katlı palizat klorenkiması yer alır.

Tekrar Soruları

1. Bitki organlarının morfolojisi ve anatomisinde adaptasyonlar neden ortaya çıkar?
2. Hidrofitler ve higrofitler için karakteristik olan temel adaptasyonlar nelerdir?
3. Sukulent bitkilerde hangi organ adaptasyonları görülür?
4. Farklı çevre koşullarına bağlı olarak bitki gruplarında kök hangi adaptasyonları geliştirir?
5. Farklı böcekçil bitkilerde hangi yaprak metamorfozları görülür ve bunların bitkiler için önemi nedir?

İlginç Biyoloji!

- *Utricularia* cinsine ait bazı türler, avlanmaya uyum sağlamış özel yapraklara sahip su bitkileridir. Bu bitkiler, bitki dünyasının en hızlı tuzaklarından biri kabul edilen keşecik şeklinde değişime uğramış yapraklara sahiptir. Keşecikler suyla doludur ve içlerinde negatif basınç oluşur. Keşeciğin giriş kısmında bulunan tüyler dokunmayla uyarılır ve av aniden içeri çekilir. Av içeri girdikten sonra kapak hızla kapanır ve avı parçalayan sindirim enzimleri salgılanır.





- ✓ **Meristem (bölünür) dokular**, bitkinin büyümesini sağlayan dokulardır. Birincil meristemler; primer yapıya katılan *apikal meristem* (kök ve gövde ucu), *interkalar meristem* ve *lateral meristemden* (*perisikl*) oluşur. İkincil meristemler ise *lateral meristem* (fellogen ve kambiyum), *travmatik* ve *rejeneratif meristem*dir; bunlar sekonder dokuların ve sekonder yapının oluşmasından sorumludur.
- ✓ **Kalıcı dokular** hücreleri organizmada belirli görevleri yerine getirmek üzere farklılaşmış özel dokulardır. Kalıcı dokular; *örtü doku*, *parankima doku*, *salgı doku*, *mekanik doku* ve *iletim dokusu*nu kapsar.
- ✓ **Örtü doku**, koruyucu dokudur. *Birincil örtü doku* (kutikula epidermis, stomalar ve trikolar; kök tüylü rizodermis), *ikincil örtü doku* (periderm) ve *tersiyer örtü doku* (ölü kabuk) şeklinde bulunabilir.
- ✓ **Parankima doku**, bitkilerde en yaygın ve en işlevsel dokudur. *Temel parankima* veya doldurucu doku şeklinde bulunur; fotosentezden sorumlu *fotosentetik parankima* – klorankima (palizat ve sünger doku); karbonhidrat, protein, lipid ve su depolayan *depo parankiması*; hava dolaşımını sağlayan boşluklara sahip *aerenkima*; yapraklarda madde taşınmasına yardımcı *iletim parankiması*; besin maddelerini emen *absorpsiyon parankiması*; farklı maddelerin veya salgıların üretilmesi, depolanması ya da salgılanması için özelleşmiş *salgı parankiması* şeklinde görülebilir.
- ✓ **Mekanik doku**; hem destek hem fotosentez görevi yapan *canlı kollenkima dokusundan* oluşur ve *levhamsı*, *köşeseli* ve *boşluklu kollenkima* tiplerine ayrılır. Ayrıca *sklerenkima lifleri* ve *sklereitler* şeklinde görülen *ölü sklerenkima dokusu* da mekanik dokuya dahildir.
- ✓ **İletim dokusu**; su ve çözünmüş mineralleri taşıyan *ksilem* (*trake* ve *trakeidler*) ile organik maddeleri taşıyan *floemden* (*kalburu borular* ve *arkadaş hücreleri*) oluşur. İletim dokuları, *kolateral* (açık ve kapalı), *bikolateral*, *konsantrik* ve *radyal* tipte iletim demetleri oluşturabilir.
- ✓ **Kök** bitkiyi toprağa bağlayan ve büyüme için gerekli su ile mineralleri sağlayan temel vejetatif organdır. Primer ve sekonder yapıda olabilir. Morfolojik olarak *kazık kök* ve *sapık kök* tipleri ayrılır. Şalgam kökü, yumru kök, solunum kökleri, tutunucu kökler, destek kökleri, payanda kökler ve hava kökleri gibi metamorfozlar gösterebilir.
- ✓ **Gövde** sürgünün bir parçası olan eksensel vejetatif organdır. Tek yıllık veya çok yıllık olabilir. Otsu bitkilerde gövde primer yapıya sahipken, odunsu bitkilerde sekonder yapı da gelişir. Monokotil ve dikotil bitkiler arasında primer gövde yapısında belirgin farklılıklar vardır. Gövde; rizom, stolon, yumru, soğan, diken, filokladi ve kladodi gibi metamorfozlar gösterebilir.
- ✓ **Yaprak**, bitkide fotosentezden sorumlu temel vejetatif organdır. Basit ve bileşik yapraklarda yapı ve morfoloji bakımından büyük çeşitlilik gösterir. Yapraklar; sülük, diken, filodi, etli sukulent yapraklar ve böcekçil bitki yaprakları gibi metamorfozlara uğrayabilir.
- ✓ **Herbaryum** bilimsel olarak hazırlanmış, kurutulmuş ve korunmuş tam bitki veya bitki parçalarından oluşan koleksiyondur. Başlıca inceleme ve koleksiyon amacıyla kullanılır. Pratik, bilimsel, eğitimsel, ekolojik ve tarihsel öneme sahiptir. Bitkilerin incelenmesine, karşılaştırılmasına ve doğru sınıflandırılmasına olanak sağlar.
- ✓ **Çiçek**, kapalı tohumlu bitkilerde eşeyli üremeye özelleşmiş generatif organdır. Çanak yaprak, taç yaprak (*periant*) veya perigon, erkek organ ve dişi organdan oluşur. Hermafrodit çiçekler yanında tek evcikli ve çift evcikli bitkilerde tek eşeyli çiçekler de bulunur. Morfolojik olarak tek çiçekler ile basit ve bileşik çiçek durumları ayrılır.
- ✓ **Tozlaşma**; *kendi kendine tozlaşma* (otogami) ve *çapraz tozlaşma* (allogami) olarak gerçekleşir. Tipik kendi kendine tozlaşma, olgun polenin erkek organdan aynı çiçeğin dişi tepesine düşmesiyle gerçekleşir ve çift eşeyli çiçekler için karakteristiktir. Çapraz tozlaşma (allogami) ise iki şekilde görülür: aynı bitki üzerindeki farklı çiçekler arasında gerçekleşen komşu tozlaşma ve aynı türe ait iki farklı bitkinin çiçekleri arasında gerçekleşen gerçek çapraz tozlaşma.
- ✓ **Döllenme**, erkek sperm hücresinin dişi yumurta hücresiyle birleşmesi sonucu yeni bir organizmanın gelişiminin başlamasıdır. Çift döllenme, çiçeğin tozlaşmasından sonra gerçekleşir.

- ✓ **Tohum**, üreme organları arasında yer alır ve bitkinin çoğalması ile yaşamını sürdürmesinde önemli rol oynar. Tohum; tohum kabuğu, embriyo ve endospermden (besin doku) oluşur.
- ✓ **Meyve**, kapalı tohumlu bitkilerde başarılı döllenmeden sonra gelişen üreme organıdır. Morfolojik olarak değişime uğramış dişi organdır. Yumurtalıktan meyve, tohum taslaklarından ise tohumlar oluşur. Meyve; dış katman olan ekzokarp (kabuk), orta katman olan mezokarp (genellikle etli ve sulu bölüm) ve iç katman olan endokarptan oluşur. Meyveler; sulu veya kuru, basit veya bileşik, gerçek veya yalancı meyveler şeklinde sınıflandırılır.
- ✓ **Yayılma**, meyve ve tohumların ana bitkiden uzak bölgelere taşınması ve dağıtılması sürecidir. Böylece rekabet azalır ve türün yayılması sağlanır. Yayılma; rüzgâr, su, hayvanlar, kendiliğinden yayılma veya insan yardımıyla gerçekleşebilir.
- ✓ **Bitkilerde üreme eşeyli ve eşeysiz (vejetatif) olabilir.** Eşeyli üremede yeni birey, haploid dişi ve erkek eşey hücrelerinin birleşmesiyle oluşan diploid zigottan gelişir. Vejetatif üreme ise eşeysiz bir üreme şeklidir; kök, gövde veya yapraktan yeni bir bitki gelişir ve bu yeni birey ana bitkiyle genetik olarak aynıdır (klon).
- ✓ **Bitkilerin çevreye adaptasyonları**; uyum şekillerine göre birkaç gruba ayrılır: **hidrofitler** (suda yaşayanlar), **higrofitler** (nemli ortam veya çok nemli topraklarda yaşayanlar), **mezofitler** (orta derecede nem isteyenler) ve **kserofitler** (kurak ve çok elverişsiz koşullarda yaşamaya uyum sağlamış bitkiler).

Konu 3 Tekrar Soruları

1. Tablodaki boş yerleri doldur ve dokuyu onun sınıflandırılmasıyla ve işleviyle ilişkilendir:

Bitki organı	Bitki dokusu tipi		Dokunun karakteristikleri
	meristem doku	kalıcı doku	
	apikal meristem		kambiyum ve dermatogen oluşturan doku
			palizat ve sünger tipi olarak farklılaşmış fotosentetik doku
	lateral meristem	hayır	
			kutikula, trikominlar ve stomalara sahip örtü doku
	fellojen	hayır	
gövde, kök ve yaprak	hayır	evet	

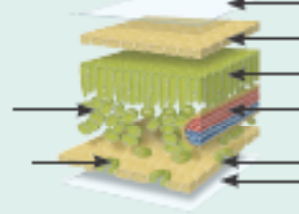
2. Bitkilerde sekonder meristemlerin oluştuğu yerleri, hangi hücrelerden oluştuklarını ve rollerinin ne olduğunu açıkla.
3. Aşağıdaki soruları cevapla:
- Kökün yapısındaki temel bölümler nelerdir ve rolleri nelerdir?
 - Gövde ucu meristemi hangi bölümlerden oluşur?
 - Yaprak hangi dokulardan oluşur?
 - Yaprak hangi bölümlerden oluşur ve işlevi nedir?
4. Kökler gövdelerden şu özellikleriyle ayrılır:
- iletim demetleriyle
 - rezerv parankimasıyla
 - boğum ve boğum aralarıyla
 - sekonder yapıyla
5. Aşağıdaki doku tiplerinden hangisinde hücre farklılaşması, hücre duvarı ve sitoplazmada birikme sonucunda gerçekleşir?
- kollenkima
 - absorpsiyon parankiması
 - fotosentetik parankima
 - sklarenkima

6. Demet tiplerini ve hangi bölümlerden oluştuklarını işaretle.



7. Dikotil ve monokotil bitkilerde kök ve gövde yapısı:
- dikotiller gövdede merkezi silindire sahip değildir, kökte ise radyal demetler bulunur
 - monokotiller gövdede merkezi silindire sahip değildir, kökte ise radyal demetler bulunur
 - dikotillerde gövde ve kökte belirgin primer kabuk vardır, demetler sıralı dizilmiştir
 - monokotillerde gövde ve kökte belirgin primer kabuk vardır, demetler dairesel dizilmiştir

8. Şekildeki bölümleri adlandır ve işaretle:



9. Bitkinin herbaryuma dönüştürülme sürecini ve herbaryum koleksiyonunun önemini açıkla.
10. Çiçek bölümlerinin kolektif terimleri için Latince isimleri yaz:
- çanak yaprak _____,
- taç yaprak _____,
- erkek organlar _____,
- dişi organ _____.
11. Cümlelerdeki boş yerleri doldur:
- Dişi organ bir veya daha fazla _____
- Kyapraktan oluşur. Birden fazla meyve yaprağının kaynaşmasıyla oluşan _____
- denir. Dişi organ _____,
- ve _____'dan oluşur. Dişi organın diğer çiçek elemanlarına göre konumuna göre _____ ve _____ dişi organ ayırt edilir.
- Tozlaşma _____
- _____ başladığında gerçekleşir.

Otogami _____, iken, allogami _____ ve _____ olarak görülür.

Döllenme _____ içinde gerçekleşir (dişi organın bölümünün adını yazınız).

12. Aşağıdaki soruları cevapla:

- Tek evcikli ve çift evcikli bitkilerde erkek ve dişi eşey hücreleri nerede oluşur?
- Embriyo keşesi nasıl oluşur?
- Bir erkek organ hangi bölümlerden oluşur?
- Polen eşeyli üremede nasıl bir rol oynar, nerede oluşur ve nasıl olgunlaşır?
- Çift döllenme nedir, nerede gerçekleşir ve bu süreçte ne oluşur?

13. Tozlaşma tiplerini temel özellikleri ve gerçekleştiği koşullarla ilişkilendir.

Tozlaşma tipi	Karakteristikler	sayı - harf
1. rüzgârla	a) gösterişsiz renkil, hoş kokusuz ve nektarsız çiçekler	
2. hayvanlarla	b) su yüzeyinde veya su altında gerçekleşen tozlaşma	
3. suyla	c) çekici özelliklere sahip bitkilerde çapraz tozlaşma	
4. insan yardımıyla yapay tozlaşma	d) çok miktarda hafif, kuru ve ince polen	

14. Şekillerdeki bölümleri adlandır ve işaretleyin:



15. Cümlelerdeki boş yerleri doldur:

Tohum _____, _____ ve _____ 'dan oluşur.

Monokotil ve dikotil bitkilerde embriyo yapısındaki fark _____ sayısında ve _____ miktarında görülür.

Monokotil bitkilerin tohumları küçük _____, a sahiptir ve bu nedenle iyi gelişmiş _____, bulunur; _____ dikotiller ise büyük _____, a sahiptir, bu yüzden onların _____, larında besin maddeleri depolanır.

16. Tohumların ve meyvelerin yayılma yollarını belirt ve onların yapısal özelliklerini, ana bitkiden uzaklaşma sürecini nasıl sağladıklarıyla ilişkilendir.

17. Bitkilerde eşeyli ve vejetatif üremeyi, avantajlarını, dezavantajlarını ve türlerin devamı açısından önemini açıkla.

18. Bitki organında epidermis iyi gelişmiş kutikula, yoğun trikoma örtüsüne sahip olduğunda veya diken dönüşmüş olduğunda bu organ:

- hidrofit bitki gövdesi
- mezofit bitki yaprağı
- kserofit bitki yaprağı
- higrofit bitki gövdesi
- hidrofit bitki yaprağı

19. Aşağıdaki bitki gruplarının çevre koşullarına hangi adaptasyonlarla uyum sağladığını açıkla:

- hidrofitler
- higrofitler
- mezofitler

KONU 4

BİYOTEKNOLOJİ VE GENETİK MÜHENDİSLİĞİ

- Uygulamalı biyoloji ve genetik mühendisliği
- Sanayi ve enerji alanında biyoteknoloji
- Bitkisel biyoteknoloji
- Mikrobiyolojik biyoteknoloji
- Adli biyoloji ve biyoinformatik
- Tıpta biyoteknoloji

Bu konuda şunları öğreneceksin:

- Uygulamalı biyoloji, biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin bilimin, sanayinin ve günlük yaşamın gelişimindeki rolünü açıklamayı;
- Bitkilerde, mikroorganizmalarda ve sanayide biyoteknolojik süreçleri tanımlamayı ve karşılaştırmayı ve bunları sürdürülebilir gelişim kavramıyla ilişkilendirmeyi;
- Biyoteknolojinin tıptaki uygulamasını açıklamayı ve sağlık ile toplum açısından yararları ve riskleri tanımayı;
- DNA'nın nasıl analiz edildiğini ve uygulandığını anlamak için adli biyoloji ve biyoinformatik bilgilerini uygulamayı ve biyoteknolojik teknolojilerin ve bilimsel verilerin etik ve sorumlu kullanımı hakkında görüş belirtmeyi.

Aynı zamanda şu konular hakkında farkındalık geliştireceksin:

- Biyoteknoloji, genetik mühendisliği ve yapay zekânın bilimde, sağlık alanında ve günlük yaşamda uygulanmasının etik ve toplumsal sonuçları;
- Genetik verilerin, biyolojik kaynakların ve çevrenin kullanılması ve korunması sırasında bilimin ve bilim insanlarının sorumluluğu;
- İnsan, teknoloji ve doğa arasındaki karşılıklı bağlantı ile birlikte sağlık, kaliteli yaşam ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunan sürdürülebilir çözümlere duyulan ihtiyaç.

4.1 Uygulamalı Biyoloji ve Genetik Mühendisliği

Hatırla!

- Gen nedir?
- Sence insan, bitkilerin veya hayvanların DNA molekülünü değiştirebilir mi?

Biyoloji yalnızca teorik bir bilim değildir – aynı zamanda büyük bir uygulamalı değere sahiptir. İnsan, biyolojik bilgiler ve teknikler yardımıyla günlük yaşamdan kaynaklanan sorunları çözer: hastalıkları tedavi eder, gıda üretir, yeni materyaller oluşturur ve doğayı korur. Biyolojinin bu pratik uygulamasını uygulamalı biyoloji olarak adlandırırız. Bu, teori ile günlük yaşam arasında bir köprü oluşturur.

Aslında **uygulamalı biyoloji**, insanın hizmetindeki biyoloji olarak tanımlanabilir. Biyoloji her zaman pratik bir uygulamaya sahip olmuştur – ekmek ve şarap yapımında fermentasyonu kullanan antik uygarlıklardan, mikroorganizmaların keşfine ve bunların hastalıklar ile fermentasyondaki rollerinin anlaşılmasına (Louis Pasteur dönemi), antibiyotiklerin, aşıların geliştirilmesine ve ayrıca tıp, tarım, sanayi ve çevrenin korunması alanlarına yayılmasına kadar.

Böylece bugün uygulamalı biyoloji farklı alanlarda kullanılmaktadır:

- **Tıp:** aşıların, antibiyotiklerin, hormonların (insülin, büyüme hormonu), tanı testlerinin üretilmesi.
- **Tarım:** dayanıklı bitki çeşitlerinin oluşturulması, zararlıların biyolojik kontrolü, verimin artırılması.
- **Sanayi:** deterjanlarda enzimlerin kullanılması, alkollü içeceklerin üretimi için fermentasyon, biyoplastik.
- **Çevrenin korunması:** kirlenmiş toprak ve suyun temizlenmesi için mikroorganizmaların kullanılması, atıkların yeniden değerlendirilmesi vb. Örneğin: bazı bakteriler petrolü parçalayabilir ve denizlerdeki petrol lekelerinin temizlenmesinde kullanılır.



Denizlerdeki petrol lekelerini temizlemek için mikroorganizmaların kullanılması

Biyoteknoloji, canlı organizmaları, hücreleri veya onların ürünlerini kullanarak yararlı materyaller ve hizmetler oluşturan bir bilim dalıdır. Bu; enzim, hormon, protein veya enerji olabilir. Biyoteknolojik süreçlere örnek olarak gıda üretimi (ekmek, bira ve şarap üretiminde *Saccharomyces cerevisiae* mayası ile fermentasyon), ilaç üretimi (bakterilerle üretilen rekombinant insülin, genetik mühendisliği ile elde edilen aşılar), enerji kaynaklarının üretimi (organik atıklardan biyogaz, alglerden biyodizel) vb. verilebilir.

Biyoteknoloji, gıda, ilaç, enerji ve materyal üretmek için doğal süreçleri kullanan bir tür "pratik uygulamalı biyoloji"dir. Geleneksel (fermentasyon, bitki seçilimi) veya modern (genetik mühendisliği, sentetik biyoloji) olabilir.

BIYOMÜHENDİSLİK

Biyomühendislik, biyoloji, kimya, fizik ve mühendislik alanlarındaki bilgileri birleştiren bir alandır. Örneğin tıpta biyo mühendisleri biyoprotezler, yapay organlar ve ilaç uygulama çözümleri geliştirirken; tarımda kuraklığa veya zararlılara dayanıklı bitkiler oluşturulmakta, sanayide ise mikroorganizmalar enzim, hormon ve biyoyakıt üretimi için küçük biyolojik fabrikalar olarak kullanılmaktadır.

Biyomühendisliği, XX. yüzyılın ikinci yarısında bir disiplin olarak ortaya çıkmıştır. O dönemde yapay kalp kapakçıkları gibi ilk biyomedikal cihazlar geliştirilmiştir.



Biyodizel, biyoteknolojinin uygulanmasıyla elde edilir



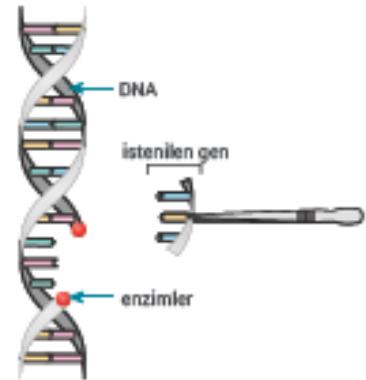
Biyomühendisliği yoluyla elde edilen kalp kapakçığı modeli

GENETİK MÜHENDİSLİĞİ VE GENETİK MODİFİYE ORGANİZMALAR (GMO)

Genetik mühendisliği, genetik bilginin (DNA) bir organizmadan diğere değiştirilmesini veya aktarılmasını sağlayan bir tekniktir. Amaç; ilaç üreten bakteriler, kuraklığa veya zararlılara dayanıklı bitkiler, geliştirilmiş özelliklere sahip organizmalar vb. oluşturmaktır.

Bu işlem; istenilen genin izole edilmesini, plazmide yerleştirilmesini ve bir mikroorganizma ya da hücreye aktarılmasını içerir. Genetik mühendisliği, bilim insanlarının ilk kez farklı organizmalardan alınan DNA'yı birleştirmeyi öğrendiği 1970'li yıllarda gelişmeye başlamıştır. Bu süreç rekombinant DNA teknolojisi olarak adlandırılır. 1973 yılında Herbert Boyer ve Stanley Cohen ilk kez laboratuvarında rekombinant bakteriler oluşturmuşlardır. Daha sonra ilk rekombinant ilaç ortaya çıkmıştır – bakterilerle üretilen insülin; bu durum tıpta büyük bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

Genetik mühendisliği ile bitkilerin, hayvanların veya mikroorganizmaların DNA'sı değiştirildiğinde **genetiği değiştirilmiş (modifiye) organizmalar (GMO)** elde edilir. Bu şekilde GMO bitkileri (bakteriden alınan bir geni içeren ve böylece böceklerle dayanıklı hâle gelen mısır, herbisitlere dayanıklı soya, ek vitaminler içeren pirinç), GMO hayvanları (daha hızlı büyüyen balıklar, sütlerinde tedavi edici proteinler üreten keçiler) veya GMO mikroorganizmaları (aroma ve enzim üretimi için maya) elde edilmektedir.



Genetik mühendisliği – genlerin yerleştirilmesi veya çıkarılması için kullanılabilen süreç



Düşük sıcaklıklara karşı dayanıklılıklarını test etmek amacıyla buz üzerinde yetiştirilen GMO bitkilerine ait filizlenmiş tohumlar



Genetik olarak modifiye edilmiş domates

Etkinlik

"Daha İyi Bir Dünya İçin Biyoloji" Posteri

Tıp, tarım, sanayi ve ekoloji alanlarında uygulamalı biyoloji örnekleriyle bir poster veya infografik hazırla. Posterini herkesin önünde sun.

Tekrar Soruları

1. Uygulamalı biyoloji nedir?
2. Uygulamalı biyolojinin kullanıldığı üç alanı belirt.
3. Genetik mühendisliği nedir? Bunun bir pratik örneğini belirt.
4. Biyo mühendisliği nedir? Bir örnek belirt.
5. GMO nedir? Birkaç örnek belirt.

İlginç Biyoloji!

- GMO mısır ve soya bugün dünyada en yaygın kullanılan ürünlerdir – bunlar böceklerle ve kuraklığa dayanıklıdır ve böylece milyarlarca insan için istikrarlı gıda sağlamaktadır.
- Genetik olarak modifiye edilmiş soğan, 2008 yılında Yeni Zelandalı bir araştırma ekibi tarafından geliştirilmiştir ve insanlarda göz yaşarmasına neden olan enzimleri çıkarılmıştır. Bu genetik olarak modifiye edilmiş soğan, normal soğana göre daha fazla sağlık yararına da sahiptir.

4.2 Sentetik Biyoloji ve CRISPR Teknolojisi

Hatırla!

- Genetik mühendisliği nedir?
- Bir DNA molekülü nasıl yapılandırılmıştır?

Sentetik biyoloji, genetik mühendisliğinden bir adım daha ileri giden modern bir alandır – yalnızca mevcut genleri değiştirmekle kalmaz, aynı zamanda yeni biyolojik sistemler de tasarlar. Amaç, kirleticilerin tespit edilmesi için biyosensörlerin üretimi gibi tamamen yeni işlevlere sahip hücreler oluşturmaktır.

Sentetik biyolojinin kökenleri, bilim insanlarının ilk kez farklı organizmalardan gelen genleri birleştirmeyi başardıkları rekombinant DNA teknolojisine dayanmaktadır. 1980'li yıllarda bakteriler yardımıyla ilk rekombinant insülin üretilmiştir. 2000'li yıllarda ise "BioBricks" fikri ortaya çıkmıştır – bunlar, yeni biyolojik sistemler oluşturmak için lego parçaları gibi birleştirilebilen genetik parçalardır. 2010 yılında ilk sentetik genom, yani bir hücreye yerleştirilen ve çalışmaya ve bölünmeye başlayan yapay DNA oluşturulmuştur. Bu durum, "yapay yaşamın" ilk örneği olarak kabul edilmektedir.

Sentetik biyolojiye örnekler şunlardır:

- Sentetik bağışıklık hücreleri – tümörleri tanıyabilir ve yok edebilir.
- Biyosensörler – suda kirletici tespit ettiklerinde ışık veren veya renk değiştiren hücrelerdir. Örneğin, arsenik bulunduğu ışık veren bakteriler; böylece kirli su için ucuz bir test olarak kullanılabilir.
- "Golden Rice" (Altın piring) – β -karoten (provitamin A) üretmesi için genetik olarak geliştirilmiş piringdir. Bu vitamin, A vitamini eksikliği bulunan ülkelerde çocuklarda körlüğün önlenmesine yardımcı olur.



"Golden Rice" piring tarlalarında

CRISPR-Cas9 teknolojisi (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* – Düzenli aralıklarla gruplanmış kısa palindromik tekrar dizileri), DNA'nın belirli bölümlerinin çıkarılması, eklenmesi veya değiştirilmesi yoluyla genomun değiştirilmesinde kullanılan devrim niteliğinde bir genom düzenleme aracıdır. Bu teknoloji, bakterilerde doğal bir savunma mekanizması olarak keşfedilmiş olup günümüzde tıp, tarım ve biyoteknolojide kullanılmaktadır.

Bakterilerin kendi "bağışıklık sistemi", yani kendilerine saldıran virüslere karşı doğal bir savunma yöntemi vardır. Onlar, hangi virüslerin saldırdığını hatırlamak için DNA'larının CRISPR dizileri adı verilen özel bölümlerini kullanırlar. Aynı virüs yeniden ortaya çıktığında bakteri, Cas9 adı verilen bir enzimi kullanarak virüs genini keser ve onu yok eder. 2012 yılında iki bilim insanı (Emmanuelle Charpentier ve Jennifer Doudna), bu sistemin herhangi bir organizmadaki genlerin hassas bir şekilde düzenlenmesi için araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu keşif için 2020 yılında Kimya Nobel Ödülü'nü almışlardır.

CRISPR teknolojisi birçok alanda kullanılmaktadır. Tıpta, orak hücreli anemi gibi kalıtsal hastalıkların tedavisi için test edilmektedir (CRISPR ile hemoglobindeki bozukluğa neden olan gen düzeltilmektedir), ayrıca kansere karşı tedaviler için de araştırmalar yapılmaktadır. Tarımda kuraklığa, böceklerle ve

hastalıklara dayanıklı ürünler oluşturulmaktadır. Ekoloji alanında bilim insanları, sıtma taşımayan sivrisinekler üzerinde çalışmaktadır. Biyoteknolojide ise plastiği parçalayabilen veya biyoyakıt üretebilen mikroorganizmalar geliştirilmektedir.

Günümüzde biyomühendisliği, genetik mühendisliği, sentetik biyoloji ve CRISPR teknolojisi; insanların yaşamını iyileştirme ve küresel sorunları çözme konusunda büyük potansiyele sahip olan modern biyoteknolojinin bir parçasıdır.

Bununla birlikte, büyük güç büyük sorumluluğu da beraberinde getirir. Bu teknolojilerin uygulanması sırasında günümüzde, ekosistemler üzerindeki olası öngörülemez etkiler ve kontrolsüz koşullarda kötüye kullanım ile ilgili birçok etik ikilem de ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojilerin uygulandığı tüm alanlarda etik ikilemler bulunmaktadır. Örneğin: kalıtsal hastalıkların tedavisi için insan genlerinin düzenlenmesi doğru mudur? Ya teknoloji belirli özelliklere sahip "tasarlanmış" bebekler oluşturmak için kullanılırsa? GMO bitkileri kuraklığa ve zararlılara dayanıklı olabilir, ancak bunların yayılması geleneksel tarımı etkileyebilir mi? Bu teknolojilerin kullanımı hakkında karar verme hakkı kimdedir; bilim insanlarında mı, hükümetlerde mi yoksa vatandaşlarda mı?

Tüm bu teknolojiler sorumlu bir şekilde kullanılmalıdır. Bu, bilimsel ilerlemenin yanında etik tartışmaların ve dikkatli değerlendirmelerin de olması gerektiği anlamına gelir. Yararlar ve riskler hakkında düzenlemeler ve tartışmalar gereklidir. Sorumlu yaklaşım; bilimsel imkânlar, etik değerler ve insanlar ile doğa için uzun vadeli yararlar arasında bir denge kurmak anlamına gelir.

Etkinlik

"Taraftar ve Karşıt Görüşler: Gmo" Tartışması

İki gruba ayrılın: biri GMO'nun yararlarını (daha yüksek verim, kuraklığa dayanıklılık, pestisit kullanımının azaltılması) savunan, diğeri ise riskleri (etik sorunlar, şirketlere bağımlılık) vurgulayan grup olsun.

Her ekip, tartışmada sunacağınız argümanları hazırlasın.

Tekrar Soruları

1. Genetik mühendisliği ile sentetik biyoloji arasındaki farkı açıkla.
2. CRISPR teknolojisi nedir? Bunun yararları ve riskleri nelerdir?
3. CRISPR teknolojisi ile ne elde edilir?
4. Biyoteknolojinin sürdürülebilir gelişim açısından yararları nelerdir?

İlginç Biyoloji!

- Sentetik biyoloji, tamamen yeni organizmaların oluşturulmasını sağlar – örneğin karanlıkta ışık veren bakteriler veya plastiği parçalayabilen mikroorganizmalar.
- İnsan genomu, proteinleri kodlayan yaklaşık 20 000 gen içerir. Tüm genler dikkate alındığında (kodlamayan genler de dâhil), bu sayı yaklaşık 79 000'e ulaşır. CRISPR ile tek bir gen düzenlenebilir ve bütün bir özellik değiştirilebilir (örneğin: bir hastalığa karşı direnç).

4.3 Enerji Sanayisinde Biyoteknoloji

Hatırla!

- Evlerde ve ulaşımda en sık hangi enerji türlerini kullanıyoruz?
- Fosil yakıtlar nedir?

Sanayi, evler ve ulaşım için kullandığımız enerji çoğunlukla fosil yakıtlardan – kömür, gaz ve petrolden – elde edilmektedir. Ancak bunların kullanılması, atmosferde sera gazlarının artmasının başlıca nedenidir ve bu durum iklim değişikliklerine yol açmaktadır.

Bu nedenle bilim, başka çözümler aramakta ve doğa üzerinde daha az etkisi olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Bunun için günümüzde biyoteknoloji kullanılmaktadır. Biyoteknoloji sayesinde biyolojik materyallerden daha az sera gazı salan biyoyakıtlar elde edilebilmektedir. Bunun örnekleri biyogaz, biyoetanol ve biyodizel gibi biyoyakıtlardır. Bunların elde edilmesinde atıklar ve bitkisel kalıntılar kullanılmaktadır.

Tablo: Biyoyakıtlar ve fosil yakıtların karşılaştırılması

Özellik	Biyoyakıtlar	Fosil yakıtlar
Köken	Bitkisel kalıntılar	Petrol, kömür, doğal gaz
Yenilenebilirlik	Yenilenebilir (yeniden oluşurlar)	Yenilenemez (tükenirler)
Oluşma süresi	Yıllardan on yıllara kadar	Milyonlarca yıl
Ekolojik etki	Daha az sera gazı salınımı, biyolojik olarak parçalanabilirlik	Büyük gaz salınımı, kirlilik
Enerji bağımsızlığı	Yerel olarak üretilebilir	İthalata ve küresel piyasalara bağımlılık

Biyoyakıtlar, organik atıklardan elde edilen enerji materyalleridir. Bunlar sıvı (biyoetanol, biyodizel), gaz hâlinde (biyogaz) veya katı (odun peletleri) olabilir. Bitkilerin büyümesi, fermentasyon ve biyolojik parçalanma gibi doğal döngüler yoluyla oluştukları için yenilenebilir enerji kaynağını temsil ederler. Milyonlarca yılda oluşan ve yenilenemeyen fosil yakıtların (petrol, kömür, doğal gaz) aksine biyoyakıtlar erişilebilir ve yenilenebilirdir.

Biyogaz oksijensiz ortamda (anaerobik fermentasyon) organik maddelerin parçalanması sırasında oluşan metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) karışımıdır.



Modern biyogaz fabrikası

Biyogaz elde etmek için organik atıklar kullanılmaktadır: hayvan dışkı, bitkisel kalıntılar ve/veya gıda atıkları. Bu şekilde elde edilen biyogaz; evlerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla, biyogaz tesislerinde elektrik enerjisi üretimi için ve ayrıca araç yakıtı olarak (sıkıştırılmış biyogaz) kullanılmaktadır. Bunun üretimi ve kullanımıyla atık ve kirlilik azaltılmakta, aynı zamanda yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlanmaktadır.

Biyometanol, bitkisel hammaddelerde bulunan şekerlerin fermentasyonu (alkollü fermentasyon) ile elde edilen bir alkoldür (C_2H_5OH). Hammadde olarak mısır, şeker kamışı, buğday veya selüloz materyaller kullanılabilirken; çalışma mikroorganizması olarak şekerleri etanole dönüştüren maya (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanılmaktadır.

Biyometanol elde edilmesi için bitkisel hammaddelerin, nişastalı veya selülozlu materyallerin (mısır, şeker kamışı, odunsu biyokütle) basit şekerlere dönüştürüldüğü bir ön işlemden geçmesi gerekir (nişasta amilaz enzimleriyle glikoza parçalanır veya selüloz selülozlarla glikoza parçalanır). Daha sonra *Saccharomyces cerevisiae* mayasının şekerleri etanol ve CO_2 'ye dönüştürdüğü fermentasyon süreci gerçekleşir. Sürecin sonunda ise biyometanolün saflaştırıldığı ve yoğunlaştırıldığı damıtma işlemi uygulanır.

Bu şekilde elde edilen biyometanol; benzine katkı maddesi olarak (E10, E85 karışımları), çözücü ve kimyasal madde üretiminde sanayide, ayrıca ilaç ve kozmetik alanlarında kullanılmaktadır. Bunun kullanımıyla zararlı gaz salınımı azalmakta, aynı zamanda petrol ithalatı da düşmektedir. Örneğin Brezilya'da şeker kamışından elde edilen biyometanol, otomobiller için yakıt olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (E85 karışımları).

Biyodizel, bitkisel yağlardan, hayvansal yağlardan veya gıda sanayisindeki atık yağlardan elde edilen bir yakıttır. Biyodizel, motorlarda dizel yakıtının yerine veya katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunun kullanımıyla sülfür bileşiklerinin ve parçacıkların salınımı azalmaktadır. Avusturya'da kolza yağından elde edilen biyodizel, toplu taşımada ve tarım makinelerinde kullanılmaktadır.



Etkinlik

1. Grup İçinde Tartışma

Öğretmen sizi gruplara ayıracak ve size bir konu verecektir: biyogaz, biyoetanol, biyodizel. Grup içinde bunun nasıl elde edildiğini, nerede kullanıldığını ve avantajlarının/dezavantajlarının neler olduğunu tartışın. Sonuçları diğer öğrencilerin önünde sunun.

2. Tartışma

"Gıda yerine biyoyakıt üretimi için tarım arazilerinin kullanılması doğru mudur?" konusu üzerine tartışın. Etik ve ekonomik yönleri dikkate alın.

3. Yaratıcı Görev

Biyoyakıtların çevrenin korunması açısından önemini anlatan kısa bir sunum tasarla ve hazırla. Fikrini aktarmak için resimler, semboller ve kısa mesajlar kullan.

Tekrar Soruları

1. Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları arasındaki temel farklar nelerdir?
2. Biyoyakıtlar nedir ve nelerden elde edilebilir?
3. Biyoyakıtlar neden çevre açısından fosil yakıtlara göre daha iyi bir alternatif olarak kabul edilmektedir?

İlginç Biyoloji!

- Fosil yakıtların yakılmasıyla açığa çıkan başlıca sera gazlarından biri karbondioksittir ve bu gaz küresel ısınmanın yaklaşık %65'ine katkıda bulunmaktadır.
- Biyogaz, atık gıdalardan bile üretilir – bir ton atık, bir ev için bütün bir gün yetecek kadar enerji üretebilir.
- Biyodizel, atık yemek yağlarından da elde edilebilir – böylece kirlilik azaltılır ve yararlı bir yakıt elde edilir.
- Biyoyakıt üretimi döngüsel ekonominin bir parçasıdır – atık hammaddeye dönüşür ve enerji yeniden sisteme kazandırılır.

4.4 Sanayide Biyoteknoloji

Hatırla!

- Bakterilerde hangi yedek maddeler bulunabilir?
- Sence bir plastik şişenin doğada parçalanması için kaç yıl geçmesi gerekir?
- Günlük yaşamda plastiğe en çok nerede rastlıyorsun ve onu attığında ne oluyor?

Gıdamızı sağlayan tarım, çoğu zaman doğaya karışarak suyu, toprağı ve havayı kirleten çok miktarda kalıntı ve atık üretmektedir. Bu atıkların çöplüklere atılıp küresel ısınmaya katkıda bulunması yerine, biyoteknoloji bir çözüm sunmaktadır: kalıntıların biyopolimerlere dönüştürülmesi. Böylece yalnızca atıklar kullanılmakla kalmaz, aynı zamanda sanayide, tıpta ve günlük yaşamda uygulanabilecek yeni materyaller de oluşturulur.

Biyopolimerler, mikroorganizmaların oluşturduğu materyaller olarak tanımlanmaktadır. Mikroorganizmalar, atıklardaki karbonu ve azotu farklı türlerde biyopolimerlere dönüştürebilen "mini fabrikalar" gibi çalışırlar. Günümüzde bunların çoğu, örneğin plastiklerde, boyalarda ve diğer materyallerde, yaşamımızda kullanılmaktadır. Mikrobiyal biyopolimerler, sentetik olanlara göre daha iyidir çünkü doğada kolayca parçalanırlar, daha ucuzdurlar ve insan ile çevre için toksik değildirler.

Kökenlerine göre bunlar üç gruba ayrılır: bakterilerden elde edilen biyopolimerler, mantarlardan elde edilen biyopolimerler ve alglerden elde edilen biyopolimerler.

Günlük yaşamda en bilinen ve en çok kullanılan biyopolimerler bakteriyel selüloz ve ksantan sakızıdır.

BAKTERİYEL SELÜLOZ

Tarımsal kalıntılar, gıda atıkları ve sanayi atıkları; bakterilere bakteriyel selüloz üretmeleri için gerekli besin maddelerini sağlayabilir. Bakteriyel selüloz elde edilmesinde kullanılan hammaddelere örnek olarak melas (şeker sanayisinin yan ürünü), şekerleme ürünleri sanayisinden gelen atık çözeltiler, yulaf kabukları, mısır sapları, meyve suları, pamuk bazlı tekstil atıkları, fermentasyon sanayilerinden gelen atık sular vb. verilebilir.

Bakterilerin oluşturduğu selüloz, bitkilerden elde edilen selüloza göre avantajlara sahiptir. Bu selüloz çok daha saftır (lignin ve diğer karışımları içermez), daha iyi mekanik ve termal özelliklere sahiptir, daha uzun süre dayanır ve daha fazla su tutabilir.

Bu özellikleri nedeniyle günümüzde tıpta (yara pansumanları, implantlar, ilaç taşıyıcıları için), gıda sanayisinde (kıvam artırmacı ve dengeleyici olarak) ve tekstil sanayisinde (sentetik liflerin yerine) kullanılmaktadır.



Bakteriler yardımıyla üretilen bakteriyel selüloz

KSANTAN SAKIZI

Belirli bakteriler ksantan sakızı üretmektedir. Bu madde soğuk suda kolayca çözünür ve onu birçok alanda kullanışlı hâle getiren özel özelliklere sahiptir. Bunun üretiminde en sık glikoz ve sakkaroz gibi şekerler kullanılmaktadır.

Ksantan sakızı; gıda sanayisinde (soslarda kıvam artırıcı olarak, salata soslarında, sıvı ve katı maddelerin ayrılmasını önleyen dengeleyici olarak), kozmetik ve ilaç alanında (daha iyi doku ve dayanıklılık için diş macunlarında, kremlerde ve jellerde) ve yeni teknolojilerde (meyve ve sebzelerin dayanma süresini uzatan yenilebilir filmler ve kaplamalar için) kullanılmaktadır.



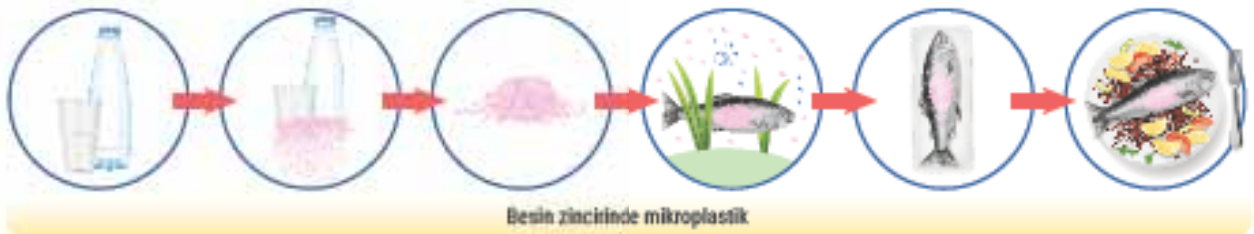
Doğal bir kıvam artırıcı olan ksantan sakızı çözeltisi, besin katkı maddesi (E415)

BIYOPLASTİK

Plastik, XX. yüzyılın en önemli yeniliklerinden biridir, ancak onun yaygın kullanımı büyük çevre kirliliğine yol açmıştır. Plastik, parçalanmayan ve doğada yüzyıllarca kalabilen sentetik bir polimerdir. Şişeler, poşetler ve ambalajlar gibi günlük ürünler, kullanımdan sonra çevresel dengeyi bozan atıklara dönüşmektedir.



Zamanla plastik, mikroplastığa – suya, toprağa ve hatta besin zincirine kolayca giren küçük parçacıklara – ayrışır. Bunlar canlı organizmalarda birikir ve doğa ile insan sağlığı için tehdit oluşturur. Bu nedenle başka bir çözüm bulunması gerekmektedir.



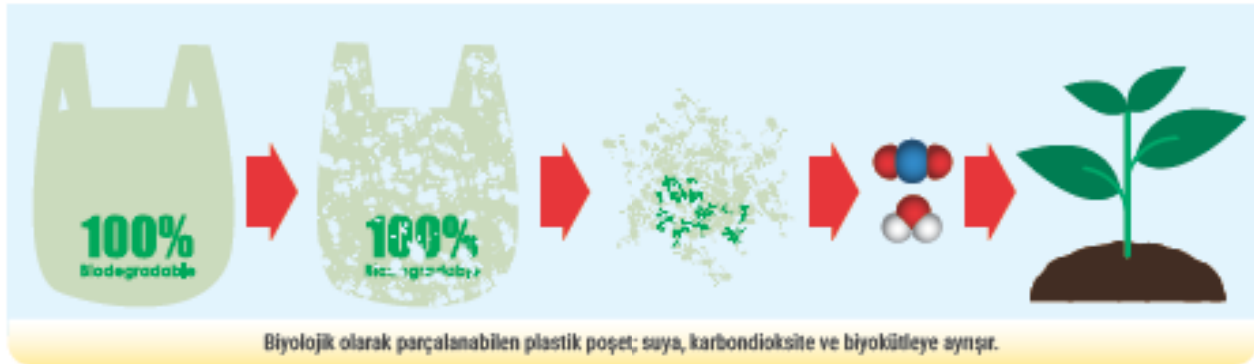
Biyoplastik, biyolojik hammaddelerden elde edilir ve zararlı kalıntılar oluşturmada doğal olarak parçalanabilir. Bu madde, doğal polimerler sentezleyen mikroorganizmalar yardımıyla üretilmektedir. Bu materyaller biyolojik olarak parçalanabilir, canlı organizmalar için güvenlidir ve endüstriyel üretime uygundur.

Günümüzde kullanılan başlıca biyoplastik türleri şunlardır: polihidroksialkanoatlar (PHA) – tıbbi implantlar ve ambalajlama için kullanılır, polilaktik asit (PLA) – gıda ambalajlarında, biyomedikal materyallerde ve tekstilde kullanılır, nişasta bazlı biyoplastikler – poşetler, araç gereçler ve ambalajlar gibi tek kullanımlık ürünlerde kullanılır, selüloz bazlı biyoplastikler – ambalajlama ve tekstilde kullanılır vb.

Tablo: Farklı biyoplastik türleri, elde edildikleri hammaddeler, kullanım alanları ve parçalanma süresi

Biyoplastik türü	Hammaddeler	Kullanım alanı	Parçalanma süresi
PHA (polihidroksialkanoatlar)	Şekerler, bitkisel yağlar, gliserin (biyodizel sanayisinden atık)	Biyolojik olarak parçalanabilen plastik, tıbbi implantlar, ambalajlama	1 –3 yıl (doğal koşullarda)
PLA (polilaktik asit)	Mısır şekeri, şeker kamışı, atık biyokütle	Ambalajlama, biyomedikal materyaller, tekstil	6 ay – 2 yıl (endüstriyel kompostta)
Nişasta bazlı biyoplastikler	Mısır, buğday nişastası, gıda sanayisinden atık hammaddeler	Tek kullanımlık ürünler (poşetler, araç gereçler), ambalajlama	Birkaç ay – 1 yıl
Selüloz bazlı biyoplastikler	Ahşaptan selüloz, pamuk, atık bitkisel lifler	Selofan, filmler, tekstil, ambalajlama	1 –5 yıl (koşullara bağlı olarak)

Tüm bu materyallerin ortak bir amacı vardır – klasik plastiğin yerine çevre açısından daha uygun ve biyolojik olarak parçalanabilen çözümler kullanmak.



Etkinlik

1. Nişastadan Biyoplastik Elde Edilmesi

- Bir kaba 1 kaşık nişasta koy, 4 kaşık su ve 1 kaşık gliserin ekle.
- 1 kaşık sirke ekle ve karışımı topaksız, homojen bir sıvı elde edinceye kadar iyice karıştır.
- Karışımı elektrikli ocağın üzerine koy.

- Orta sıcaklıkta (yaklaşık 70–80 °C) ısıt. Sıvı daha yoğun ve saydam hâle gelinceye kadar yavaş yavaş karıştır.
- Yoğun karışımı düz bir yüzeye dök ve ince bir tabaka hâlinde eşit şekilde yay.
- Karışımı oda sıcaklığında 24–48 saat kurumaya bırak.

Bu işlemle nişastadan ince ve esnek bir biyoplastik film başanlı şekilde elde edilmektedir. Deney, nişasta gibi doğal hammaddelerin su ve gliserin ile birlikte biyolojik olarak parçalanabilen ve çevre açısından daha uygun olan plastik benzeri bir materyale dönüştürülebileceğini göstermektedir. Bu basit deney, tek kullanımlık ürünlerde kullanılabilecek ve kirliliğin azaltılmasına katkı sağlayabilecek klasik plastiğe alternatiflerin elde edilme olasılığını doğrulamaktadır.

2. Tartışma

Elde edilen biyoplastik örneğini klasik plastik örneği ile karşılaştır. İki örnek arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları belirt.

3. Deney

- Her iki örneğin de (biyoplastik ve klasik plastik) kütlesini ölç ve kaydet.
- Büyük bir kabı toprakla doldur.
- Her iki örneği toprağa göm ve kabı oda sıcaklığında bırak.
- İki ay sonra örnekleri çıkar, üzerlerindeki toprağı temizle ve tekrar ölç.

Biyolojik olarak parçalanabilen biyoplastik parçalanmış olacağından, onun kütlesi daha küçük olacaktır; buna karşılık klasik plastiğin kütlesi değişmeden kalacaktır.

Tekrar Soruları

1. Biyoplastiğin klasik plastiğe göre hangi avantajları vardır?
2. Biyoteknoloji, iklim değişikliklerinin azaltılmasına nasıl yardımcı olabilir?
3. En bilinen selüloz bazlı biyoplastikler hangileridir ve hangi alanlarda kullanılmaktadır?
4. Biyoplastik neden küresel sürdürülebilirliğin ve döngüsel ekonominin bir parçası olarak kabul edilmektedir?
5. Mikroplastik nedir ve neden ekosistemler ile insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır?

İlginç Biyoloji!

- Ksantan sakızı biyolojik olarak parçalanabilir ve güvenli bir katkı maddesi (E415) olarak kabul edilmektedir. Aşırı sıcaklıklarda ve pH değerlerinde bile viskozitesini koruma özelliğine sahiptir, bu da onu farklı sanayi alanlarında çok kullanışlı hâle getirmektedir. Nişasta bazlı bazı biyoplastikler; şekerleme veya tablet ambalajları için yenilebilir filmlerin üretiminde kullanılmaktadır – ürünle birlikte yenebilen bir ambalaj düşün!
- Selofan aslında ilk biyoplastiklerden biridir – daha 1908 yılında keşfedilmiştir.
- Biyodizel sanayisinden kalan atıklar (gliserin), PHA üretimi için hammaddeye dönüştürülebilir. Bu durum döngüsel ekonomiye örnektir – atık, hammadde dönüşür.
- Mikroplastik kalıntıları insan kanında ve plasentada bile tespit edilmiştir; buna karşılık biyoplastik, toksik parçacıklar oluşturmada su ve karbondioksit gibi doğal bileşiklere parçalanmaktadır.

4.5 Bitkisel Biyoteknoloji – Bitki Dokusu Kültürü

Hatırla!

- Bitkinin temel kısımları nelerdir?
- Doku ne anlama gelir?
- Bir nesnenin steril olması ne anlama gelir?

Bitkisel (tarımsal) biyoteknoloji, itkilerin daha iyi büyümesine ve gelecek nesiller için korunmasına yardımcı olan modern bir bilim dalıdır. Bu alan, biyoloji bilgisini ve çeşitli laboratuvar tekniklerini temel alır. Bu tekniklerin uygulanmasıyla bilim insanları sağlıklı fideler oluşturabilir, nadir bitki türlerini koruyabilir ve daha iyi özelliklere sahip yeni çeşitler geliştirebilirler (örneğin daha yüksek verim veren veya hastalıklara dayanıklı çeşitler).

Bitkisel biyoteknolojinin önemi büyüktür ve birçok alanda görülmektedir. Tarımda, insan için yararlı olan ürünlerin hızlı ve çok sayıda çoğaltılmasını sağlar. Ekolojide biyoteknoloji; bitki dokularının yetiştirilmesi veya uzun süreli dondurulması gibi tekniklerle nadir ve tehlike altındaki bitkilerin korunmasına katkıda bulunur. İlaç ve sanayi alanında ise bitki hücreleri, kontrollü koşullarda ilaç, aroma ve diğer yararlı maddelerin üretiminde kullanılmaktadır.

BİTKİ DOKUSU KÜLTÜRÜ

Bitki dokusu kültürü, bitki hücrelerinin veya bitkilerin küçük parçalarının steril laboratuvar koşullarında yetiştirildiği bir yöntemdir. Bu, bitkinin doğal ortam dışında, bakterilerden veya diğer kirlenmelerden kaynaklanan bir tehlikenin bulunmadığı kontrollü koşullarda gelişmesi anlamına gelir.

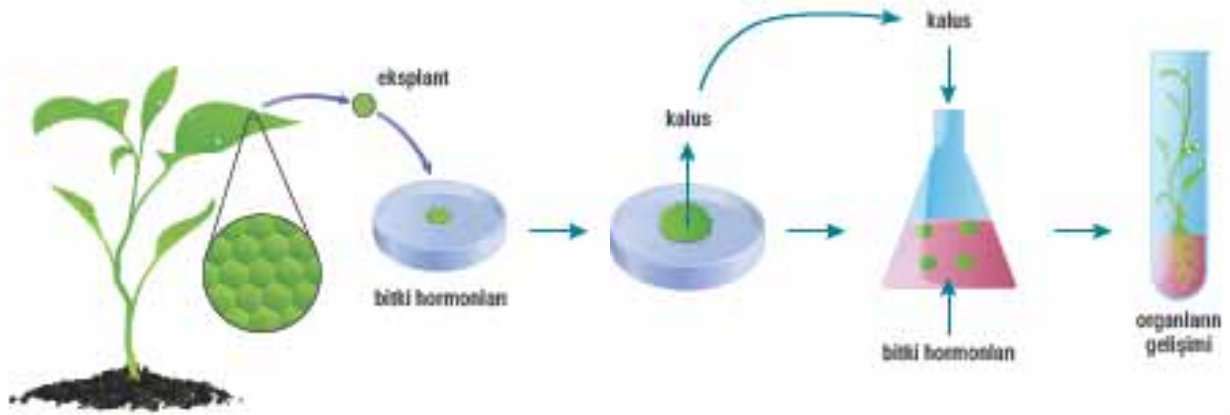
Doku kültürünün temeli, bitki hücrelerinin özel bir özelliğine – totipotensliğe – dayanır. Bu özellik, tek bir hücrenin bütün bir bitkiye dönüşebilmesi anlamına gelir. Besin maddeleri ve bitki hormonlarının doğru kombinasyonu ile hücreler önce farklılaşmamış hücrelerden oluşan bir kütle (kalus) oluşturabilir, daha sonra organlara dönüşebilir ve sonunda bütün bir bitki elde edilebilir.

In vitro kültür, olarak adlandırılan bu teknik, XX. yüzyılın ortalarında gelişmiştir ve bugün bitkisel biyoteknoloji ile tarımın temel araçlarından biridir. Bu teknik, eksplant adı verilen bitkinin küçük bir parçasından sağlıklı ve genetik olarak özdeş bitkiler elde edilmesini sağlar.

Bitki dokusu kültüründeki temel aşamalar; sterilizasyon, eksplantların uygun ortama yerleştirilmesi, kontrollü büyüme ve rejenerasyon, ardından elde edilen bitkilerin ortama uyum sağlamasıdır. Her aşama, *in vitro* işlemlerinin başarısı için kritik öneme sahiptir.

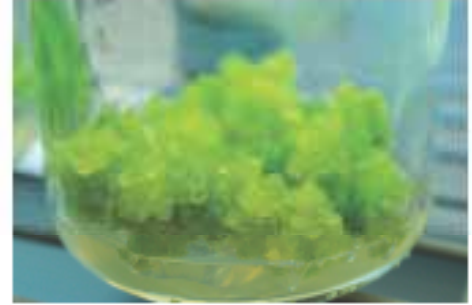


Bitki doku kültürü, bitki hücrelerini steril koşullarda üretilmesi (çoğaltılması) amacıyla kullanılan bir yöntemdir



Bitki dokusu kültüründeki temel adımlar

Eksplantın seçimi (meristem, yaprak, tomurcuk veya küçük kök), *in vitro* yetiştirmenin ilk aşamasıdır. Eksplant, steril araçlarla küçük parçalara kesilir ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması için uygun maddelerle yüzeysel olarak sterilize edilir. Eksplant, hücrelerin büyümesi için gerekli maddeleri sağlayan besin ortamı bulunan steril kaplara yerleştirilir. Bu şekilde hazırlandıktan sonra kontrollü koşullarda inkübe edilir: sıcaklık (genellikle 20–26 °C), aydınlık-karanlık süresi, ışık şiddeti ve bağıl nem. Kalusun (farklı dokulara dönüşebilme yeteneğine sahip farklılaşmamış bitki dokusu) oluşumu düzenli olarak takip edilir.



Doku kültüründe elde edilen kalus

Yeni sürgünler ve yapraklar oluştuğundan sonra bitkiler, köklenmeyi teşvik eden ortama aktarılır. Kökler oluştuğundan sonra bitkiler aklimatizasyon için yerleştirilir – steril toprak karışımına veya kontrollü koşullarda perlit/kuma aktarılır ve dış ortam koşullarına yavaş yavaş uyum sağlamaları sağlanır (nemin azaltılması, ışığın artırılması); böylece şok ve ölüm oranı azaltılır.

Laboratuvarlarda; ortam hazırlama, sterilizasyon, transfer ve inkübasyon için özel bölümler düzenlenir. Güvenlik önlemleri arasında laminar kabinlerde çalışma, kişisel koruyucu ekipman kullanımı ve biyolojik atıkların uygun şekilde uzaklaştırılması yer almaktadır.



Bitki dokusu kültüründe steril koşullarda bitkilerin büyümesi

*In vitro* koşullarda bitki materyali ile çalışmak için aseptik (steril) teknikler

BİTKİSEL BİYOTEKNOLOJİNİN VE *IN VITRO* KÜLTÜRÜN ÖNEMİ

Bitkisel biyoteknoloji, insanların bitkileri daha hızlı ve daha verimli şekilde yetiştirmesine yardımcı olan bir bilim dalıdır. Laboratuvar teknikleri yardımıyla bilim insanları tohumları koruyabilir, bitki materyalini uzun süre dondurabilir ve bitki dokularından kültürler oluşturabilirler. Bu şekilde, doğal popülasyonları yok edilmeden nadir ve tehlike altındaki bitki türleri korunmaktadır.

Bunun dışında biyoteknoloji, tarım ürünlerinin daha kaliteli ve daha dayanıklı hâle gelmesini sağlamakta, ayrıca bitki hücrelerinden ilaçlar, aromalar ve boyalar gibi yararlı ürünler elde edilebilmektedir.

Bu alan çok önemlidir çünkü sürdürülebilir tarıma, çeşitliliğin korunmasına ve insanlara yarar sağlayan yeni ürünlerin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır.

Doğru şekilde uygulandığında, *in vitro* yetiştirme, yani bitkilerin laboratuvar ortamında yetiştirilmesi; kısa sürede çok sayıda özdeş bitki elde edilmesini, virüssüz sağlıklı fidelerin üretilmesini ve nadir türlerin korunmasını sağlamaktadır.

Etkinlik

1. Araştır ve Sun

Gruplara ayrılın. Bir bitki seçin (örneğin: orkide, muz, patates) ve doku kültürünün onun çoğaltılmasında kullanılıp kullanılmadığını ve nasıl kullanıldığını araştırın. Araştırmanızı sunun.

2. Tartışma

İki gruba ayrılın. "Bitki dokusu kültürü geleneksel çoğaltmadan daha iyi midir?" konusu üzerine, lehte ve aleyhte argümanlar sunarak tartışın.

Tekrar Soruları

1. *In vitro* kavramı ne anlama gelir?
2. Bitki dokusu kültürünün ne olduğunu açıkla.
3. Bitkisel biyoteknolojinin önemi nedir?

İlginç Biyoloji!

- Avusturyalı botanikçi Gottlieb Haberlandt (1854–1945), daha 1902 yılında tek tek bitki hücrelerinin yapay koşullarda yetiştirilebileceği ve yeniden geliştirilebileceği fikrini ortaya attığı için "bitki hücresi kültürünün babası" olarak bilinmektedir. O dönemde bunu gerçekleştirmeyi başaramamış olsa da onun vizyonu bütün modern bitkisel biyoteknolojinin temeli hâline gelmiştir.
- Tohumla çoğaltılması çok zor olan orkideler, günümüzde *in vitro* doku kültürü yoluyla büyük ölçüde üretilmektedir. Bu yöntem, ticari satış ve nadir türlerin korunması için milyonlarca özdeş bitkinin üretilmesini sağlamaktadır.
- Sıklıkla virüs enfeksiyonlarından zarar gören muzlar, meristem kültürü yoluyla başarılı şekilde çoğaltılmaktadır. Böylece virüssüz sağlıklı fideler elde edilmekte, bu da küresel üretim için büyük önem taşımaktadır.

4.6 Bitkisel Biyoteknoloji – Bitkilerde Mikroçoğaltma ve Klonlama

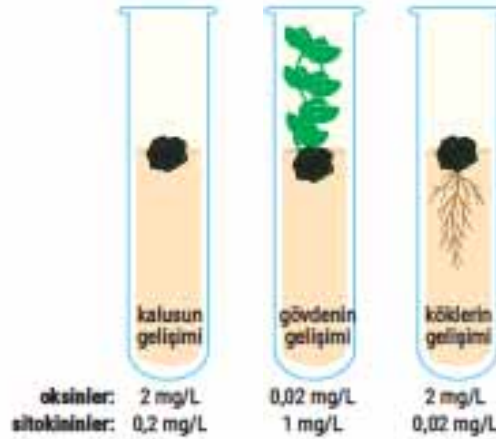
Hatırla!

- Hangi bitkiler endemik bitkiler olarak adlandırılır?
- Günlük yaşamda "klon" kelimesini hiç duydun mu? Bunun ne anlama geldiğini düşünüyorsun?
- Bitkilerde hangi dokular meristem dokuları olarak adlandırılır?

Mikroçoğaltma, bitkisel biyoteknolojideki en önemli tekniklerden biridir. Bu teknik sayesinde, bitki dokusunun küçük bir parçasından – hatta tek bir hücreden bile – çok sayıda yeni bitki elde edilebilir.

Süreç, eksplantın seçimiyle başlar – bitkinin ucu, yaprak parçası veya tomurcuk seçilir. Eksplant; mineraller, vitaminler, şekerler ve bitki hormonları içeren besin ortamında, steril koşullara yerleştirilir. Bunlar, bitkinin büyümesini ve gelişmesini sağlar.

Başlangıçta eksplanttaki hücreler hızlı şekilde bölünür ve kalus – farklılaşmamış hücrelerden oluşan bir kütle – oluşturur. Kalus önemlidir çünkü eklenen bitki hormonlarına bağlı olarak ondan kökler veya tomurcuklar gelişebilir.



Bitki hormonlarının (oksinler ve sitokininler) farklı oranlarında hücrelerin farklılaşması

Daha sonra organogenez aşaması gelir; bu aşamada kalustan tüm organlara sahip tam bitkiler gelişir. Her yeni bitki, orijinal bitkiyle genetik olarak özdeşdir; yani **klonlar** elde edilir. Bu durum, tarım ve bahçecilik için çok yararlıdır çünkü kararlı özellikler (hastalıklara dayanıklılık, yüksek verimlilik veya dekoratif değer) sağlamaktadır.



Sonunda bitkiler, ortama uyum sağlama aşamasından geçer; yani laboratuvarından doğal ortama (toprak veya sera ortamına) yavaş yavaş aktarılır. Bu aşamada ışığa, sıcaklığa ve neme alışırırlar ve daha sonraki yetiştirme süreci için hazır hâle gelirler.



Bitkilerin ortama uyum sağlanması

BİTKİLERDE KLONLAMANIN UYGULANMASI

Tarımda klonlama, çiftçilerin başarılı bir çeşitten çok sayıda özdeş bitki elde etmelerini sağlayan bir tekniktir. Bu şekilde düzenli verim, hastalıklara dayanıklılık ve istenilen özelliklerin korunması sağlanır.

Patates, muz veya şeker kamışı gibi ürünlerde klonlama; virüsleri ve diğer enfeksiyonları ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Böylece öngörülebilir şekilde büyüyen ve güvenilir sonuçlar veren sağlıklı dikim materyali elde edilir.

Bu teknik aynı zamanda yeni seçkin çeşitlerin hızlı şekilde yayılmasını da sağlar. Eğer bir çeşit özellikle başarılıysa, kısa sürede çoğaltılabilir ve en çok ihtiyaç duyulan dönemlerde kullanılabilir. Örneğin patatesten klonlama eşit büyümeyi ve daha iyi kaliteyi garanti ederken, muzda aynı tat, görünüm ve dayanıklılığı sağlamaktadır.

Bahçecilikte klonlama; orkide, gül ve sukulent gibi süs bitkilerinin güzelliğini korumak için kullanılmaktadır. Bu yöntemle tam renk, şekil ve çiçek açma zamanı korunur; bu da hem üreticiler hem de alıcılar için önemlidir.

Klonlama, nadir türlerin korunması açısından da önem taşımaktadır. Popülasyonlar küçük olduğunda bitkiler, doğal bireyler zarar görmeden laboratuvarında çoğaltılabilir. Böylece onların yok olması önlenir ve genetik kaynak korunur.



Keskin özelliklere sahip orkidelerin yetiştirildiği fide üretim alanı ve sera ortamı



Klonlama süreciyle elde edilen yeni orkide çeşitleri



Klonlama yoluyla biyolojik çeşitliliğin korunmasına örnek olarak domatesler verilebilir

Ek olarak dondurarak saklama (kriyokonservasyon) da bulunmaktadır; bu, klonlanmış bireyler ve hücrelerin uzun süre saklanması amacıyla dondurulması işlemidir. Bu durum özellikle orkideler ve nadir dağ türleri için önemlidir; çünkü doğal koşullar öngörülemez olabilir.



Endemik ve tehlike altındaki bitkilerin dondurarak saklanması (kriyokonservasyonu)

Etkinlik

Araştır ve Tanıt

Daha küçük gruplara ayrılın. Her grup bir bitki alacaktır (patates, muz, orkide, çilek). İnternette bu bitkide mikroçoğaltmanın nasıl kullanıldığını araştırın ve diğer arkadaşlarınızın önünde sunun.

Tekrar Soruları

1. Mikroçoğaltma nedir ve hangi koşullarda uygulanır?
2. Eksplant nedir ve süreçteki görevi nedir?
3. Bitkilerde "klon" kavramı ne anlama gelir?
4. Bitkilerde klonlamanın, tohumla çoaltmaya göre avantajları nelerdir?

İlginç Biyoloji!

- Amerikalı botanikçi Lewis Knudson, mantarlarla simbiyoz ilişkisine ihtiyaç duymadan orkide tohumlarını laboratuvar koşullarında çimlendirmeyi başarmıştır. Bu durum, bitki dokusu kültüründeki ilk büyük adım olarak kabul edilmektedir.
- Araştırmacı Gavino Rotor, orkidelerin (*Phalaenopsis*) doku kültürü yoluyla çoğaltılması için bir yöntem geliştirmiştir. Bu, laboratuvar ortamında bitkilerin pratik olarak klonlanmasının ilk örneğidir.
- Bilim insanı Frederick Steward ve çalışma arkadaşları, havuç hücrelerinden tam bitkiler elde etmeyi başarmışlardır. Bu, farklılaşmamış hücrelerden embriyoların ve tam bitkilerin elde edildiği ilk durumdur – bitki hücrelerinin totipotensliğinin kanıtıdır.

4.7 Fermente Gıda Ürünlerinin Üretimi

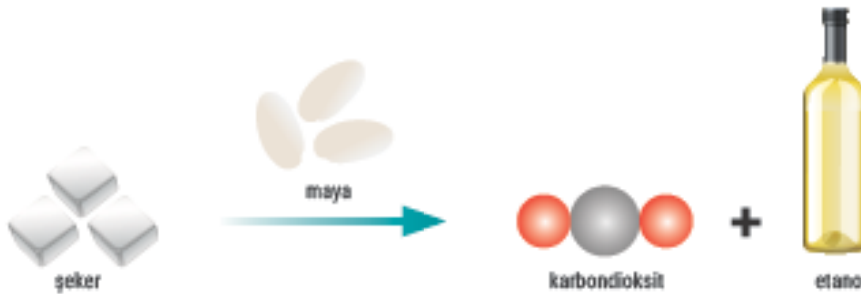
Hatırla!

- Mikroorganizmalar nedir ve günlük yaşamda onlarla nerede karşılaşırsınız?
- Tüm mikroorganizmalar insan için zararlı mıdır? Açıkla.
- Süt sıcak bir yerde beklediğinde ne olur?
- Bizde geleneksel olarak hangi sebzeler turşu yapılır ve neden?

Fermantasyon, mikroorganizmaların (bakteriler, mayalar, küfler) organik maddeleri, çoğunlukla şekerleri, parçalayarak laktik asit, alkol veya karbondioksit gibi başka bileşikler oluşturduğu biyokimyasal bir süreçtir. Fermantasyon, gıdaların işlenmesi ve korunmasının en eski yöntemlerinden biridir. İnsanlar, çok eski zamanlardan beri lezzetli, besleyici ve dayanıklı ürünler elde etmek için mikroorganizmaların gücünden yararlanmıştır. Günümüzde bu süreç; daha iyi tat, artmış besin değeri ve daha uzun saklama süresine sahip çok sayıda gıda ürününün üretiminde kullanılmaktadır.

EKMEK ÜRETİMİ

Ekmeğin üretimi, günlük beslenmede mikrobiyal biyoteknolojinin uygulanmasına klasik bir örnektir. Bu süreci sağlayan temel mikroorganizma, fırın mayası *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Bu ökaryot mikroorganizma, glikozu ve diğer basit şekerleri alkolü fermantasyon süreci yoluyla metabolize etme yeteneğine sahiptir.



Oksijenin bulunmadığı koşullarda (anaerobik koşullar), maya glikozu art arda gerçekleşen birkaç reaksiyonla etanol ve karbondioksite kadar parçalar. Karbondioksit, hamurun içinde tutulur ve küçük kabarcıklar oluşturarak ekmeğin yapısını gözenekli ve yumuşak hâle getirir.

Biyokimyasal değişimler yalnızca gaz ve alkol oluşumunu içermez. Fermantasyon sırasında organik asitler, esterler ve aldehitler gibi başka bileşikler de sentezlenir; bunlar taze pişmiş ekmeğin kendine özgü aromasına ve tadına katkıda bulunur.

YOĞURT ÜRETİMİ

Yoğurt üretimi, süt şekeri olan laktozdaki glikozun laktik aside dönüştürüldüğü klasik bir laktik asit fermentasyonu örneğidir.

Yoğurt üretiminde görev alan temel mikroorganizmalar, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* adlı laktik asit bakterileridir. Bu bakteriler laktozu (süt şekeri) laktik aside dönüştürür.

Laktik asidin birikmesi, sütün pH değerinin düşmesine neden olur; bu da süt proteinlerinin (kazein) yapısının bozulmasına yol açar. Bu süreç, kaşımın koyulaşmasını ve karakteristik ekşimsi tadın oluşmasını sağlar. Laktik aside ek olarak, yoğurdun kendine özgü aromasına katkıda bulunan başka maddeler de oluşur.

Yoğurt; yoğun, krem kıvamında ve besleyici bir üründür, protein ve kalsiyum bakımından zengindir. Canlı laktik asit bakterilerinin bulunması ona probiyotik özellik kazandırır; bu özellikler bağırsak mikroflorasını iyileştirir ve bağırsıklığı güçlendirir.

ŞARAP

Şarap üretimi, çoğunlukla üzümde bulunan glikoz ve fruktoz gibi meyve şekerlerinin alkollü fermentasyonunun klasik bir örneğidir. Temel mikroorganizma şarap mayası *Saccharomyces cerevisiae*'dir. Anaerobik koşullarda maya, glikozu glikoliz yoluyla metabolize ederek etanol ve karbondioksit oluşturur. Etanolün yanı sıra süreçte organik asitler (elma asidi, laktik asit), esterler ve aldehitler gibi ikincil metabolitler de oluşur; bunlar şarabın karmaşık aromasına ve tadına katkıda bulunur.



Şarap üretiminde üzüm fermentasyonu

BİRA

Bira üretimi, çoğunlukla arpa maltından elde edilen tahıl şekerlerinin alkollü fermentasyonunun uygulanmasına örnektir. Temel mikroorganizma bira mayası *Saccharomyces cerevisiae*'dir.

Temel ham madde olarak birkaç aşamadan geçen arpa taneleri kullanılmaktadır. Bu işlemler sırasında tahıllardaki nişasta maltoz ve glikoza parçalanır. Maya bu şekerleri fermente ederek etanol ve karbondioksit oluşturur. Karbondioksit sıvının içinde kısmen çözünmüş olarak kalır; bu da biraya karakteristik gazlı yapısını verir. Bunun yanında süreçte, aromaya katkıda bulunan esterler ve yüksek alkoller de oluşur. Kaynatma sırasında eklenen şerbetçiotu, acılık ve kendine özgü koku sağlarken aynı zamanda doğal koruyucu olarak da görev yapar.

Bira, açık renkli ve hafif olanlardan koyu renkli ve güçlü olanlara kadar farklı çeşitlere sahip ferahlatıcı bir içecektir. Orta miktarda alkol, karbondioksit ve şerbetçiotundan gelen biyolojik olarak etkin bileşikler içerir.



Ev koşullarında bira üretimi

Etkinlik

1. Deney: Maya ile Hamurun Kabarması

- Un, su, biraz tuz, şeker ve maya al.
- Hamur karışımı hazırla (un, tuz ve şeker) ve bunu ikiye ayır: birine maya ekle, diğerine ekleme.
- Ilık su ekle, hamurları yoğur, iki kaba koy ve üzerlerini ört. Kapları 30–60 dakika sıcak bir yerde beklet. Oluşan değişiklikleri gözlemler.

Maya eklenen hamur, gerçekleşen fermentasyon ve hamurun içinde tutulan karbondioksit nedeniyle kabarmıştır. Bu işlemle, mayanın hamur hazırlanmasındaki öneminin ne kadar büyük olduğu görülebilir.

2. Yoğurt Elde Edilmesi

- Sütü ılık sıcaklığa kadar ısıt (yaklaşık 40 °C).
- Az miktarda yoğurt ekle (laktik asit bakterileri içeren).
- Karışımı cam bir kaba koy ve üzerini ört.
- 6–12 saat sıcak bir yerde beklet.
- Sütün koyulaşıp koyulaşmadığını ve ekşimsi bir tat oluşup oluşmadığını kontrol et.

Sonunda ev yapımı yoğurt elde edilir.

Bu basit işlemle, yoğurttaki bakterilerin fermentasyon yoluyla sütü yeni bir ürüne – yoğurda – dönüştürebildiği gösterilmektedir.

Tekrar Soruları

1. Karbondioksit, hamurun yapısını nasıl etkiler?
2. Yoğurdun elde edilmesinde hangi mikroorganizmalar görev alır?
3. Şarap ve biradaki alkolü fermentasyondan hangi mikroorganizma sorumludur?

İlginç Biyoloji!

- Fermentasyon, yazıdan daha eskidir! Arkeolojik kanıtlar, insanların 9 000 yıl önce bile fermente içecekler yaptığını göstermektedir.
- Bakteriler ve mayalar yüzlerce farklı aroma ve tat oluşturur – ekmek, peynir veya biranın kendine özgü kokusundan sorumlu olanlar onlardır.
- Laktik asit bakterileri, kimyasal katkı maddeleri yerine pH değerini doğal olarak düşürür ve hastalık yapıcı mikroorganizmaların gelişmesini engeller.
- Her uygarlığın kendine ait fermente ürünü vardır: Japonya’da miso ve natto, Kore’de kimchi, Doğu Avrupa’da kvas ve Balkanlar’da turşu.
- XVIII. yüzyılda denizciler sık sık, C vitamini eksikliğinden kaynaklanan iskorbüt hastalığına yakalanıyordu. Uzun yolculuklarda yanlarında lahanaya turşusu taşımaya başladıklarında hastalığın ortadan kaybolduğunu fark ettiler. Laktik asit fermentasyonu, lahanayı koruyor ve C vitaminini dengede tutuyordu; bu durum mürettebatın sağlığı için büyük önem taşımıştır.

4.8 Antibiyotiklerin, Enzimlerin, Hormonların ve Aşıların Üretimi

Hatırla!

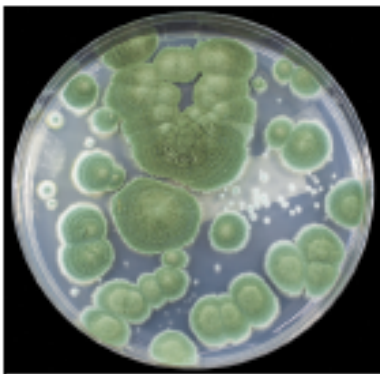
- Antibiyotikler hakkında ne biliyorsun? Ne için kullanılırlar?
- İnsülinin ne olduğunu biliyor musun? Neden önemlidir?
- Aşı nedir ve insanlar neden aşı olur?
- Enzim nedir ve organizmada nasıl bir görevi vardır?

ANTİBİYOTİK ÜRETİMİ

Antibiyotikler, bilimdeki en büyük keşiflerden biridir. Bunlar; mikroorganizmaların (bakteriler ve küfler), çevredeki diğer mikroorganizmalardan korunmak için ürettikleri doğal maddelerdir. İnsanlar bu maddelerden yararlanmayı, onları büyük miktarlarda üretmeyi ve hastalıkların tedavisinde kullanmak için saflaştırmayı öğrenmiştir.

Antibiyotik üretimi, mikroorganizmaların besin maddeleri bulunan büyük kaplarda (biyoreaktörlerde) büyüdüğü fermentasyon süreciyle gerçekleşir. Büyüme aşaması tamamlandıktan sonra mikroorganizmalar antibiyotik üretmeye başlar. Daha sonra antibiyotikler ayrıştırılır ve saflaştırılır; bazen daha dayanıklı ve daha etkili olmaları için ek değişiklikler de yapılır.

En bilinen örnek penisilindir. Penisilin, keşfedilen ilk antibiyotiktir ve milyonlarca insanın hayatını kurtarmıştır. Antibiyotikler sayesinde günümüzde insanlar, eskiden hayati tehlike oluşturan enfeksiyonlardan tedavi olabilmektedir.

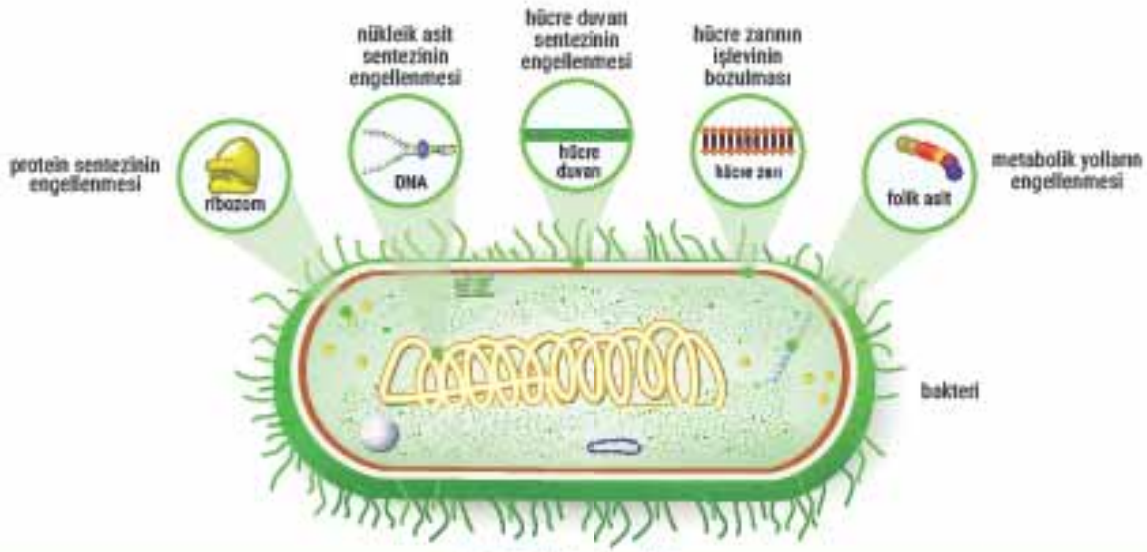


Laboratuvar ortamındaki in vitro koşullarda yetiştirilen ve penisilin antibiyotiğini üreten küf kolonileri



Antibiyotiklerin endüstriyel üretimi için biyoreaktör

Antibiyotikler bakteriler üzerinde farklı şekillerde etki gösterir. Bazıları onların hücre duvarının oluşmasını engeller (penisilin gibi), bazıları hücrelerde protein üretimini durdurur, bazı antibiyotikler ise genetik materyalin oluşmasını engeller.



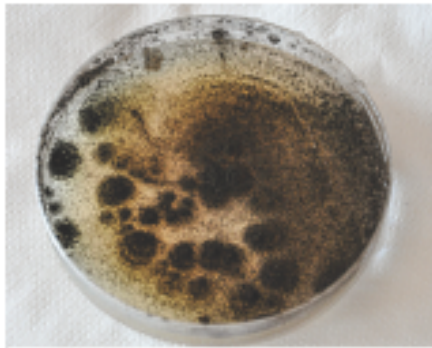
Antibiyotiklerin etki mekanizması

ENZİM ÜRETİMİ

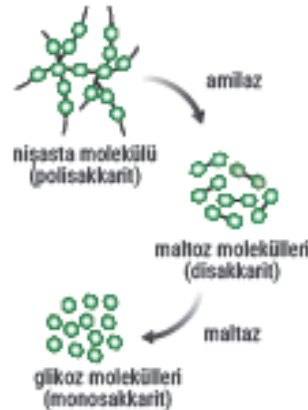
Enzimler, hücrelerde bulunan doğal katalizörlerdir. Kimyasal reaksiyonları hızlandırırlar, ancak süreç sırasında kendileri harcanmazlar. Enzimler olmadan organizmadaki reaksiyonlar çok yavaş gerçekleşirdi. İnsanlar, mikroorganizmaları enzim üretimi için "mini fabrikalar" olarak kullanmayı öğrenmiştir. Kontrollü koşullarda bu mikroorganizmalar büyük miktarda enzim üretir ve daha sonra bu enzimler farklı sanayi alanlarında kullanılır.

Enzimlerin endüstriyel üretimi için hızlı büyüyen ve yüksek miktarda enzim oluşturan çeşitli küfler ve bakteriler kullanılmaktadır.

Enzimlerin birçok pratik kullanım alanı vardır. Örneğin gıda sanayisinde ekmek ve peynir yapımında kullanılırlar ve berrak meyve sularının elde edilmesine yardımcı olurlar. İlaç alanında, kan şekeri testleri gibi tanı testlerinde enzimlerden yararlanılmaktadır. Evlerde deterjanlara eklenerek yağ ve protein lekelerini parçalamaları sağlanır; tekstil sanayisinde ise kumaşların yumuşatılmasında kullanılırlar.



Enzim üretimi için laboratuvar koşullarında yetiştirilen küf



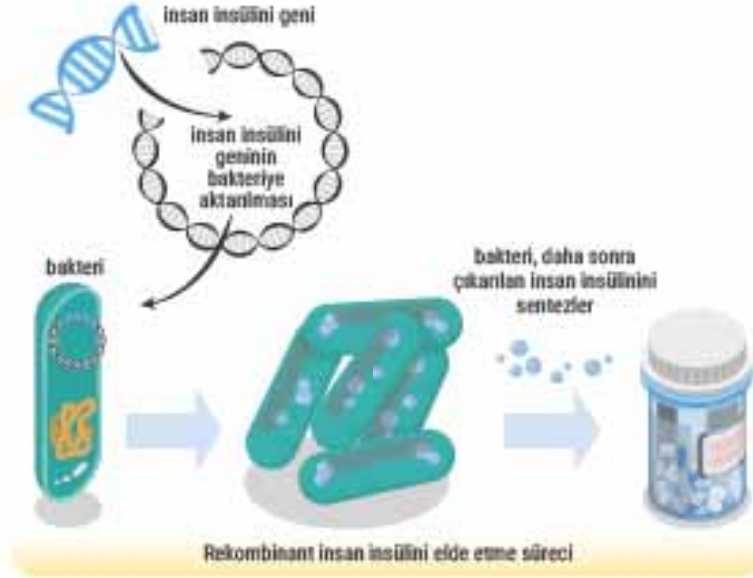
Amilaz ve maltaz enzimlerinin etkisiyle nişastanın glukoza parçalanması

HORMON ÜRETİMİ

Hormonlar, vücudumuzda çok büyük görevleri olan küçük moleküllerdir. Onlar "kimyasal haberci" gibidir – hücrelere ne yapmaları gerektiğini ve bunu ne zaman yapacaklarını bildirirler. Hormonlar sayesinde organizma büyüyebilir, gelişebilir, metabolizmayı düzenleyebilir, dengeyi koruyabilir ve üremeyi sağlayabilir.

Geçmişte insanlar hormonları hayvan organlarından elde ediyordu. Örneğin insülin, domuz veya sığır pankreasından çıkarılıyordu. Ancak bu yöntem pahalıydı, sınırlıydı ve bazen hastalarda istenmeyen tepkilere yol açıyordu.

Günümüzde, rekombinant DNA teknolojisi (gen klonlaması) sayesinde hormonlar genetik olarak değiştirilmiş mikroorganizmalar yardımıyla üretilmektedir. Bu şekilde üretilen ilk hormon, 1982 yılında elde edilen insülin'dir. Bu işlemde insanın insülin geni bakterilere veya mayalara aktarılır. Böyle rekombinant mikroorganizmalar, insan vücudunda üretilenle aynı insülini üretmeye başlar. Bu insülin diyabet tedavisinde kullanılmaktadır ve hayvanlardan elde edilen insülin'den çok daha güvenlidir.



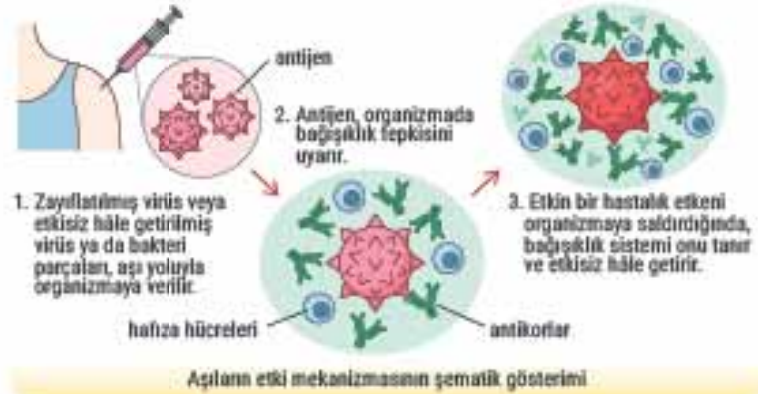
İnsülinin yanı sıra bu teknolojiyle büyüme hormonu (hGH) da üretilmektedir. Bu hormon, büyüme problemi yaşayan çocuklara yardımcı olur. Bir diğer örnek ise eritropoetindir (EPO) – kırmızı kan hücrelerinin oluşumunu uyaran bir hormondur. Özellikle kemoterapi sonrasında veya kronik hastalıklarda görülen kansızlık tedavisinde kullanılmaktadır.

Bu modern yöntemlerin avantajı büyüktür: hormonlar insan hormonlarıyla aynıdır, daha az yan etkiye neden olurlar ve tüm dünyanın ihtiyaçlarını karşılayacak miktarlarda üretilerler.

AŞI ÜRETİMİ

Aşılar, bağışıklık sistemini belirli hastalık yapıcı etkenlere (virüsler, bakteriler) karşı savunma oluşturmaya uyaran biyolojik preparatlardır. Aşılar, bağışıklık sistemimiz için bir "eğitim" gibi çalışır; yani hastalığa neden olmadan vücuda düşmanın nasıl görüldüğünü gösterir ve böylece gerçek bir enfeksiyona karşı onu hazırlar.

Mikroorganizmalar yardımıyla aşı üretimi, biyoteknolojideki en önemli süreçlerden biridir. Bu süreç, hastalıkların önlenmesine doğrudan katkıda bulunur ve her yıl milyonlarca insanın hayatını kurtarır.



Etkinlik

1. Antibiyotikler Hakkında Araştırma

Gruplara ayrılin ve araştırmak için bir antibiyotik seçin: penisilin, streptomisin, tetrasiklin vb. Onu hangi mikroorganizmanın ürettiğini ve bakteriler üzerinde nasıl etki gösterdiğini açıklayın. Sonuçları sunun.

2. Enzimlerin Etkisi (Amilaz)

- Nişasta çözeltisi (veya haşlanmış patates parçaları) bulunan iki kap hazırlayın.
- Birinci kaba tükürük ekleyin – tükürükte amilaz adı verilen enzim bulunur.
- İkinci kaba tükürük eklemeyin (bu, kontrol örneği olacaktır).
- Her iki kaba da birkaç damla iyot damlatın.

Tükürük bulunan çözeltinin yavaş yavaş mavi rengini kaybettiğini, kontrol kabının ise mavi kaldığını gözlemleyin. Nişasta, iyot ile mavi renk verir. Tükürükte bulunan amilaz, nişastayı daha küçük moleküllere parçalar. Bu nedenle amilaz bulunan çözeltiye iyot eklendiğinde mavi renk kaybolur. Bu işlemle enzimin etkisi kanıtlanmış olur.

Tekrar Soruları

1. Hangi mikroorganizma grupları antibiyotik üretir?
2. Antibiyotiklerin farklı etki mekanizmalarını belirt.
3. Enzimlerin gıda sanayisi ve ilaç alanındaki başlıca kullanım alanları nelerdir?
4. İlk rekombinant hormon hangisiydi ve nasıl üretilmektedir?
5. Biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen hormonlara ve onların kullanım alanlarına örnek ver.

İlginç Biyoloji!

- Penisilin keşfi (1928): Alexander Fleming, laboratuvarındaki bakterili bir Petri kabının küf (*Penicillium notatum*) ile kirlenmiş olduğunu fark etti. Küfün çevresinde bakteriler gelişmiyordu. Böylece tesadüfen, küfün bakterileri öldüren bir madde ürettiğini keşfetti – ilk antibiyotik olan penisilin. Bu keşif milyonlarca insanın hayatını kurtarmış ve modern tıp çağını başlatmıştır.
- Tarihteki ilk aşı, 1796 yılında Edward Jenner tarafından geliştirildi. Jenner, sığır çiçeği hastalığının insanları çok daha tehlikeli olan çiçek hastalığından koruyabildiğini keşfetti. Bu keşif, modern bağışıklamanın temelini oluşturmuştur.

4.9 Adli Biyoloji ve DNA Analizi

Hatırla!

- DNA nedir?
- DNA vücudumuzda nerede bulunur?
- DNA'nın görevi nedir?

Kendini bir suç olayının gerçekleştiği yerde bulunan bir araştırmacı olarak düşün. Etrafta izler vardır – bir damla kan, bir saç teli, belki de bir doku parçası. Bütün bu izler küçük ve önemsiz görünebilir, ancak bilim için bunlar gerçeğin ortaya çıkarılmasında önemli bir anahtardır. İşte burada **adli biyoloji** (**adli tip**) devreye girer – biyolojik izleri kullanarak hukuki ve kriminal olayların çözülmesine yardımcı olan biyolojinin bir dalıdır. Biyolojik izler; insan vücudundan veya diğer canlı organizmalardan kaynaklanan çeşitli materyalleri ifade eder.

Tablo: Biyolojik iz türleri ve kullanım alanları

Biyolojik iz türü	Özellikleri	Soruşturmadaki kullanımı	Somut örnek
Kan	DNA içerir; toksinlerin veya hastalıkların varlığını ortaya çıkarabilir	Suçlunun/kurbanın belirlenmesi, olayların yeniden canlandırılması	Yerdeki kan lekeleri birinin yaralandığını gösterir
Tükürük	DNA içeren hücreler bulundurur, kolayca bulaşır	Eşyalar aracılığıyla kimlik belirleme (bardaklar, sigaralar, mektuplar)	Sigara üzerindeki tükürük, bir şüphelinin belirlenmesine yardımcı olmuştur
Saç	Kökü varsa DNA içerir, yoksa yapısı incelenebilir	Kişinin belirlenmesi, insan mı hayvan mı olduğunun tespiti	Kurbanın kıyafetinde bulunan suçluya ait saç teli
Deri	Eşyalarda veya silahlarda kalan küçük hücreler	Kimlik belirleme için DNA analizi	Bıçak sapındaki deri hücreleri
Doku	Büyük biyolojik kalıntılar içerir, çok miktarda DNA bulundurur	Büyük biyolojik kalıntılar içerir, çok miktarda DNA bulundurur	Kaza yerinde bulunan doku parçası

Adli biyoloji, suç olaylarının çözümünde ve yargıda adil kararlar verilmesinde kullanılan bir bilim dalıdır. Laboratuvarlarda elde edilen güvenilir ve nesnel kanıtlar sağlar.

Bu sonuçlar insanların kaderini etkileyebileceği için büyük dikkat ve doğruluk gereklidir. Adli biyoloji, bilim ile hukuk arasında bir köprü gibidir – masum insanların serbest bırakılmasına veya gerçekten suçu işleyenlerin suçunun kanıtlanmasına yardımcı olabilir.

Adli biyolojinin çok sayıda kullanım alanı vardır.

- Biyolojik izler yoluyla suçluların belirlenmesine yardımcı olur. Suç yerinde çoğu zaman deri hücreleri, saç veya kan bulunur. DNA analizi ile orada kimin bulunduğu belirlenebilir. Örneğin bir silah üzerinde deri hücreleri bulunursa, bunlar şüphelinin DNA profiliyle karşılaştırılır ve onun orada bulunduğunu doğrulayabilir.

- Kazalarda, doğal afetlerde veya savaşlarda hayatını kaybeden kişilerin kimliklerinin belirlenmesi. Kurbanlar görsel olarak tanınmadığında, DNA analizi tek güvenilir yöntemdir. Doku veya saçtan alınan küçük bir parça bile kimliğin belirlenmesi için yeterli olabilir.
- Babalık testi gibi akrabalık ilişkilerinin belirlenmesi. Çocuğun DNA profili ile olası babanın DNA profilinin karşılaştırılmasıyla biyolojik bağın bulunup bulunmadığı büyük doğrulukla belirlenebilir.
- Toksinlerin veya hastalık yapıcı mikroorganizmaların varlığının belirlenmesi. Örneğin şüpheli bir ölüm durumunda, kan analizi kurbanın zehirlenip zehirlenmediğini gösterebilir. Başka durumlarda ise bir kişinin belirli bir hastalıkla enfekte olup olmadığı tespit edilebilir; bu da toplum güvenliği açısından önemlidir.



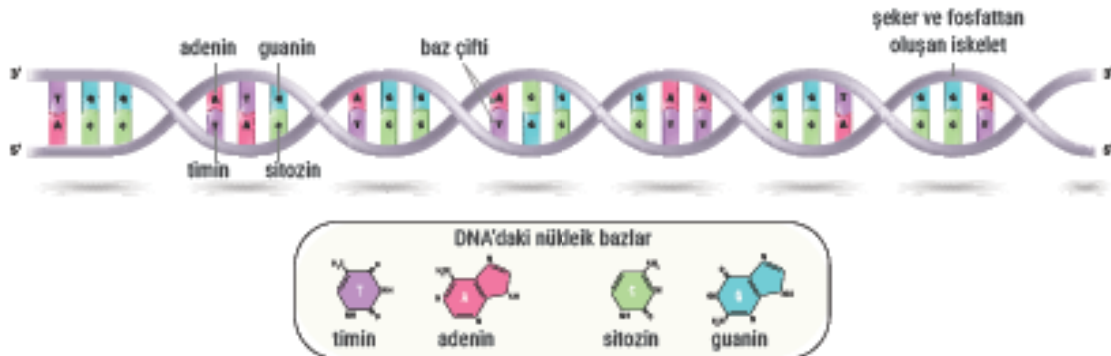
Olay yerinden biyolojik iz olarak kan örneği alınması



Olay yerinde inceleme yapan adli uzman

DNA ANALİZİ

Organizmamızdaki her hücrenin çekirdeğinde deoksiribonükleik asit – DNA molekülü bulunur. 1953 yılında iki bilim insanı, James Watson ve Francis Crick, DNA'nın sıradan bir iplik olmadığını, çift sarmal biçimine sahip olduğunu keşfetmiştir. Bu yapının içinde yalnızca dört harfle, kim olduğumuz ve nasıl işlediğimizle ilgili tüm bilgiler yazılıdır. Bu harflere azotlu bazlar denir: adenin (A), timin (T), guanin (G) ve sitozin (C). Her harfin bir "eşi" vardır; yani adenin her zaman timinle, guanin ise sitozinle eşleşerek baz çiftlerini oluşturur. Bazların eşleşmesi olarak bilinen bu kural, molekülün kararlı olmasını ve olağanüstü bir doğrulukla kopyalanmasını sağlar. Böylece her yeni hücre, önceki hücreyle aynı "çalışma talimatını" alır.



DNA yapısının şematik gösterimi

Vücudumuzdaki her hücre tam bir DNA seti içerir. Bu, tek bir hücrede bütün organizmaya ait tüm bilgilerin kayıtlı olduğu anlamına gelir. Bu bilgi her insan için benzersizdir – kişiye özgü genetik bir imza gibidir. Bunun tek istisnası, aynı DNA'ya sahip olan tek yumurta ikizleridir.

İnsanın bütün genetik materyali **insan genomu** olarak adlandırılır. Bu genom yaklaşık 3 milyar baz çifti ve 20 000'den fazla genden oluşur. Her gen, bir proteinin oluşturulması için bir "tarif" gibidir; proteinler ise vücuttaki tüm süreçlerin yapı taşları ve denetleyicileridir. Genomu bir kitap gibi düşünürsek, bu; organizmanın gelişmesi, çalışması ve devamlılığını sağlayan tüm talimatların yazılı olduğu milyarlarca harften oluşan bir ansiklopedi olurdu.

2003 yılında tarihin en büyük bilimsel projelerinden biri olan İnsan Genomu Projesi (Human Genome Project) tamamlandı. Bilim insanları ilk kez insan genomunun tüm dizilimini haritalamayı başardı. Bu durum yeni olanaklar sağladı. Tıpta, hastanın DNA'sına göre kişiye özel tedavilerin geliştirilmesini; biyolojide, kalıtımın ve evrimin daha iyi anlaşılmasını; adli bilimlerde ise insanların daha kesin şekilde belirlenmesini mümkün hâle getirdi.

Adli biyoloji (adli tıp), tek bir hücreden bile bir insanın kimliğini belirleyebilecek bilgilerin elde edilmesini sağlar. Bunun için kullanılan en güçlü araç **DNA analizidir**.

DNA analizi birkaç aşamada gerçekleştirilir:

- Örnek toplanır (kan, tükürük, saç).
- DNA ayrıştırılır.
- PCR yöntemiyle DNA'nın belirli bölümleri çoğaltılır.
- Bazların dizilimi belirlenir ve DNA profili oluşturulur.
- Profil, veri tabanındaki diğer profillerle veya bir şüphelinin profiliyle karşılaştırılır.



DNA analizi ile elde edilen DNA profili

DNA analizi tıpta da kullanılmaktadır; kalıtsal hastalıkların tanısında, en uygun tedavinin seçilmesinde, gelecek nesiller için risklerin öngörülmesinde ve yeni ilaçların geliştirilmesinde yararlanılır. Böylece tıp kişiye özel hâle gelmektedir; yani her hasta, kendi DNA'sına en uygun tedaviyi almaktadır.

Etkinlik

1. Evde Araştırma Görevi

DNA kanıtlarının bir suçun çözülmesine veya masum bir kişinin serbest bırakılmasına yardımcı olduğu gerçek bir olay bulmaya çalış. Bu olayı bir sonraki derste sınıfta sun.

2. DNA Modeli

Birkaç gruba ayrılın. Her grup, kendi seçtiği malzemelerle bir DNA modeli hazırlasın.

Tekrar Soruları

1. İnsan genomu nedir ve kaç baz çifti içerir?
2. DNA analizi sürecindeki aşamalar nelerdir?
3. Adli biyolojinin kullanım alanlarına üç örnek ver.
4. DNA analizi tıpta nasıl kullanılmaktadır?
5. Adli biyolojide doğruluğun önemi neden büyüktür?

İlginç Biyoloji!

- 1986 yılında Birleşik Krallık'ta DNA analizi ilk kez bir katilin belirlenip suçlu bulunmasına yardımcı olmuş, aynı zamanda masum bir kişinin serbest bırakılmasını sağlamıştır.
- 2004 yılındaki tsunami felaketinden sonra, parmak izi ve fotoğraf gibi diğer yöntemlerin yeterli olmadığı durumlarda, DNA analizi binlerce kurbanın kimliğinin belirlenmesinde büyük önem taşımıştır.
- DNA analizi, Rus çarı II. Nikolay ve ailesine ait kalıntıların kimliğinin doğrulanması için kullanılmıştır.
- Günümüzde DNA testleriyle kalıtsal hastalık riskleri önceden tahmin edilebilmekte ve hasta için en uygun tedavi seçilebilmektedir – bu durum kişiye özel tıbbın temelini oluşturmaktadır.
- Her insanın DNA'sı diğer insanlarla yaklaşık %99,9 oranında aynıdır – aramızdaki farkı oluşturan yalnızca %0,1'lik bölümdür.
- İnsan genomunun tüm dizilimini A, T, G ve C harfleriyle yazacak olsaydık, her biri 1 000 sayfadan oluşan yaklaşık 200 cilt kitaba ihtiyaç duyulurdu.

4.10 Biyoinformatik ve Biyogüvenlik

Hatırla!

- Sence bilgisayarlar tıpta nasıl kullanılmaktadır?
- "Güvenlik" kelimesini duyduğunda aklına ilk ne geliyor?
- Aile içinde kalıtımla geçen hastalıkların bulunduğunu biliyor musun?

Modern biyoloji artık yalnızca mikroskoplar ve laboratuvar deneyleriyle sınırlı değildir. Günümüzde biyoloji; bilişim, teknoloji ve etik ile yakın bağlantı içindedir. Yeni bilim dalları, yaşamın sırlarını keşfetmek için olanaklar sunarken aynı zamanda dikkatli düşünmeyi gerektiren yeni sorunları da beraberinde.

Biyoinformatik; biyoloji, bilişim ve matematiği birleştirerek büyük miktardaki biyolojik verileri işleyen modern bir bilim dalıdır. Bilim insanları bilgisayarlar yardımıyla milyarlarca bilgi içeren genomları okuyup yorumlayabilmektedir. Bu alan; hastalıklarla ilişkili genlerin bulunmasını, yeni ilaçların ve tedavilerin geliştirilmesini, ayrıca evrimin ve farklı türler arasındaki ilişkilerin anlaşılması için genomların karşılaştırılmasını sağlar. Böylece biyoinformatik, biyolojiyi geniş uygulama alanına sahip bir veri bilimine dönüştürmektedir.

Biyoinformatiğin özellikle tıp alanında büyük bir pratik değeri vardır.

Bunun önemli örneklerinden biri, bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç geliştirmesidir. Bilim insanları, bakterilerin DNA'sını biyoinformatik yöntemlerle inceleyerek onların tedaviye rağmen hayatta kalmasını sağlayan mutasyonları belirleyebilmektedir. Bu durum, doktorların uygun tedaviyi seçmesine ve ilaç uzmanlarının yeni ilaçlar geliştirmesine yardımcı olmaktadır.

Biyoinformatik yalnızca belirli sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda büyük bir bilgi birikimi de oluşturur. Kişiyi özel tıbbı, her hastaya uygun tedavilere ve yaşamın moleküler düzeyde daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.



DNA dizilimlerinin bulunduğu jel üzerinde analiz yapılması ve genetik koddaki mutasyonların araştırılması

BİYOLOJİK ARAŞTIRMALARDA YAPAY ZEKÂ

Çok büyük miktardaki biyolojik verileri kısa sürede okuyup işleyebilen bir teknoloji düşünün. İşte **yapay zekâ (YZ)**. böyle bir teknolojidir. Yapay zekâ, genlerimizdeki örüntüleri ortaya çıkarma ve kalıtsal hastalıkların nasıl aktarıldığını anlamamıza yardımcı olma yeteneğine sahiptir. Böylece bir kişide hangi genetik risklerin bulunduğunu önceden tahmin edebilir.

Tıpta bu teknoloji, genetik profillerin analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Örneğin doktorlar, hastanın hangi genlere sahip olduğunu bildiklerinde yapay zekâ en uygun tedaviyi veya koruyucu sağlık kontrolünü önerebilir. Böylece her insan, kendisine özel olarak uyarlanmış bir tedavi alabilir.

Hızı ve doğruluğu sayesinde yapay zekâ, biyoloji ile sağlık alanındaki pratik çözümler arasında bir köprü hâline gelmektedir. Daha iyi sağlık hizmetleri için yeni olanaklar sunmakta ve tıbbın giderek her hastanın bireysel ihtiyaçlarına yöneldiği bir geleceğin kapısını açmaktadır.

BIYOLOJİK MATERYALLERLE ÇALIŞMADA GÜVENLİK VE ETİK YÖNLER

Biyogüvenlik; biyolojik materyallerle çalışırken güvenliği sağlayan önlemler ve kurallar anlamına gelir. Bu kurallar; kazaları, bulaşıcı hastalıkların yayılmasını ve araştırmaların kötüye kullanılmasını önler. Mikroorganizmalar veya virüslerle çalışılan laboratuvarlarda biyogüvenlik, araştırmacılar ve toplum için ilk koruma yöntemidir. Bu önlemler arasında koruyucu ekipman kullanılması, belirli alanlara girişin sınırlandırılması ve örneklerin güvenli şekilde yok edilmesi yer alır. Böylece bilimin insanların yararına hizmet etmesi sağlanır.

Bilim, etik kurallara uyularak yürütülmelidir. Genetik veriler hassas bilgiler içerir ve ayrımcılığın önlenmesi için korunmalıdır. Yeni tedavi yöntemleri ve ilaçlar yalnızca zenginler için değil, herkes için ulaşılabilir olmalıdır. Bilim insanları ve kurumlar; biyolojik silahların üretilmesi veya verilerin kötüye kullanılması gibi durumların önlenmesinde ortak sorumluluğa sahiptir. Ancak bu şekilde bilim, toplumun ilerlemesi ve gelişmesi için bir güç olmaya devam edecektir.



Biyogüvenlik işareti bulunan bir mikrobiyoloji laboratuvarında çalışma

Etkinlik

1. Tartışma

Her bilimsel gelişme mutlaka toplum için olumlu mudur?

2. Münazara

İki gruba ayrılın. "Yapay zekâ: araç mı yoksa tehdit mi?" konusu üzerine münazara yapın. Birinci grup, yapay zekânın biyoloji alanında yararlı ve gerekli olduğunu savunsun. İkinci grup ise yapay zekânın kötüye kullanılması durumunda risk oluşturabileceğini savunsun. Münazarayı, etik denetimin gerekliliğiyle ilgili ortak bir sonuçla tamamlayın.

3. Biyogüvenliğin Temel Kurallarını İçeren Bir Poster Hazırlayın

Semboller, kısa mesajlar ve görsel örnekler kullanabilirsiniz. Güvenliğin önemini hatırlatmak amacıyla posteri sınıfta sergileyin.

4. Kompozisyon

"Bir araştırmacı olsaydım bilimi nasıl kullanırdım?" konusu üzerine kısa bir kompozisyon yaz.

Tekrar Soruları

1. Biyoinformatik nedir ve hangi bilim dallarını birleştirir?
2. Biyoinformatiğin kullanıldığı üç alan belirt.
3. Biyogüvenlik nedir ve biyolojik araştırmalarda neden gereklidir?
4. Laboratuvarlarda biyogüvenliğin temel önlemleri nelerdir?
5. Biyoteknolojik bilgilerin doğru kullanılmasından kim sorumludur – bireyler mi yoksa kurumlar mı?

İlginç Biyoloji

- XIV. yüzyılda, Kafa şehrinin (günümüzde Ukrayna'daki Feodosiya) kuşatılması sırasında saldırganlar, vebadan ölen insanların cesetlerini şehir surlarının üzerinden içeri atmışlardır. Bu olay, biyolojik savaşın belgelenmiş ilk örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Sonuçları felaket olmuştur; çünkü hastalık halk arasında yayılmış ve "Kara Ölüm"ün Avrupa'ya yayılmasına katkıda bulunmuştur.
- İkinci Dünya Savaşı sırasında, bazı orduların bakteri ve virüsleri silah olarak kullanmak amacıyla deneyler yaptığını dair belgelenmiş olaylar bulunmaktadır. Örneğin bir birlik, veba ve diğer hastalık yapıcı mikroorganizmalarla savaş esirleri üzerinde deneyler yürütmüştür. Bu olaylar günümüzde, bilimin kötüye kullanılmasının tehlikelerine karşı bir uyarı niteliği taşımaktadır.
- Soğuk Savaş döneminde bazı devletler, *Bacillus anthracis* (şarbon etkeni) gibi mikroorganizmaları kullanarak biyolojik silah programları geliştirmiştir. Bu programların birçoğu gizli tutulmuş olsa da daha sonra ortaya çıkarılmış ve uluslararası toplum tarafından kınanmıştır. Bu durum, günümüzde biyogüvenlik alanındaki en önemli uluslararası anlaşmalardan biri olan Biyolojik Silahların Yasaklanması Sözleşmesi'nin (1972) imzalanmasına yol açmıştır.
- Biyogüvenlik yalnızca laboratuvar uygulaması değildir; günlük yaşamın da bir parçasıdır. Örneğin pandemi sırasında ellerin doğru şekilde yıkanması ve maske takılması temel biyogüvenlik önlemleri arasında kabul edilmektedir.
- Yapay zekâ artık yeni ilaçların keşfinde de kullanılmaktadır: 2020 yılında tamamen yapay zekâ tarafından "tasarlanan" ilk ilaç klinik denemelere girmiş ve ilaç sanayisi için tarihi bir dönüm noktası olmuştur.



4.11 Tıpta Biyoteknoloji

Hatırla!

- "Rejenerasyon" kelimesi ne anlama gelir ve doğada bunu nerelerde gözlemleyebiliriz?
- Doktorların tedaviye yardımcı olmak amacıyla hücre veya doku kullandığı tıpla ilgili bir örnek biliyor musun?
- Sence laboratuvar ortamında yeni hücreler veya dokular oluşturmak mümkün müdür ve bunlar hangi amaçlarla kullanılabilir?

Modern biyoloji ve tıp, gelişimin en dinamik dönemlerinden birini yaşamaktadır. Hastalıkların tedavisinde kullanılan en devrim niteliğindeki teknolojilerden biri kök hücrelerin kullanımıdır. Bunlar; bölünme ve farklı hücre tiplerine dönüşebilme yeteneğine sahip özel hücrelerdir ve bu özellikleri onları rejeneratif tedavide önemli hâle getirmektedir.

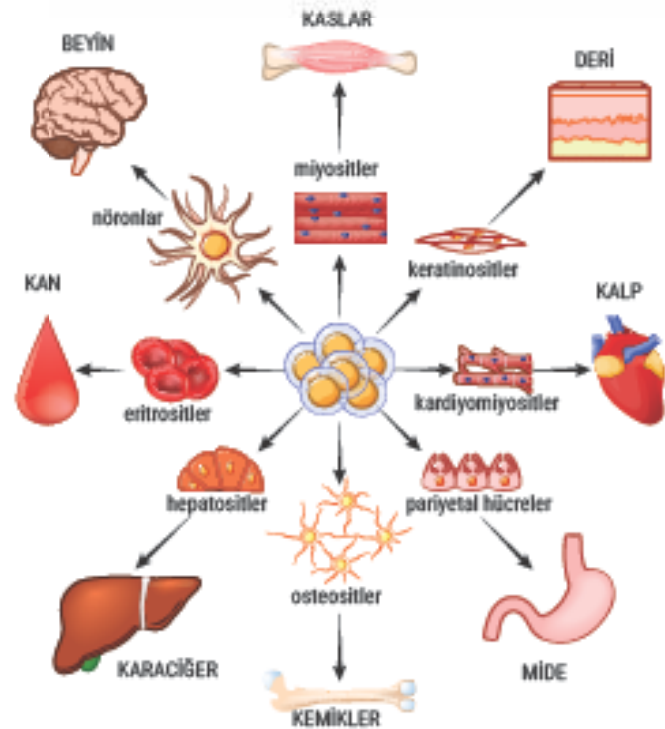
KÖK (STEM) HÜCRELER

Kök (STEM) hücreler, iki temel özelliğe sahip hücrelerdir. Bunlardan biri kendini yenileme özelliğidir; yani bölünerek yeni kök hücreler oluşturabilirler. Diğer özellik ise farklılaşma, yani çeşitli hücre tiplerine dönüşebilme yeteneğidir (örneğin sinir, kas veya kan hücreleri).

Birkaç çeşit kök hücre bulunmaktadır:

- **Embriyonik kök hücreler** – erken dönem embriyolardan elde edilir ve farklılaşma potansiyelleri en yüksek olan hücrelerdir.
- **Erişkin kök hücreler** – belirli dokularda (örneğin kemik iliğinde) bulunur ve hasar görmüş hücrelerin yenilenmesini sağlar.
- **İndüklenmiş pluripotent kök hücreler** – sıradan hücrelerin genetik olarak değiştirilmesiyle elde edilir ve yeniden "kök hücre" durumuna döndürülür.

Kök hücrelerin tıpta kullanımı, hasar görmüş veya kaybedilmiş hücrelerin yerini alma yeteneklerine dayanır. Bu teknoloji birkaç alanda uygulanmaktadır. Örneğin kan hastalıklarının tedavisinde (kemik iliği nakli klasik bir örnektir; lösemi ve diğer hematolojik



Kök hücreler, doku ve organları oluşturan farklı hücre tiplerine farklılaşabilirler

hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır), nörodejeneratif hastalıklarda (kök hücreler, Parkinson veya Alzheimer hastalığı olan kişilerde yeni sinir hücreleri oluşturmak için kullanılabilir), tip 1 diyabette (pankreasdaki hasarlı beta hücrelerinin yerine geçmesi amacıyla insülin üreten hücrelerin oluşturulmasında kullanılmaktadır) ve kalp-damar hastalıklarında (kök hücrelerin kalp kası hücrelerine dönüşerek kalp krizi sonrası hasar gören kalbin onarılmasına yardımcı olma olasılığı bulunmaktadır).

REJENERATİF TEDAVİ

Rejeneratif (yenilenme) tedavi, normal işlevin yeniden kazandırılması amacıyla hasar görmüş insan hücrelerinin onarılması, değiştirilmesi veya **yenilenmesi** ile **yeni doku** ve organların oluşturulmasına odaklanan bir tıp alanıdır. Bu; kök hücreler, trombositten zengin plazma (PRP) veya mühendislik ürünü materyaller gibi biyolojik araçlar kullanılarak, vücudun kendi iyileşme yeteneğinden yararlanılmasıyla gerçekleştirilir.

Dünya genelindeki laboratuvarlarda bilim insanları, kök hücreleri biyomalzemelerle birleştirmektedir. Biyomalzemeler, yeni hücrelerin büyümesi için "iskelet" görevi görebilen maddelerdir. Örneğin bir hastanın derisinin bir bölümü zarar görmüşse, bilim insanları kök hücrelerin gelişip yeni doku oluşturabileceği biyomalzeme matrisi hazırlayabilmektedir.

Bir diğer ileri yöntem ise organoidlerin oluşturulmasıdır. Organoidler, laboratuvar koşullarında kök hücrelerden geliştirilen minyatür organlardır. Bunlar tam işlevli organlar değildir; ancak belirli işlevleri taklit edebilir ve ilaçların test edilmesinde veya hastalıkların araştırılmasında kullanılabilir.

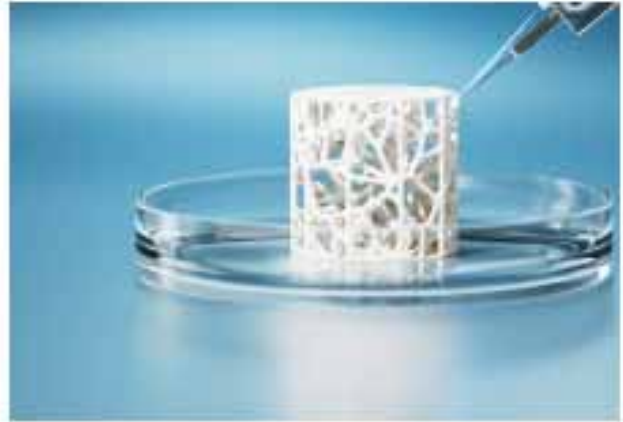
En geleceğe yönelik teknoloji ise biyobaskıdır – hücreleri "yazdırın" 3 boyutlu (3B) yazıcıların kullanılmasıyla kalp veya karaciğer parçaları gibi karmaşık yapıların oluşturulmasıdır. Bu teknoloji hâlâ gelişme aşamasında olsa da gelecekte "kişiyeye özel" organların üretilebileceğini vaat etmektedir. Böylece donör organlara olan bağımlılığın azalması mümkün olabilir.

IN VITRO DOKU KÜLTÜRÜ

In vitro terimi "cam içinde" anlamına gelir ve organizma dışında, kontrollü laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen süreçleri ifade eder. **Doku kültürü** hücrelerin besleyici ortamlarda ve steril koşullarda büyüyüp gelişmesini sağlar. Böylece bilim insanları hücreleri inceleyebilir, yönlendirebilir ve yeni dokular oluşturmak için kullanabilir. Bu yöntem; rejeneratif tıbbın, ilaç testlerinin ve kişiyeye özel tedavilerin temelini oluşturmaktadır. Hastadan alınan hücreler kültüre edilerek nakil sırasında reddedilme riskinin azaltılması amaçlanmaktadır.



Organoid doku, Organoid, in vitro ortamda üretilen, küçültülmüş ve basitleştirilmiş bir organ modelidir



3 boyutlu yazıcıyla üretilmiş kemik örneği

Doku kültürü günümüzde hayat kurtaran uygulamalara sahiptir. Yanık hastalarında, sağlam deriden hücreler ayrıştırılarak çoğaltılır ve nakil için yeni deri tabakaları oluşturulur. Benzer şekilde, korneadan alınan hücreler kültüre edilerek hasar görmüş gözlerde görme işlevinin yeniden kazanılmasına yardımcı olabilir. Araştırmalar, *in vitro* ortamda elde edilen kalp hücrelerinin hasarlı kalp dokusunun tedavisinde yardımcı olabileceğini göstermektedir. Ayrıca organoidler – organların minyatür modelleri – ilaçların test edilmesinde ve hastalıkların araştırılmasında kullanılmaktadır. Böylece doku kültürü, laboratuvar ile klinik arasında bir köprü hâline gelerek tıp alanında yeni olanaklar sunmaktadır.



Doku kültürünün hazırlanması

ETİK VE PRATİK YÖNLER

In vitro doku kültürü çok yararlı olmakla birlikte bazı zorluklara da sahiptir. Etik açıdan bakıldığında, embriyolardan elde edilen kök hücrelerin kullanımına göre daha az tartışmalıdır; çünkü çoğunlukla erişkin hastalardan veya bağışçılardan alınan hücreler kullanılmaktadır. Bununla birlikte, her zaman bilgilendirilmiş onamın bulunması önemlidir – hastalar, hücrelerinin nasıl kullanılacağını ve biyolojik materyallerinin nasıl saklanacağını bilmelidir.

Bilimsel zorluklar, laboratuvar ortamındaki hücrelerin her zaman vücuttaki gibi davranmamasıyla ilişkilidir. Bazen ilaçlara farklı tepki verirler veya tam işlevli dokulara dönüşemezler. Bu nedenle sonuçlar, hastalarda uygulanmadan önce dikkatle değerlendirilmelidir. Pratik sınırlamalar da önemli bir engeldir – süreç pahalıdır; steril laboratuvarlar, özel ekipmanlar ve eğitilmiş personel gerektirir. Ayrıca işlevsel bir dokunun oluşturulması haftalar hatta aylar sürebilir.

Bütün bu zorluklara rağmen, *in vitro* doku kültürü çok büyük bir değere sahiptir. Günümüzde bile hayat kurtarmakta ve tıp alanında yeni imkânlar sunmaktadır. Bu nedenle, bu tedaviyi daha güvenli, daha etkili ve daha fazla insan için ulaşılabilir hâle getirecek araştırma ve teknoloji geliştirme çalışmalarının sürdürülmesi önemlidir.

Etkinlik

1. Araştırma Görevi

Küçük gruplara ayrılın. Her grup, kök hücrelerin veya doku kültürünün kullanıldığı güncel bir tıbbi uygulama örneği araştırın. Bulgularınızı sınıfta sunun.

2. Eleştirel Düşünme Soruları / Münazara

Sınıf arkadaşlarınızla şu konular üzerine tartış: "İsteğe göre organ üretebilseydik sağlık sistemi nasıl değişirdi?" ve "Doku kültürü kontrolsüz şekilde kullanılırsa hangi riskler ortaya çıkabilir?"

3. Poster Hazırlama

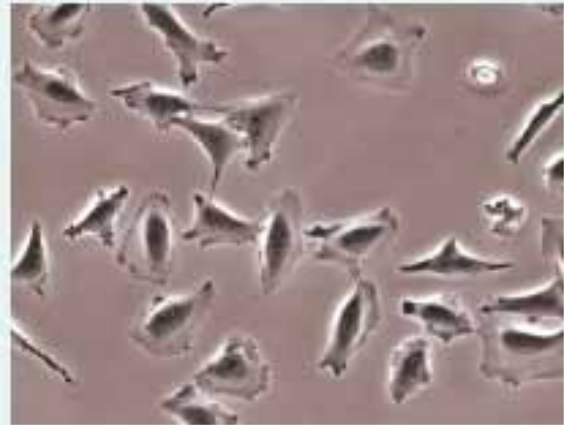
In vitro doku kültürü sürecini ve/veya farklı kök hücre türlerini ve kullanım alanlarını görsel olarak gösteren bir poster tasarla ve hazırla.

Tekrar Soruları

1. Kök hücrelerin ne olduğunu açıklayın ve onların iki temel özelliğini belirt.
2. Kök hücre teknolojisinin hastalıkların tedavisinde nasıl kullanılabileceğini açıklayın ve somut bir örnek ver.
3. Rejeneratif tedavi nedir ve hangi biyoteknolojiler tarafından desteklenmektedir?
4. Kök hücrelerin ve *in vitro* doku kültürünün uygulanmasıyla ilgili başlıca etik ve bilimsel zorluklar nelerdir?

İlginç Biyoloji!

- Semenderler; bacak, kuyruk, hatta kalp ve gözün bazı bölümleri gibi tüm vücut parçalarını yeniden oluşturabilirler.
- Deniz yıldızları, tek bir koldan tamamen yeni bir vücut geliştirebilirler.
- Yaprak veya gövdenin küçük bir parçası, uygun koşullara yerleştirildiğinde tamamen yeni bir bitkiye dönüşebilir. Bu, doğal bir "doku kültürü" örneğidir.
- Bilim insanları, hücrelerin mikro yerçekimi koşullarında nasıl büyüdüğünü araştırmaktadır. İlginç olan, bazı hücrelerin uzayda Dünya'dakinden daha hızlı bölünmesidir.
- 2006 yılında bilim insanları, *in vitro* ortamda kültüre edilmiş hücrelerden işlevsel bir mesane oluşturmayı ve bunu bir hastaya nakletmeyi başarmıştır – bu, insanlarda doku mühendisliğinin ilk başarılı uygulaması olarak kabul edilmektedir.
- Japon balıkları ve zebra balıkları, kalp ve beyin bazı bölümlerini yeniden oluşturabilmektedir. Bu özellikleri onları rejeneratif tıp araştırmaları için önemli modeller hâline getirmektedir.
- 1951 yılında rahim ağzı kanserinden elde edilen ünlü HeLa hücre hattı, günümüzde hâlâ dünyanın binlerce laboratuvarında kullanılmaktadır. Bu hücreler, kültür ortamında sonsuz şekilde bölünebildikleri için "ölümsüz" hücreler olarak kabul edilmektedir.



4.12 Modern Biyoteknoloji Uygulamaları: Klonlama, DNA Tanısı, Gen Tedavisi ve Biyofarmasi

Hatırla!

- Bazı ikizler neden birbirine çok benzerken bazı ikizler benzemez?
- "Transplantasyon" kavramı ne anlama gelir?
- Dolly adlı koyunu duydunuz mu?

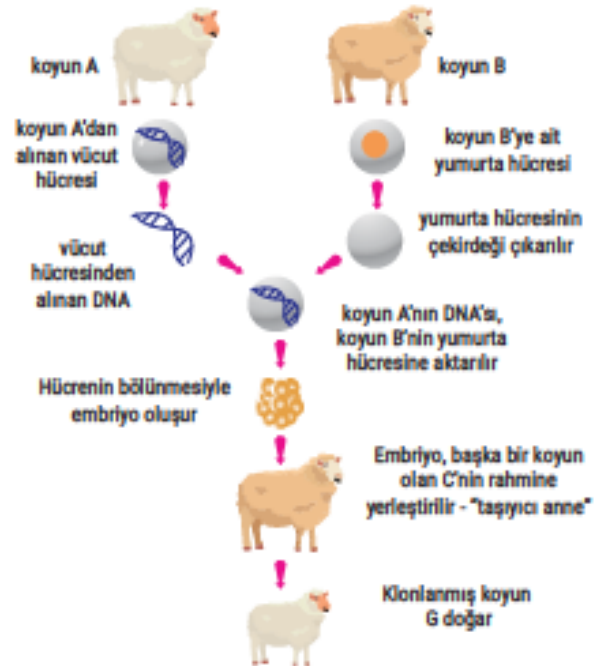
Modern biyoloji, tıbbi sürekli değiştiren bir bilim dalıdır. Günümüzde biyoteknoloji sayesinde insan; hücrelerin ve organların kopyalarını oluşturma, genetik bilgileri okuma ve düzeltme, ayrıca canlı organizmalar yardımıyla ilaç üretme imkânına sahiptir. Bu teknolojiler yalnızca bilimsel deneyler değildir – artık kliniklerde ve laboratuvarlarda uygulanmakta ve önemleri her geçen gün artmaktadır.

KLONLAMA – DOLLY KOYUNUNDAN GELECEĞİN TIBBINA

Klonlama, yaşamın özüne ilişkin sorular ortaya koyduğu için biyolojideki en heyecan verici konulardan biridir. **Klonlama**; genetik olarak özdeş kopyaların oluşturulması sürecidir. Bunlar DNA molekülleri, hücreler, dokular hatta tüm organizmalar olabilir.

Doğa bize klonlamanın örneklerini kendisi göstermektedir. Tek yumurta ikizleri doğal "klonlar"dır; çünkü tek bir döllenmiş yumurta hücresinden oluşurlar ve aynı genetik materyale sahiptirler. Bitkilerde ise klonlama daha da belirgindir: bir dal veya yapraktan, orijinaliyle genetik olarak aynı olan tamamen yeni bir bitki gelişebilir. Vejetatif çoğalma olarak bilinen bu özellik, doğal klonlamanın bir biçimidir.

İnsanlar uzun zamandır doğal klonlamayı taklit etmeye çalışmaktadır. Kurbağaların klonlanmasıyla ilgili ilk deneyler 1950'li yıllarda yapılmış; bilim insanları, bir hücrenin çekirdeğini başka bir hücreye aktararak embriyolar oluşturmaya başarmıştır. Ancak gerçek devrim 1996 yılında İskoçya'da Dolly adlı koyunun doğmasıyla gerçekleşmiştir. Dolly, olgun bir vücut hücresinden klonlanan ilk memelidir. Bu süreçte bilim insanları, bir koyunun meme bezinden aldıkları hücreyi, çekirdeği daha önce çıkarılmış bir yumurta hücresiyle birleştirmiştir. Böylece oluşan embriyo daha sonra taşıyıcı anneye yerleştirilmiştir. Beş ay sonra Dolly doğdu; çekirdeği alınan hücrenin



Dolly koyununun klonlanmasının şematik gösterimi

ait olduğu koyunun genetik olarak özdeş bir kopyasıydı. Bu olay, tek bir hücreden bütün bir organizmanın oluşturulmasının mümkün olduğunu göstermiş ve tıp ile biyoteknoloji için yeni ufuklar açmıştır.

Bununla birlikte, bir organizmanın orijinaliyle tamamen aynı şekilde oluşturulmasını ifade eden üreme amaçlı klonlama, klonlamanın en tartışmalı türüdür. Çünkü hayvanların ve insanların klonlanmasıyla ilgili etik sorular gündeme getirmektedir.

Tıpta ise terapötik klonlama adı verilen bir uygulama bulunmaktadır. Bu yöntem, tedavi amacıyla hücre ve dokuların oluşturulmasını sağlar. Örneğin bir hastanın karaciğeri hasar görmüşse, gelecekte onun kendi hücrelerinden yeni doku klonlanarak oluşturulabilir. Böylece nakil sırasında ortaya çıkan doku reddi riski azaltılmış olur.

Klonlama, **transplantasyon** (organ ve doku nakli) yani bir organdan başka bir kişiye organ nakledilmesi ile de yakından ilişkilidir. Günümüzde organ nakilleri donörlere bağlıdır ve organ yetersizliği sıkça yaşanmaktadır. Klonlama, bir gün her hastanın kendi hücrelerinden oluşturulmuş "kişiye özel" bir organa sahip olabileceği umudunu vermektedir. Bu yaklaşım, hastalıkların tedavisi açısından en umut verici yöntemlerden biri olarak görülmektedir.

Ayrıca günümüzde moleküler ve hücresel klonlama da yapılmaktadır. Bu yöntemlerde araştırma ve tıbbi amaçlarla genler veya hücreler kopyalanmaktadır. Bu uygulama, bilimsel araştırma laboratuvarlarında günlük çalışmaların bir parçasıdır.

DNA TEKNOLOJİLERİYLE TANI – GENETİK KİTABIN OKUNMASI

DNA'mız, bizimle ilgili tüm bilgilerin yazılı olduğu bir kitap gibidir. Ancak bazen bu kitapta "hatalar" ortaya çıkar – kalıtsal hastalıklara yol açan mutasyonlar. **DNA teknolojileriyle yapılan tanı yöntemleri**, bu hataların belirlenmesini sağlar. DNA dizilemesi sayesinde bilim insanları; kistik fibrozis, hemofili veya kalıtsal kanser türleri gibi hastalıklara neden olan mutasyonları belirleyebilmektedir.

Birçok ülkede, doğumdan hemen sonra yenidoğanda olası kalıtsal hastalıkları belirlemek amacıyla genetik testler yapılmaktadır. Örneğin kistik fibrozis, DNA analiziyle tespit edilebilir. Hastalık erken dönemde belirlenirse, yaşamın ilk aylarından itibaren tedaviye başlanabilir ve bu durum yaşam kalitesini önemli ölçüde artırır.

BRCA1 veya BRCA2 genlerinde kalıtsal mutasyon taşıyan kadınların meme veya yumurtalık kanserine yakalanma riski çok daha yüksektir. Genetik testlerle bir kadının bu mutasyonu taşıyıp taşımadığı belirlenebilir. Sonuç pozitif çıkarsa daha sık kontroller, yaşam tarzı değişiklikleri hatta koruyucu cerrahi müdahaleler gibi önlemler alınabilir.

Ayrıca fetüsten alınan DNA'nın incelenmesiyle, gebelik sırasında çeşitli genetik bozukluklar da tespit edilebilmektedir. Bu durum, ebeveynlerin ve doktorların çocuğun ihtiyaçlarına doğumdan önce hazırlanmasına olanak sağlar. Bütün bunlar, tanının yalnızca ilk adım olduğunu göstermektedir. Bir sonraki adım ise genetik terapi, yani genetik koddaki hataların düzeltilmeye çalışılmasıdır.

GENETİK TERAPİ

Eğer bir hastalık bozuk bir genden kaynaklanıyorsa, çözüm bu görevi üstlenecek sağlıklı bir genin hücreye aktarılmasıdır. CRISPR-Cas9 teknolojisi, DNA'nın hassas biçimde "kesilmesini" ve düzeltilmesini sağlar; adeta makas ve yapıştırıcıyla çalışmak gibi. Örneğin bazı hastalarda körlük, retinanın işlevini bozan kusurlu bir genden kaynaklanmaktadır. **Genetik terapiyle**, viral bir taşıyıcı aracılığıyla gözle ilgili sağlıklı bir gen aktarılır. Bu gen işlevi devralır ve görmenin kısmen geri kazanılmasını sağlayabilir.

Kas distrofisi, bozuk bir gen nedeniyle kasların giderek zayıfladığı bir hastalıktır. Genetik terapi ile bilim insanları, işlevi düzeltecek sağlıklı bir geni hücrelere aktarmaya ve hastalığın ilerlemesini yavaşlatmaya çalışmaktadır.

Bir diğer örnek ise hemofili hastalığıdır. Hemofili, belirli bir proteinin eksikliği nedeniyle kanın normal şekilde pıhtılaşmadığı bir hastalıktır. Genetik terapi sayesinde hastanın hücrelerine, bu proteinin üretilmesini sağlayan bir gen aktarılır. Böylece tehlikeli kanama riski azaltılmış olur.

Bu yöntemler devrim niteliğinde kabul edilmektedir; çünkü yalnızca hastalığın belirtileri değil, doğrudan hastalığın nedeni tedavi edilmeye çalışılmaktadır.

BIYOFARMASI – CANLI HÜCRELERDEN İLAÇLAR

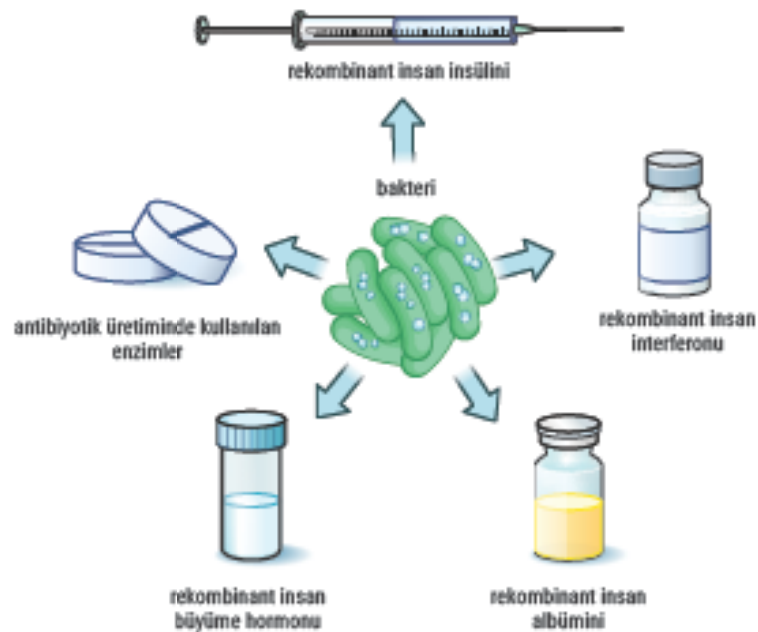
Eczacılık her zaman kimya ile bağlantılı olmuştur; çünkü yeni ilaçların geliştirilmesi çoğunlukla moleküllerin sentezlenmesi yoluyla gerçekleşmiştir. Son yıllarda ise **biyofarmasi** adı verilen yeni bir alan gelişmiştir. Bu alan; ilaç üretiminde bakteriler, mayalar ve hatta memeli hücreleri gibi canlı organizmaları kullanmaktadır.

Bu alandaki ilk büyük başarı, genetik olarak değiştirilmiş bakteriler yardımıyla insülin üretilmesi olmuştur. Biyoteknolojik insülinin keşfinden önce diyabet hastaları, hayvan pankreasından elde edilen insülin kullanıyordu. Bu insülin çoğu zaman istenmeyen yan etkilere yol açıyordu. Rekombinant DNA teknolojisinin uygulanmasıyla bilim insanları, insan genini bakterilere aktarmış ve bu bakteriler saf insan insülini üretmeye başlamıştır. Bu insülin saf, güvenli ve doğal insan insüliniyle özdeştir; günümüzde tüm dünyada kullanılmaktadır.

Günümüzde biyofarmasötik yöntemlerle monoklonal antikorlar da üretilmektedir. **Monoklonal antikorlar**, laboratuvarda üretilen protein molekülleridir ve kanser hücrelerinin yüzeyindeki belirli antijenleri tanıyabilmektedir. Vücuda verildiklerinde bu antijenlere bağlanır ve bağışıklık sistemini onları yok etmesi için harekete geçirirler. Bu tedavi yöntemi oldukça hassastır ve klasik kemoterapiye göre daha az yan etkiye sahiptir.

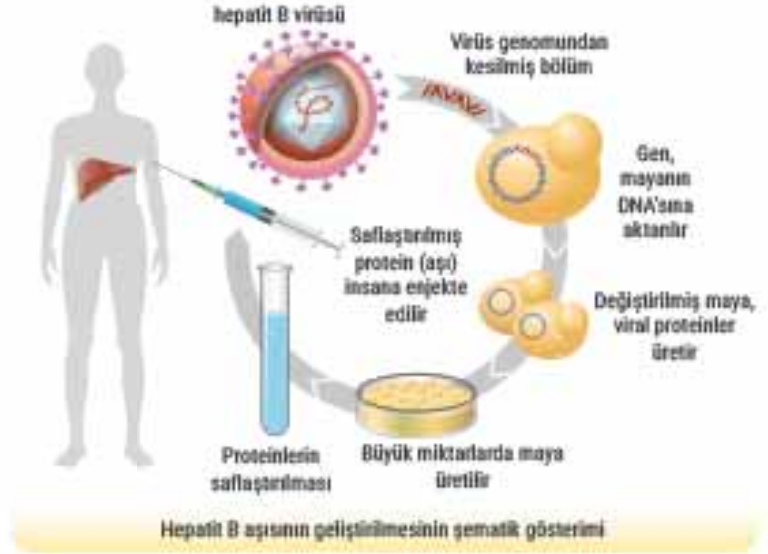
Aşılar da biyofarmasinin ürünlerindendir. Hepatit B gibi viral hastalıklara karşı geliştirilen aşılar, rekombinant DNA teknolojisiyle üretilmektedir. Bilim insanları tüm virüsü kullanmak yerine, onun yalnızca bir protein parçasını laboratuvar ortamında üretmektedir. Bu protein, bağışıklık sistemine virüsü tanımayı ve yok etmeyi öğretmek için yeterlidir; ancak hastalığa neden olmaz.

Modern biyoloji, tıbbın geleceğine bakmamızı sağlamaktadır. Klonlama, kişiye özel organların oluşturulması için olanak sunarken; DNA tanısı hastalıkların



Genetik olarak değiştirilmiş bakteriler, tıpta çok sayıda maddenin üretiminde kullanılmaktadır

erken dönemde belirlenmesini, genetik terapi mutasyonların düzeltilmesini ve biyofarmasi yeni ilaçların geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak bütün bu teknolojiler günümüzde önemli soruları da beraberinde getirmektedir. Organların veya tüm organizmaların klonlanması kabul edilebilir midir? Hastaların genetik bilgilerinin kötüye kullanılmasına karşı nasıl koruma sağlanmalıdır? Biyoteknolojik ilaçlar, maliyetleri ne olursa olsun herkes için erişilebilir olmalı mıdır?



Etkinlik

Münazara: "Klonlama – Umut Mu Yoksa Tehdit Mi?"

İki gruba ayrılın. Birinci grup, klonlamanın sağladığı yararları savunsun; ikinci grup ise riskleri ve etik ikilemleri vurgulasın.

Tekrar Soruları

1. Klonlamanın ne olduğunu açıklayın ve doğadan ve modern biyoteknolojiden örnekler ver.
2. Dolly koyunu biyoloji tarihinde neden önemli bir örnektir ve onun doğumu neyi kanıtlamıştır?
3. Genetik terapinin genetik hastalıkların tedavisindeki rolünü açıklayın ve başarılı şekilde uygulandığı bir örnek ver.
4. Biyofarmasi nedir ve klasik eczacılıktan hangi yönleriyle ayrılır? Biyoteknolojik yöntemlerle üretilen ilaçlara örnekler ver.

İlginç Biyoloji!

- Dolly, 1996 yılında olgun bir vücut hücresinden klonlanan ilk memelidir. Altı yıl yaşamış ve yavrular sahibi olmuştur; bu da klonlanmış hayvanların üreyebildiğini göstermiştir.
- 2001 yılında Teksas'ta "CC" (Copy Cat) adlı ilk klon kedi oluşturulmuştur. CC, 18 yıl yaşamış ve 2020 yılında ölmüştür; bu süre bir ev kedisi için uzun ve sağlıklı bir yaşam olarak kabul edilmektedir.
- 2005 yılında Güney Kore'de bilim insanları, Afgan tazısı cinsinden bir köpeği klonlamış ve ona Snuppy adını vermiştir (isim, Seoul National University'nin kısaltması olan SNU ile puppy – köpek yavrusu – kelimesinden oluşmaktadır).
- Bazı ülkelerde daha fazla süt veren veya daha kaliteli özelliklere sahip sürüler elde etmek amacıyla inekler klonlanmaktadır. Bu durum, klonlamanın yalnızca tıbbi bir teknoloji olmadığını, aynı zamanda ekonomik kullanım alanlarının da bulunduğunu göstermektedir.

KONUNUN ÖZETİ



- ✓ Uygulamalı biyoloji, insanın hizmetindeki biyolojidir ve tıp, tarım, sanayi ve ekoloji alanlarında kullanılmaktadır.
- ✓ Biyoteknoloji; gıda, ilaç, enerji ve materyal üretimi için canlı organizmaları ve onların hücrelerini kullanan bilim dalıdır. Geleneksel biyoteknoloji fermentasyon ve bitki seçilimine dayanırken, modern biyoteknoloji genetik mühendisliği ve sentetik biyolojiyi kullanmaktadır.
- ✓ Biyogaz, biyoetanol ve biyodizel gibi biyoyakıtlar, fosil yakıtlara alternatif oluşturmakta ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır.
- ✓ Biyoplastik, klasik plastiğin biyobozunur bir alternatifidir ve döngüsel ekonominin bir parçasıdır.
- ✓ Biyoreaktörlerde mikroorganizmalar kontrollü koşullarda kültüre edilmekte ve enzimler, hormonlar veya biyoyakıtlar gibi ürünler üretmektedir.
- ✓ Genetik mühendisliği, genlerin eklenmesi, çıkarılması veya değiştirilmesi yoluyla DNA'nın doğrudan değiştirilmesini sağlamaktadır.
- ✓ Genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO/GMO), böceklerle veya kuraklığa dayanıklılık ya da tedavi edici protein üretimi gibi yeni veya geliştirilmiş özelliklere sahip olmaları amacıyla oluşturulmaktadır.
- ✓ Sentetik biyoloji, yalnızca mevcut genleri değiştirmekle kalmaz; aynı zamanda tamamen yeni işlevlere sahip biyolojik sistemler tasarlamaktadır.
- ✓ CRISPR-Cas9 teknolojisi, genlerin büyük bir hassasiyetle düzenlenmesini sağlayan "genetik makaslar" olarak tanımlanmaktadır.
- ✓ Bitki biyoteknolojisi, küçük eksplantlardan özdeş bitkiler elde etmek için doku kültürü ve mikroçoğaltma yöntemlerini kullanmaktadır.
- ✓ Totipotensi, bir bitki hücresinin tamamen yeni bir bitkiyi yeniden oluşturabilme yeteneğidir ve doku kültürünün temelini oluşturmaktadır.
- ✓ Mikroçoğaltma, klonların yani genetik olarak özdeş bitkilerin elde edilmesini sağlar. Bu yöntem, virüssüz fideler ve seri üretim için kullanılmaktadır.
- ✓ Mikrobiyolojik biyoteknoloji; fermentasyona ve gıda, antibiyotik, enzim, hormon ve aşı üretimi için mikroorganizmaların kullanılmasına dayanmaktadır. Fermentasyon sayesinde ekmek, yoğurt, şarap ve bira üretilmektedir.
- ✓ Adli biyoloji; suç araştırmalarında ve felaketlerde kişilerin belirlenmesi için kan, saç, tükürük ve deri gibi biyolojik izleri kullanmaktadır.
- ✓ Biyoinformatik; biyoloji, bilişim ve matematiğin birleşimidir ve genom analizinde, hastalıklarla ilişkili genlerin bulunmasında ve yeni ilaçların geliştirilmesinde kullanılmaktadır.
- ✓ Yapay zekâ, büyük biyolojik veri tabanlarının analiz edilmesini ve kişiye özel tıbbın geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.
- ✓ Biyogüvenlik; biyolojik materyallerle güvenli çalışmayı ve kötüye kullanımı önlemeyi sağlayan önlemler ve protokoller sistemidir.
- ✓ Tıpta kök hücreler, kendini yenileme ve farklılaşma özelliklerine sahip oldukları için rejeneratif tedavide kullanılmaktadır.
- ✓ Biyobaskı, canlı hücrelerden 3 boyutlu yazıcılar yardımıyla yapılar oluşturulmasını sağlar ve "kişiye özel" organların geleceği olarak görülmektedir.
- ✓ Klonlama, genetik olarak özdeş kopyaların oluşturulmasıdır ve doğal, üreme amaçlı veya terapötik olabilir.
- ✓ DNA tanısı, kalıtsal hastalıkların erken dönemde belirlenmesini ve hastalarda önleyici tedbirlerin alınmasını sağlar. Genetik terapi ise kusurlu genlerin düzeltilmesine ve sağlıklı genlerin aktarılması yoluyla hastalıkların tedavi edilmesine olanak vermektedir.
- ✓ Biyofarmasî; rekombinant insülin, monoklonal antikorlar ve modern aşılar gibi ilaçları canlı hücrelerden üretmektedir.
- ✓ Her biyoteknolojik gelişme etik soruları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle biyoteknolojinin sorumlu şekilde uygulanması, düzenlenmesi ve yararları ile riskleri hakkında toplumsal tartışmalar yapılması gereklidir.

Konu 4 İçin Tekrar Soruları

1. Uygulamalı biyoloji en iyi nasıl tanımlanır?
 - a) Canlı organizmaları inceleyen teorik bir bilim dalı
 - b) İnsanın hizmetinde olan ve pratik uygulamalara sahip biyoloji
 - c) Yalnızca tarımla ilgilenen bilim dalı
 - d) Hücrelerin mikroskop altında gözlemlenmesi yöntemi
2. Geleneksel biyoteknolojiye örnek hangisidir?
 - a) Rekombinant insülin üretimi
 - b) Ekmek ve şarabın fermentasyonu
 - c) CRISPR teknolojisinin kullanılması
 - d) Sentetik biyoloji
3. Genetik mühendisliği nedir?
 - a) Biyokütleden enerji elde etme süreci
 - b) DNA'daki genlerin hassas şekilde düzenlenmesi tekniği
 - c) Laboratuvarda hücrelerin gözlemlenmesi yöntemi
 - d) Biyoplastik üretimi
4. Genetik mühendisliğiyle elde edilen ilk rekombinant ilaç hangisidir?
 - a) Büyüme hormonu
 - b) İnsülin
 - c) Eritropoietin
 - d) Hepatit B aşısı
5. Sentetik biyoloji, genetik mühendisliğinden hangi yönüyle ayrılır?
 - a) Yalnızca mevcut genleri değiştirir
 - b) Tamamen yeni işlevlere sahip yeni biyolojik sistemler tasarlar
 - c) Yalnızca tarımda kullanılır
 - d) Mikroorganizmaları kullanmaz
6. CRISPR-Cas9 teknolojisine neden "genetik makas" adı verilmektedir?
 - a) Hücredeki tüm mikroorganizmaları yok ettiği için
 - b) DNA'nın belirli bölümlerini hassas şekilde kesip değiştirebildiği için
 - c) Antibiyotik üretiminde kullanıldığı için
 - d) Fermentasyon için kullanıldığı için
7. Bir bitki hücresinin tamamen yeni bir bitki oluşturabilme yeteneğini hangi kavram ifade eder?
 - a) Uyumlaştırma
 - b) Totipotensi
 - c) Kallus
 - d) Mikroçoğaltma
8. Bitkilerde mikroçoğaltmanın temel ilkesi nedir?
 - a) Her bitki tohumdan elde edilir.
 - b) Küçük bir eksplanttan çok sayıda özdeş bitki (klon) elde edilir.
 - c) Yalnızca süs bitkileri için kullanılır.
 - d) Hibritleşme yoluyla yeni çeşitler elde edilir.
9. Adli biyoloji hangi amaçla kullanılır?
 - a) Biyoplastik üretimi
 - b) Biyolojik izler yoluyla kişilerin belirlenmesi
 - c) Biyogaz üretimi
 - d) Biyosensörlerin geliştirilmesi
10. Biyoinformatik hangi alanların birleşimidir?
 - a) Biyoloji, bilişim ve matematik
 - b) Kimya, fizik ve mühendislik
 - c) Tarım, ekoloji ve tıp
 - d) Biyoloji ve sanat
11. Hangi kök hücre türü en yüksek farklılaşma potansiyeline sahiptir?
 - a) Erişkin kök hücreler
 - b) İndüklenmiş pluripotent hücreler
 - c) Embriyonik kök hücreler
 - d) Kan hücreleri
12. Biyoplastik neden döngüsel ekonominin bir parçası olarak kabul edilir?
 - a) Petrol ve gazdan elde edildiği için.
 - b) Biyolojik hammaddelerden elde edilip doğal olarak parçalandığı için.
 - c) Parçalanmadığı ve yüzyıllarca kaldığı için.
 - d) Zehirli olduğu ve çevreyi kirlettiği için.
13. İnsanlarda genetik mühendisliğiyle ilgili en büyük etik sorun nedir?
 - a) Kalıtsal hastalıkların tedavisi için insan genlerinin düzenlenmesinin doğru olup olmadığı.
 - b) Atıklardan biyogaz elde edilip edilemeyeceği.
 - c) Fermentasyonda maya kullanılıp kullanılamayacağı.
 - d) Biyoplastik üretiminin mümkün olup olmadığı.
14. Biyoyakıtlar neden fosil yakıtlara göre daha iyi bir alternatif olarak kabul edilir?
 - a) Milyonlarca yılda oluştukları için.

- b) Daha düşük sera gazı salımı yaptıkları ve yenilenebilir oldukları için.
c) Yalnızca petrolden elde edildikleri için.
d) Parçalanmadıkları için.
15. Laboratuvarlarda CRISPR-Cas9 kullanılarak bozuk bir gen kesiliyor. Bilim insanları bunu sağlıklı bir genle değiştirmek istiyorsa sonraki adım ne olur?
a) Hücre, bozuk geni değiştirmeden kendiliğinden yok eder.
b) Onarım için şablon olarak yeni bir DNA dizisi aktarılır.
c) Fermantasyon enzimi eklenir.
d) Antibiyotik üretimi için mikroorganizma kullanılır.
16. Biyoteknolojinin temel ilkesi nedir?
a) Enerji üretimi için fizik yasalarının kullanılması.
b) Yararlı materyaller elde etmek için canlı organizmaların veya onların ürünlerinin kullanılması.
c) Hücrelerin katılımı olmadan kimyasal reaksiyonların kullanılması.
d) Yeni organlar oluşturmak için mekanik cihazların kullanılması.
17. CRISPR-Cas9 teknolojisinin temel mekanizması nedir?
a) Bakteriler tarafından yeni proteinlerin sentezlenmesi.
b) DNA'nın hassas şekilde kesilip onarılması.

- c) Anaerobik fermantasyon yoluyla biyogaz üretimi.
d) Doku kültürü ile hücrelerin klonlanması.

18. Bitki biyoteknolojisinin kullanımına örnek hangisidir?
a) Antibiyotik üretimi.
b) Virüssüz fideler elde etmek için doku kültürü.
c) Monoklonal antikor üretimi.
d) İnsan genomunun dizilenmesi.

19. Teknolojiyi, kullanım alanıyla eşleştiriniz:

Teknoloji	Uygulama	sayı - harf
1. biyogaz	a) genlerin hassas şekilde düzenlenmesi	
2. biyoplastik	b) virüssüz fidelerin seri üretimi	
3. bitki doku kültürü	c) anaerobik fermantasyon yoluyla enerji üretimi	
4. monoklonal antikorlar	d) biyobozunur ambalaj materyalleri	
5. CRISPR-Cas9	e) hassas hedefe yönelik tedavi	

KAVRAM (TERİMOLOJİK) SÖZLÜĞÜ

BioBricks – Yeni biyolojik sistemler oluşturmak amacıyla "lego bloklar" gibi birleştirilebilen standartlaştırılmış genetik parçalar.

Cas9 – DNA'yı belirli bir noktadan kesen enzim ("genetik makas").

ChatGPT – Gerçek bir insanla konuşuyormuş gibi iletişim kurulabilen bir yapay zekâ uygulaması. Bu araç; insanların kelimeleri nasıl sıraladığını ve düşünceleri nasıl oluşturduğunu öğrenmek amacıyla internetten alınan çok büyük miktarda metinle (kitaplar, makaleler, kodlar, konuşmalar) "eğitilmiştir". İnsan gibi "düşünmez"; yalnızca sorulan soruya dayanarak cümledeki bir sonraki en mantıklı kelimayı tahmin eder.

CRISPR-Cas9 – Bakterilerde bulunan doğal bir mekanizmaya dayanan, genlerin hassas şekilde düzenlenmesini sağlayan araç.

Golden Rice – β -karoten (provitamin A) üreten genetik olarak değiştirilmiş pirinç.

In vitro kültür – Bitki hücrelerinin veya dokularının steril laboratuvar koşullarında yetiştirilmesi.

pH – Hidrojen iyonu (H^+) derişimini gösteren sembol; bir ortamın göreceli asitlik (asidite) ve bazlık (alkalilik) derecesini ölçen değer.

A

Adenozin trifosfat (ATP) – Hücrenin enerji molekülü.

Adli biyoloji – Suç araştırmalarında biyolojik yöntemlerin kullanılması.

Adrenalin (epinefrin) – Böbreküstü bezinin öz kısmından salgılanan; kalp atışını hızlandıran ve metabolizmayı artıran hormon ve nörotransmitter.

Aktin – Kas hücrelerinde bulunan ve kasılmaya katılan kontraktil protein.

Aldosteron – Böbreküstü bezinin kabuk kısmından salgılanan; vücutta sodyum ve su dengesini düzenleyen hormon.

Alerji – Bağışıklık sisteminin normalde zararsız olan maddelere karşı aşırı duyarlılık göstermesi durumu.

Alt ana toplardamar – Vücudun alt kısmından gelen kanı kalbin sağ kulaklığına taşıyan büyük toplardamar.

Alveol – Akciğerlerde bulunan, gaz alışverişinin gerçekleştiği ince duvarlı hava keseciği.

Antagonist – Bir başka kasın etkisine zıt yönde çalışan kas.

Antibiyotik – Mikroorganizmalar tarafından üretilen ve enfeksiyonların tedavisinde kullanılan biyolojik veya sentetik madde.

Antijen – Bağışıklık yanıtını uyaran yabancı madde.

Antikor – Belirli bir antijene karşı oluşan protein yapısındaki savunma molekülü.

Aort – Kalbin sol karıncığından çıkan büyük atardamar.

Arkadaş hücreleri (bitkilerde) – Floemde madde taşınmasına yardımcı özel hücreler.

Aşı – Hastalığa karşı bağışıklık oluşturmak amacıyla zayıflatılmış veya etkisiz hâle getirilmiş etkenleri içeren biyolojik preparat.

Aşı (vaksin) – Organizmayı belirli hastalıklara karşı koruyan biyolojik preparat.

B

Bağışıklama – Aşı yoluyla bağışıklık oluşturma işlemi.

Bağışıklık – Organizmanın hastalıklara karşı savunma yeteneği.

Baskın çoğalma – Bazı bitkilerde görülen ve genetik olarak ebeveyn bitkiyle özdeş bireylerin oluştuğu eşeysiz üreme şekli.

B-hücreleri – Antikor üreten bağışıklık sistemi hücreleri.

Bileşik çiçek – Birçok küçük çiçeğin birleşmesiyle oluşan çiçek topluluğu.

Bileşik meyve – Bir çiçeğin birden fazla yumurtalığından oluşan meyve.

Bitki dokusu – Bitkide belirli bir görevi yerine getiren benzer hücre topluluğu.

Biyodizel – Bitkisel yağlardan veya hayvansal yağlardan elde edilen yakıt.

Biyometanol – Şekerlerin veya bitkisel hammaddelerin fermentasyonu sonucu elde edilen alkol.

Biyofarmasi – Canlı hücreler yardımıyla ilaç üretimiyile ilgilenen bilim dalı.

Biyogaz – Organik maddelerin anaerobik fermentasyonu sonucu oluşan, metan ve karbondioksitten oluşan gaz karışımı.

Biyogüvenlik – Biyolojik materyallerle güvenli çalışmayı ve kötüye kullanımı önlemeyi amaçlayan önlemler sistemi.

Biyoinformatik – Biyolojik verilerin analizinde biyoloji, bilişim ve matematiği birleştiren bilim dalı.

Biyoplastik – Biyolojik hammaddelerden elde edilen biyobozunur plastik.

Biyoreaktör – Mikroorganizmaların kontrollü koşullarda yetiştirildiği ve yararlı maddeler ürettiği kapalı sistem.

Biyoteknoloji – Canlı organizmaların, hücrelerin veya onların ürünlerinin; gıda, ilaç, enerji ve materyal üretiminde kullanıldığı bilim dalı.

Boyuna büyüme – Kök ve gövdede bulunan büyüme dokularının etkisiyle gerçekleşen uzama.

Ç

Çanak yaprak – Çiçek tomurcuğunu koruyan yeşil yaprakçık.

Çapraz tozlaşma – Polenlerin aynı türden farklı bir çiçeğin dişiçik tepesine taşınmasıyla gerçekleşen tozlaşma şekli.

Çiçek – Bitkilerin üreme organı.

Çift döllenme – Çiçekli bitkilerde bir sperm hücresinin yumurta hücresiyle, diğerrinin ise kutup çekirdekleriyle birleşmesi olayı.

D

Damar ağı – Yaprak damarlarının oluşturduğu yapı.

Dermis – Derinin gerçek tabakası.

Difüzyon – Maddelerin yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa doğru hareketi.

Dikotiledonlar – Tohumunda iki çenek bulunan bitkiler.

Dişabet mellitus (şeker hastalığı) – Kanda glikoz düzeyinin yükselmesiyle karakterize hastalık.

Diyafram – Göğüs ve karın boşluğunu ayıran; solunumda görev alan kas yapısı.

DNA analizi – DNA örneklerinin incelenmesine yönelik laboratuvar yöntemi.

Doku – Belirli görevleri yerine getiren hücre topluluğu.

Doku kültürü – Hücre veya dokuların steril laboratuvar koşullarında yetiştirilmesi yöntemi.

Döllenme – Erkek ve dişi gametin birleşmesi olayı.

E

Eklemler – İki veya daha fazla kemiğin birleştiği bölge.

Ekskresyon – Metabolik atıkların vücuttan uzaklaştırılması süreci.

Eksplant – Doku kültüründe kullanılan küçük bitki parçası (meristem, yaprak, tomurcuk).

Elektrik – Yüklü parçacıkların akışı sonucu oluşan enerji türü.

Embriyo – Döllenmiş yumurtadan gelişen organizmanın erken evresi.

Endemik bitkiler – Yalnızca belirli bir bölgede yaşayan bitkiler.

Endosperm – Embriyonik bitkide besin depolayan doku.

Enzim – Kimyasal reaksiyonları hızlandıran biyolojik katalizör.

Erkek organ (stamen) – Polen üreten çiçek organı.

Etik – İnsan davranışlarını yönlendiren ahlaki değerler ve kurallar sistemi.

Etlî gövde – Su depolayan kalın gövde yapısı.

F

Fagositoz – Hücrenin büyük parçacıkları içine alması olayı.

Faktör – Bir olay üzerinde etkili olan unsur.

Fermantasyon – Oksijensiz ortamda enerji elde edilmesi süreci.

Fibrin – Kanın pıhtılaşmasında görev alan protein.

Filoklad – Yaprak görevini üstlenen değişime uğramış gövde.

Filtrasyon – Maddelerin süzülmesi işlemi.

Fizyoloji – Canlıların işlevlerini inceleyen bilim dalı.

Floem – Organik maddeleri taşıyan iletim dokusu.

Fraksiyon – Bir bütünün parçası.

G

GMO/GDO (genetiği değiştirilmiş organizma) – Genetik yapısı değiştirilmiş bitki, hayvan veya mikroorganizma.

Gen – DNA molekülünün, protein senteziyle ilgili bilgiyi taşıyan bölümü.

Genetik mühendisliği – Bir organizmanın genetik bilgisinin değiştirilmesi yöntemi.

Genetik terapi – Hastalıkların tedavisi amacıyla genlerin eklenmesi veya düzeltilmesi işlemi.

Geri bildirim – Sistem çıktısının yeniden sisteme etki etmesi.

Glikojen – Hayvan hücrelerinde depolanan polisakkarit.

Glomerül – Böbrekte Bowman kapsülü içinde bulunan kılcal damar yumağı.

Glomerüler filtrat – Glomerülden Bowman kapsülüne geçen süzölmüş sıvı.

Gövde – Bitkinin organlarını taşıyan ana eksen.

Gözlem – Olayların dikkatlice incelenmesi süreci.

Güvenilirlik – Doğruluk ve tutarlılık özelliği.

H

Havalandırma – Havanın akciğerlere girip çıkması süreci.

Hedef doku – Belirli hormona cevap veren doku.

Hemoglobin (Hb) – Oksijen taşıyan protein.

Hemostaz – Kanamanın durdurulması süreci.

Hepatit – Karaciğer iltihabı.

Herbaryum – Bitki örneklerinin kurutularak saklandığı koleksiyon.

Hermafrodit çiçek – Erkek ve dişi organları birlikte taşıyan çiçek.

Hidrofit – Suda yaşamaya uyum sağlamış bitki.

Hidrotropizm – Bitkinin suya yönelme hareketi.

Hipertonik – Hücre dışı çözeltinin daha yoğun olması durumu.

Hipotalamus – Homeostazı düzenleyen beyin bölgesi.

Hipotonik – Hücre dışı çözeltinin daha düşük yoğunlukta olması durumu.

Homeostaz – İç dengenin korunması.

Hormon – Belirli hücre veya organların çalışmasını düzenleyen kimyasal madde.

Humus – Toprağın organik maddece zengin kısmı.

Hücre – Canlıların temel yapı ve görev birimi.

Hücresel solunum – Organik maddelerin parçalanmasıyla enerji elde edilmesi süreci.

İ

İç kulak organı (Corti organı) – İşitmeden sorumlu yapı.

İletim demeti – Bitkilerde madde taşınmasını sağlayan yapı.

İletim dokusu – Bitkide madde taşınmasını sağlayan doku.

İnkübasyon – Mikroorganizmaların gelişmesi için uygun koşullarda bekletilmesi süreci.

İnterstisyel – Organlar veya yapılar arasındaki boşluklarla ilgili.

İzotonik – Hücre içi ve dışı çözeltinin aynı derişime sahip olması durumu.

K

Kallus – Eksplanttan oluşan farklılaşmamış hücre kitlesi.

Kan dolaşımı – Lenf dokusunun dolaşım sistemiyle bağlantılı bölgesi.

Kazık kök sistemi – Ana kökün baskın olduğu kök sistemi.

Kazık kök sistemi – Ana kökün baskın olduğu ve yan köklerin ondan geliştiği kök sistemi.

Kendine tozlaşma – Polenlerin aynı çiçeğin dişi tepesine ulaşmasıyla gerçekleşen tozlaşma biçimi.

Kılcal damar – Madde alışverişinin gerçekleştiği ince damar.

Kladod – Yaprak görevini üstlenen değişime uğramış gövde.

Klon – Genetik olarak özdeş organizma veya hücre topluluğu.

Klonlama – Genetik olarak özdeş kopyaların oluşturulması işlemi.

Kloroplast – Fotosentezin gerçekleştiği organel.

Kolajen – Bağ dokusuna dayanıklılık veren protein.

Kolenkima – Bitkilere destek sağlayan canlı destek dokusu.

Konferansiya – Belirli bir konuda uzmanların bir araya geldiği toplantı.

Konizm – Yakını net, uzağı bulanık görme kusuru.

Kotiledon – Embriyonik yaprak; çenek.

Kök (*bitkilerde*) – Bitkiyi toprağa bağlayan ve su-mineral alan organ.

Kök boğazı – Gövde ile kökün birleştiği bölge.

Kök hücreler (STEM) – Kendini yenileme ve farklılaşma yeteneğine sahip hücreler.

Ksilem – Su ve mineralleri taşıyan iletim dokusu.

Kuru meyve – Olgunlaştığında kuru hâle gelen meyve.

Kütikula – Bitkinin dış yüzeyini örten koruyucu tabaka.

L

Lenf – Lenf sistemindeki sıvı.

Ligament – Kemikleri birbirine bağlayan bağ dokusu.

Lizozom – Hücre içi sindirimden sorumlu organel.

M

Mekanik doku – Bitkiye destek sağlayan doku.

Meristem – Aktif bölünme yeteneğine sahip büyüme dokusu.

Metabolizma – Organizmadaki tüm kimyasal reaksiyonların bütünü.

Metamorfözlu organlar – Belirli görevler için değişime uğramış organlar.

Meyve – Çiçeğin yumurtalığından gelişen üreme organı.

Mezofit – Orta derecede nemli ortamlara uyum sağlamış bitki.

Mikroçoğaltma – Küçük bitki parçalarından çok sayıda özdeş birey elde edilmesi yöntemi.

Monokotiller – Tohumunda tek çenek bulunan bitkiler.

N

Nefron – Böbreğin yapı ve görev birimi.

Negatif geri bildirim – Homeostazi koruyan düzenleme mekanizması.

Nöron – Sinir sisteminin temel hücresi.

Nörotransmitter – Sinir hücreleri arasında impuls ileten kimyasal madde.

O

Organ – Belirli görevleri yerine getiren doku topluluğu.

Organel – Hücre içinde özel görevi olan yapı.

Organoid – Laboratuvar ortamında oluşturulan minyatür organ modeli.

Osmoz – Suyun yarı geçirgen zardan geçişi.

Osteoporoz – Kemik yoğunluğunun azalması hastalığı.

Ozmotik basınç – Çözeltinin su çekme gücü.

Öğrenme – Deneyim sonucu davranış değişikliği.

Öncül – Bilimsel araştırmalarda hipotez kurulmasına temel oluşturan düşünce veya ifade.

Özet – Bir metnin temel noktalarının kısa anlatımı.

Öznel – Kişisel görüşe dayanan.

P

Pacemaker (kalp pili) – Kalp atımlarını düzenleyen yapı.

Palisat tabakası – Yaprakta fotosentezin yoğun gerçekleştiği mezofil tabakası.

Paralel damarlanma – Yaprak damarlarının paralel uzanması.

Parenkima – Temel bitki dokusu.

Patojen – Hastalık yapan mikroorganizma.

Perikard – Kalbi saran çift katlı zar.

Plevra – Akciğerleri saran zar.

Polen – Erkek üreme hücresi taşıyan yapı.

Port damar sistemi – Sindirim organlarından gelen kanı karaciğere taşıyan sistem.

R

Refleks – Uyarana karşı verilen hızlı ve istemsiz tepki.

Refleks yayı – Refleksin gerçekleşmesini sağlayan sinirsel yol.

Rejeneratif terapi – Hasarlı dokuların yenilenmesine yönelik tıbbi yaklaşım.

Rekombinant DNA – Farklı organizmalardan alınan DNA parçalarının birleştirilmesiyle oluşturulan DNA.

Rekombinant hormon – Genetik mühendisliğiyle elde edilen hormon.

Reseptör – Uyarıları algılayan duyu yapısı.

Rizom – Toprak altında yatay uzanan değişime uğramış gövde.

RNA (ribonükleik asit) – Genetik bilginin protein sentezinde kullanılmasını sağlayan nükleik asit.

S

Sekonder meristem – Bitkide enine büyümeyi sağlayan büyüme dokusu.

Sentetik biyoloji – Yeni biyolojik sistemler tasarlayan bilim dalı.

Sfinkter – Açıklıkların genişliğini düzenleyen halka biçimli kas.

Sinaps – İki nöron arasındaki bağlantı bölgesi.

Sindirim – Besinlerin küçük moleküllere parçalanması süreci.

Sinerjist hücre – Polen tüpünün yönlendirilmesine yardımcı embriyo kesesi hücresi.

Sinir impulsu – Nöron boyunca yayılan elektriksel sinyal.

Sklerenkima – Kalın çeperli destek dokusu.

Soğan – Besin depolayan ve vejetatif çoğalmayı sağlayan değişime uğramış gövde.

Soluk borusu (trakea) – Gırtlığı bronşlara bağlayan boru.

Stolon – Yatay uzanan sürünücü gövde.

Stoma – Gaz alışverişini sağlayan epidermis açıklığı.

Sünger parankimasi – Yaprakta gaz alışverişinin yoğun olduğu mezofil tabakası.

Ş

Şema – Organların veya süreçlerin yapısını ve işleyişini gösteren görsel düzenleme.

Şok – Organizmanın ciddi işlev bozukluğu yaşadığı durum.

T

Tahmin – Görülen bilgi, deneyim ve analizlere dayanarak gelecekte ne olabileceğini önceden değerlendirme.

Talamus – Beyinde duyuusal bilgilerin işlendiği merkez.

Tampon – Çözeltide ani pH değişimlerini önleyen madde.

Tendon – Kası kemiğe bağlayan bağ dokusu.

T-lenfosit – Hücresel bağışıklıkta görev yapan bağışıklık hücresi.

Tohum – Embriyo ve besin dokusunu içeren üreme yapısı.

Tohum kabuğu – Tohumu dış etkilere koruyan yapı.

Toksin – Canlı organizmalar tarafından üretilen zehirli madde.

Toplardamar – Kanı kalbe taşıyan damar.

Totipotensi – Bir hücrenin tüm organizmayı oluşturabilme yeteneği.

Tozlaşma – Polenlerin dişi tepesine taşınması olayı.

Trake – Su taşıyan ksilem borusu.

Trakeid – Ksilemde bulunan uzun iletim hücresi.

Transpirasyon – Bitkilerde su kaybı olayı.

Transplantasyon – Organ veya doku nakli işlemi.

Trombus – Damar içinde oluşan kan pıhtısı.

U

Uygulamalı biyoloji – Biyolojik bilgi ve tekniklerin pratik kullanım alanlarına uygulanması.

Uyumlaştırma – Bitkilerin in vitro koşullardan doğal ortama kademeli olarak adapte edilmesi süreci.

Üre – Protein metabolizması sonucu oluşan azotlu atık madde.

Üretici organlar – Bitkilerde üremeyi sağlayan organlar; çiçek, meyve ve tohum.

V

Vazektomi – Ductus deferens'in bir kısmının veya tamamının cerrahi olarak çıkarılması işlemi; genellikle erkek sterilizasyonu amacıyla uygulanır.

Vejetatif çoğalma – Tohum oluşmadan, bitkinin vejetatif organlarıyla gerçekleşen eşeysiz üreme biçimi.

Vejetatif organlar – Bitkinin yaşamsal faaliyetlerini sürdüren organları; kök, gövde ve yaprak.

Vitamin – Organizmanın normal çalışması için küçük miktarlarda gerekli olan organik madde.

Y

Yapay zekâ (YZ) (Artificial Intelligence – AI) – İnsan zekâsını taklit ederek veri analiz eden ve karar veren algoritmalar sistemi.

Yaprak – Fotosentez, gaz alışverişi ve terlemenin gerçekleştiği bitki organı.

Yarı geçirgen zar – Bazı maddeleri geçirip bazılarını geçirmeyen zar.

Yutak (farinks) – Ağız ile yemek borusu arasındaki geçit bölgesi.

Z

Zigot – Erkek ve dişi gametlerin birleşmesiyle oluşan ilk hücre.

- Борон, В.Ф. и Булпап, Е.Л. (2010). *Медицинска физиологија*. Преведено издание, Табернакул- Скопје.
- Групче, Р. *Ботаника (второ издание)*, НИО "Студентски збор", Скопје, 1994
- Ѓоргоски, К.И. и Јорданка Д. (2005). *Основи на невроендокриниот систем*. Природно-математички факултет- Скопје.
- Питер Х. Равен, Џирџ Б. Џонсон, Кенет А. Масон, Џонатан Б. Лосос и Сузан Р. Сингер (2020). *Биологија*. Преведено издание, Арс Ламина- Скопје.
- Равен, П. Х., Џонсон, Џ. Б., Масон, К. А., Лосос, Џ. Б., Сингер, С. Р. *Биологија*, Арс Ламина, 2020
- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., Walter, P. *Essential Cell Biology*, Garland Science, 2014
- Demirbas, A. (2009). *Biofuels: Securing the planet's future energy needs*. Springer.
- Deniffer, D., Ziegler, H. *Morfologija i fiziologija*, Skolska knjiga, Zagreb, 1982
- Gayton, C.A. & Hall E.J. (2013, 11th edition). *Textbook of medical physiology*
- Lanza, R., Atala, A., & Vacanti, J. (2019). *Principles of regenerative medicine* (3rd ed.). Academic Press.
- Lee, S. Y., & Park, J. H. (2019). *Industrial biotechnology: Sustainable production and products*. Wiley-VCH.
- Lesk, A. M. (2019). *Introduction to bioinformatics* (5th ed.). Oxford University Press.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018). *Brock biology of microorganisms* (15th ed.). Pearson.
- Mount, D. W. (2004). *Bioinformatics: Sequence and genome analysis* (2nd ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Nicholl, D. S. T. (2012). *An introduction to genetic engineering* (3rd ed.). Cambridge University Press.
- Puchta, H., & Fauser, F. (2014). *Gene editing in plants: Principles and applications*. Springer.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. *Biology of plants* (Fifth edition) Worth Publishers, New York, 1992
- Singh, A., & Olsen, S. I. (2011). *Industrial biotechnology: Sustainable growth and economic success*. Wiley-VCH.
- Tatic, B., Marinkovic, R., Blazencic, J. *Morfologija biljaka*, Naucna knjiga, Beograd, 1986
- Thorpe, T. A., & Yeung, E. C. (2017). *Plant tissue culture techniques and experiments* (4th ed.). Academic Press.
- Venter, J. C. (2013). *Life at the speed of light: From the double helix to the dawn of digital life*. Viking.
- Watson, J. D., Baker, T. A., Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., & Losick, R. (2014). *Molecular biology of the gene* (7th ed.). Pearson.

