

др Ицко Ђорговски
др Гордана Димеска

др Наталија Атанасова-Панчевска
мр Александар Алексовски

БИОЛОГИЈА

уџбеник за
другу годину
гимназијског
образовања

II



БИОЛОГИЈА

II

учбеник за другу годину
гимназијског образовања

др Ицко Ђоргоски

др Гордана Димеска

др Наталија Атанасова-Панчевска

мр Александар Алексовски



Скопје, 2026
(Прво издање)

БИОЛОГИЈА II уџбеник за другу годину гимназијског образовања*Прво издање, 2026*

Ауторска права © 2026, Алби ДОО

Издавач	Алби ДОО, Скопје 2026
Автори	др Ицко Ђорговски др Гордана Димеска др Наталија Атанасова-Панчевска мр Александар Алексоски
Уредник	мр Дафина Клековска
Наслов оригинала	Биологија II учебник за втора година гимназиско образование
Превод са македонског на српски	Ирена Божовић
Лектор	Биљана Спасовска
Дизајн и графичко уређивање	Младен Јакимовски
Штампа	Бранко Гапо – графичко производство, Скопје 2026
Тираж	40

Сва права су задржана. Ниједан део ове књиге не сме бити прештампаван, ни пренесен у било којем облику или било каквим средствима, електронским или механичким, укључујући и фотокопирање или чување у систему за поновно проналажење, без писмене сагласности издавача.

Овај уџбеник је одобрен за употребу у гимназијског образовања, Одлуком за употребу уџбеника из наставног предмета Биологија за II годину гимназијског образовања, бр. 26-634/1 од 20.05.2026, издатог од стране Министарства за образовање и науку РС Македоније.

Рецензентска комисија: проф. др Валентина Славевска Стаменковић, проф. др Шевал Мемиси,
мр Нетка Димоска

CIP - Каталогизација во публикација

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

57(075.3)=163.41

БИОЛОГИЈА II : уџбеник за другу годину гимназијског образовања / Ицко Ђорговски ... [и др.] ; [превод са македонског на српски Ирена Божовић]. - Скопје : Алби, 2026. - 294 стр. : илустр. ; 27 см

Превод на делото: Биологија II учебник за втора година гимназиско образование. - Други автори: Гордана Димеска, Наталија Атанасова-Панчевска, Александар Алексоски. - Терминолошки речник: стр. 287-292. - Библиографија: стр. 293

ISBN 978-608-241-094-4

1. Димеска, Гордана [автор] 2. Атанасова-Панчевска, Наталија [автор] 3. Алексоски, Александар [автор]

COBISS.MK-ID 69331461

ПРЕДГОВОР

Уџбеник биологије је модеран уџбеник, уредно прилагођен, пратећи циљеве наставног плана и програма за другу годину гимназијског образовања и осмишљен према предвиђеним образовним стандардима за предмет биологија.

Свака лекција почиње питањима која имају за циљ да подсети на претходна знања на којима ће се допуњавати нова. Лекције имају структуриран аналитички приступ предвиђеном садржају, са јасним, прецизним и разумљивим текстом. Стручна терминологија се уводи постепено уз јасно означавање појмова. Укључене су и разне активности за индивидуални рад, рад у паровима или у групама како би се продубио предвиђени садржај, уз развој вештина критичког мишљења, презентације и дискусије.

Свака лекција је такође допуњена занимљивим и фасцинантним информацијама везаним за предвиђене теме и њихову примену у свакодневном животу, садржаним у одељцима „Занимљива биологија“.

На крају сваке теме дат је резиме са кључним тачкама из планираног садржаја, као и питања за обнављање која се могу користити за процену разумевања свега што је обрађено и предвиђено у свакој од тема. Уџбеник је допуњен речником са кратким, јасним и прецизним описом предвиђених научних појмова.

Надамо се да ће вам уџбеник помоћи да стекнете потребна знања, компетенције и вештине потребне за даље проучавање биологије, али и да ћете та знања користити у свакодневном животу.

САДРЖАЈ

ТЕМА 1: МЕТОДЕ У БИОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА

1.1 Структура научне методе	8	1.5 Научна презентација	25
1.2 Лабораторијски прибор, уређаји и технике	13	1.6 Етика и безбедност у биолошким истраживањима	28
1.3 Микроскоп и микроскопирање	17	РЕЗИМЕ ТЕМЕ	31
1.4 Прикупљање и обрада података	22	Питања за проверу знања из Теме 1	32

ТЕМА 2: ОРГАНСКИ СИСТЕМИ КОД ЉУДИ

2.1 Организација живих организама и хомеостаза	36	2.16 Грађа и функција делова мишићног система	109
2.2 Састав и значај хране	43	2.17 Одржавање здравља локомоторног система	113
2.3 Грађа и функција органа за варење	48	2.18 Размножавање код људи – Мушки репродуктивни систем	118
2.4 Дигестија и апсорпција хране	53	2.19 Женски репродуктивни систем и менструални циклус	122
2.5 Састав крви и лимфе	59	2.20 Оплодња, трудноћа и ембрионални развој	126
2.6 Грађа и функција срца и крвних судова	64	2.21 Одржавање здравља репродуктивног система	130
2.7 Мали и велики крвоток и лимфоток	68	2.22 Грађа и функција нервног система	135
2.8 Имуитет и одржавање здравља кардиоваскуларног система	71	2.23 Централни нервни систем	141
2.9 Грађа и функција органа респираторног система	76	2.24 Чулни (сензорни) систем	148
2.10 Вентилација плућа и размена гасова	81	2.25 Одржавање здравља нервног и чулног система	154
2.11 Нарушавање здравља, респираторног система и превентивне мере за његово здравље	84	2.26 Ендокрини систем	157
2.12 Грађа и функција органа екскреторног система	88	2.27 Остале ендокрине жлезде и њихови хормони	162
2.13 Функције бубрега и коже	92	2.28 Повезаност између нервног и ендокриног система	168
2.14 Одржавање здравља система за излучивање	98	РЕЗИМЕ ТЕМЕ	172
2.15 Грађа и функција делова локомоторног система	103	Питања за проверу знања из Теме 2	176

ТЕМА 3: ХИСТОЛОГИЈА И МОРФОЛОГИЈА БИЉАКА

3.1 Мериستمско ткиво	180	3.8 Морфологија и модификације листа	214
3.2 Трајна биљна ткива. Покорична ткива	184	3.9 Цвет. Опрашивање и оплодња	220
3.3 Паренхимско ткиво	190	3.10 Семе и плод. Размножавање биљака	227
3.4 Механичко ткиво	194	3.11 Адаптације биљака на животну средину	233
3.5 Проводно ткиво	198	РЕЗИМЕ ТЕМЕ	238
3.6 Биљни органи. Морфологија и модификације корена	203	Питања за проверу знања из Теме 3	240
3.7 Морфологија и модификације стабла	209		

ТЕМА 4: БИОТЕХНОЛОГИЈА И ГЕНЕТСКИ ИНЖЕЊЕРИНГ

4.1 Примењена биологија и генетски инжењеринг	244	4.8 Производња антибиотика, ензима, хормона и вакцина	265
4.2 Синтетичка биологија и CRISPR технологија	247	4.9 Форензичка биологија и ДНК анализа	269
4.3 Биотехнологија у енергетској индустрији	249	4.10 Биоинформатика и биолошка безбедност	273
4.4 Биотехнологија у индустрији	252	4.11 Биотехнологија у медицини	276
4.5 Биљна биотехнологија – Култура биљног ткива	256	4.12 Савремене биотехнолошке технологије: клонирање, ДНК дијагностика, генска терапија и биофармација	280
4.6 Биљна биотехнологија– Микроразмножавање и клонирање код биљака	259	РЕЗИМЕ ТЕМЕ	284
4.7 Производња ферментисаних прехранбених производа	262	Питања за проверу знања из Теме 4	285

ТЕРМИНОЛОШКИ РЕЧНИК	287
КОРИШЋЕНА ЛИТЕРАТУРА	293

ТЕМА 1

МЕТОДЕ У БИОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА

- ▶ Фазе и методе у биолошким истраживањима
- ▶ Биолошки прибор, уређаји и технике
- ▶ Прикупљање, обрада података и презентација резултата
- ▶ Етика и безбедност у биолошким истраживањима



У овој теми ћете научити:

- да објасните фазе научне методе и да разликујете независне и зависне променљиве у експерименту;
- да препознате и примените основни биолошки прибор и технике (микроскопирање, припрема препарата, мерење, једноставне лабораторијске процедуре);
- да организујете и представите податке истраживања у табели, графикону или дијаграму и извучете закључке;
- да примените основна правила за етички и безбедан рад у лабораторији и предложите заштитне мере.

Истовремено, развићете свест о:

- одговорном и етичком понашању у научним истраживањима поштујући правила безбедности и примењујући 3Р-принципе (замени, смањи, побољшај).



1.1 Структура научне методе

Подсети се!

- Шта значи термин „експеримент“? Зашто уопште спроводимо експеримент?
- Која је разлика између посматрања и експеримента?
- Покушајте да објасните како се одвија једно научно истраживање.

Биологија је динамична наука која стално открива нове ствари. Да би радозналост и посматрање претворили у поуздано знање, биолози се ослањају на научни метод. **Научни метод** је јасно дефинисан, логичан и систематски приступ који омогућава научницима да објективно решавају проблеме и тестирају своје идеје. Њиме се тестира свака претпоставка како би се елиминисала субјективна мишљења и дошло до прецизних одговора о томе како природни свет функционише. Научни метод се може сматрати „алатом“ који радозналост претвара у научну истину.

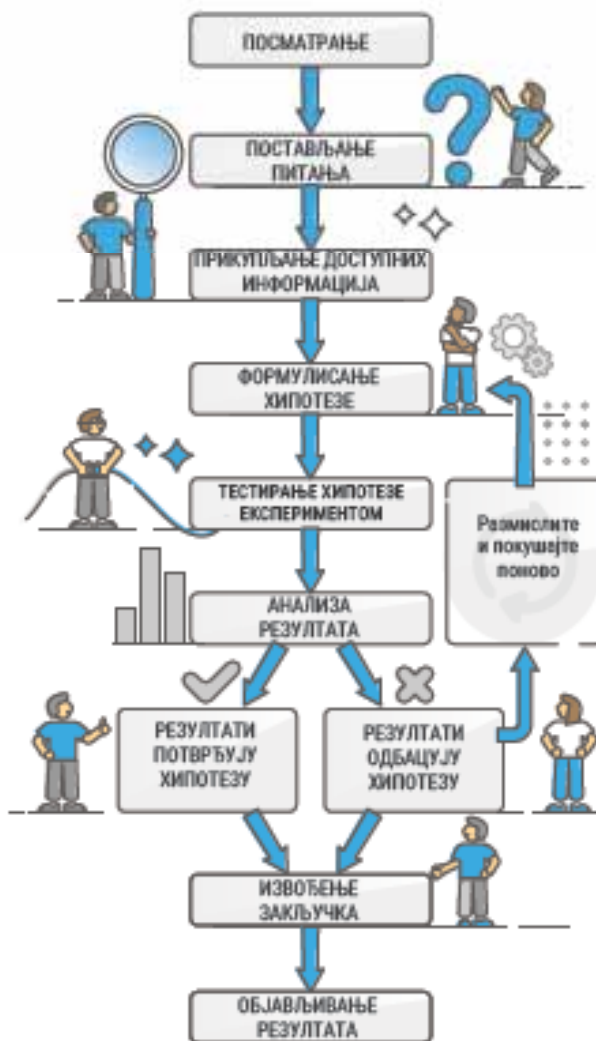
Циљ научног метода је откривање узрочно-последичних веза постављањем питања, пажљивим прикупљањем и испитивањем доказа и, коначно, повезивањем свих добијених информација у логичан одговор.

Научни метод није увек праволинијски, али обично прати ове кључне кораке:

1. **Посматрање:** Све почиње уочавањем феномена у природи (нпр. „*Ове биљке у хладу расту спорије од оних на сунцу*“).
2. **Постављање питања:** На основу посматрања, поставља се питање о феномену, процесу или објекту посматрања. Питања могу бити различитих аспеката, као што су: ко, како, када, где, који, шта, зашто, да ли итд. (нпр. „*Како интензитет светлости утиче на раст биљака?*“).

Веома је важно поставити добро питање, које ће покренути/стимулисати идеју истраживања. Без добро дефинисаног питања, следећи кораци могу бити веома тешки, чак и немогући.

3. **Прикупљање доступних информација:** Корисно је истраживање засновати на неким претходним знањима о теми, добијеним познатим и развијеним средствима.



Шематски приказ корака научне методе

ма, објављеним у електронском облику и штампаним изворима. Такође је добра идеја консултовати се са стручњацима. Они могу помоћи у планирању експеримената, математичких прорачуна и средстава који ће бити потребни.

4. **Формулисање хипотезе:** Хипотеза је претпоставка која се може тестирати. То је покушај да се одговори на постављено питање кроз објашњење које се може испитати експериментисањем и измерити. Приликом формулисања хипотезе може се користити следећа формула:

„Ако _____, онда ће се десити _____”
[се уреди ово] [оно]



Специјализовани интернет претраживачи олакшавају приступ научним часописима, чланцима и научним радовима других научника

5. **Тестирање хипотезе експериментисањем:** Овај корак подразумева планирање и спровођење теста који ће разјаснити да ли је хипотеза тачна или не. Експеримент мора бити правилно изведен, под контролисаним условима. Да би експеримент био поуздан, треба водити рачуна да се промени само један фактор, а сви остали фактори треба да буду контролисани и непроменљиви.

Експеримент треба поновити неколико пута како би се потврдили добијени резултати, јер се резултат само једног покушаја може свести на случајност. Такође, експеримент спроведен под описаним условима требало би да буде у могућности да се спроведе било где у свету и да потврди добијени резултат.

6. **Анализа података:** Резултате добијене експериментом потребно је организовати у табеле и графиконе и сходно томе обрадити.
7. **Извођење закључака:** Организовани резултати се анализирају са различитих аспеката и изводе се закључци. При томе се може закључити да ли резултат експеримента подржава или не подржава постављену хипотезу. Одбачена хипотеза не значи изгубљено време. Напротив, научник, користећи знање стечено експериментом, може поставити нову хипотезу, али сада поткрепљену претходним знањем из већ изведеног експеримента.
8. **Објављивање резултата:** Резултати, без обзира да ли подржавају хипотезу или не, важни су за научни свет. Научници објављују резултате у научним часописима или их презентују на научним конференцијама.

СПРОВОЂЕЊЕ НАУЧНЕ МЕТОДЕ КРОЗ ФАЗЕ

Након што је постављено почетно питање и спроведено додатно истраживање проблема за који се тражи одговор, треба формулисати предвиђање или пробни одговор на питање. Овај пробни одговор који се може тестирати назива се хипотеза.

Хипотеза треба да дефинише узрочно-последичну везу: „Ако – онда”. Она треба да може да се тестира при чему ће се посматрати како промена једног фактора изазива промену другог фактора, али ова зависност мора бити поновљива (постојана).

Током експериментисања, свако својство или услов који може постојати у различитим количинама или облицима означава се као **променљива величина**.

Независна променљива је фактор који истраживач намерно мења током експеримента како би открио какав ефекат има на феномен који се истражује. У експерименту треба да постоји само једна таква (независна) променљива. Ако се промени више фактора, може се појавити проблем и можда неће бити могуће тачно дефинисати који фактор има какав ефекат.

Зависна променљива је фактор који се мери и мења под утицајем независне променљиве. Ако постоји веза између независних и зависних променљивих, онда говоримо о откривању узрочно-последичне везе.

Контролисане променљиве (такође се називају „константне променљиве“) су сви фактори који нису од интереса за истраживање и не смеју се мењати, односно одржавају се константним током експеримента. Ово се ради како би се тестирао ефекат који једна променљива која се мења (независна променљива) има на зависну променљиву (ону која се посматра и мери).

Табела: Примери научних питања са променљивим (независним, зависним и контролисаним)

Питање	Независна променљива (Шта мењам?)	Зависна променљива (Шта посматрам?)	Контролисане променљиве (Шта одржавам константним?)
Да ли амбијентална топлота убрзава фотосинтезу?	Температуру воде у којој биљка живи изражену у °C	Количину кисеоника (производ фотосинтезе) изражену у mL (или број мехурића у датом времену)	Исту количину светлости, исти састав и запремину воде, исту стаклену посуду, исту биљку
Да ли количина ђубрива утиче на раст биљака?	Количину течног ђубрива изражену у mL	Висину биљке изражену у cm Биомасу изражену у g	Исто ђубриво, исту врсту биљке, исту врсту земљишта, исту количину воде за наводњавање, исту учесталост наводњавања, исту количину светлости, исте саксије
Да ли време проведено у учењу доводи до бољих резултата на тестовима?	Време проведено у учењу изражено у min	Резултати на тестовима	Исти период дана приликом учења, исту температуру у учионици, исто осветљење у учионици итд.

Променљиве се изражавају у количинама и мере се у одговарајућим мерним јединицама. **Мерење** је процес одређивања квантитативне вредности (величине) појаве или објекта (променљиве) коришћењем стандардизованих инструмената и мерних јединица. Могу се мерити маса, запремина, топлота, димензије, број и слично. То су величине које се лако могу мерити и нема сумње у њихову релевантност. Сасвим је другачије ако једна од променљивих има субјективну природу, као што је „пријатељство“, за коју не постоји начин да се измери.

Да би се недвосмислено потврдила или доказала зависност једне променљиве од друге у **експерименталној групи**, треба би да постоји и **контролна група**. Она обухвата „испитанике“ који остају у природним условима и на које не утиче независна променљива. Контролна група служи за упоређивање крајњих резултата.

На пример, ако тестирамо утицај ђубрива на раст биљака, експериментална група ће имати биљке које ће примати ђубриво, а контролна група ће имати биљке које неће примати ђубриво. Ово се ради да би се видело да ли је ђубриво то које мења раст биљака или то диктира неки други фактор.

У неким експериментима, где се врши вишеструка промена независне променљиве, примећује се и разлика у промени независне променљиве. На пример, ако постоји неколико експерименталних група биљака којима се додају различите количине ђубрива, видљива је разлика у расту биљака из различитих група. У таквим случајевима, можда неће бити потребе за контролном групом и било би довољно упоредити разлике између различитих експерименталних група.

Након што су прикупљени сви подаци из експеримента, прелазимо на анализу добијених података. Добијени резултати се приказују у табелама, са различитим врстама графика или како је најприкладније и најјасније. Посебна пажња се посвећује јединицама мере. Добијени налази се повезују у логичке целине на основу критичког мишљења.

На крају истраживања изводе се закључци који ће потврдити хипотезу или је одбацити. Закључци треба да буду кратки и јасни и да сумирају чињенице из истраживања како би се објаснио однос између независне и зависне променљиве. Наравно, могу се поменути и налази из додатних истраживања као потврда добијеног закључка.

Табела: Пример научне методе за конкретан проблем

Корак	Пример
Постављање питања	Да ли ће додавање течног ђубрива убрзати раст сунцокрета?
Хипотеза	Ако додајемо 10 mL ђубрива недељно, онда ће сунцокрет порастати виши од оног без ђубрива.
Експеримент	Имамо две групе биљака: • експериментална (група која прима ђубриво и воду) • контролна (група која прима само воду).
Променљиве	Независна: присуство ђубрива Зависна: висина биљке Контролирани: количина воде и период заливања, интензитет светлости, састав земљишта, услови околине итд.
Мерење	Сваког петка меримо висину свих биљака лењиром и бележимо је у cm.
Анализа резултата	Након 4 недеље, биљке са ђубривом су порасле у просеку 15 cm, а биљке у контролној групи су порасле 10 cm.
Закључак	Резултати потврђују хипотезу. Ђубриво позитивно утиче на раст биљке.

Закључак може да садржи и процену експерименталног поступка, као и ефикасности и успеха експерименталног дела. Пожељно је дати предлог за неке измене у поступку или предлог за нека будућа истраживања.

Ако се резултати не подударају са хипотезом, резултати се не смеју мењати и „фалсификовати“ како би се уклопили у хипотезу. У том случају, истраживач може да користи добијене резултате за конструисање нове хипотезе и спровођење новог истраживања. Чак и резултат који показује да нема подударања са датом хипотезом је откриће које води до постављања нове хипотезе и новог истраживања.

Активност

1. Осмишљавање научне методе

Циљ је утврдити како промене температуре околине утичу на људско дисање. Напишите кратак опис сваке фазе научне методе за овај научни проблем. Користите табелу „Пример научне методе за конкретан проблем“. Постављањем оквира и фаза научне методе, моћи ћете да поставите научно питање, формирате хипотезу и одредите променљиве (независне и зависне). Одатле се разјашњава облик замишљеног експеримента који ће се спровести и потребна мерења. Анализом резултата извлачи се закључак.

Испробајте друге истраживачке идеје користећи овај формат.

2. Истраживање

Истражите веб страницу *GoogleScholar.com*. За коју фазу научне методе се може користити ова веб страница? Претражите страницу за податке о процесу или догађају у природи, било да је из области биологије или можда нешто што вас занима. Анализирајте облик у којем примате информације.

GoogleScholar је једна од многих веб страница које пружају приступ научним материјалима и знању различитих врста. Документи имају одређени формат, са именима аутора и изворима информација које су ти аутори користили у свом истраживању.

Питања за проверу знања

1. Објасните шта је научни метод.
2. Зашто је препоручљиво претходно истраживање проблема и питања?
3. Како се конструише хипотеза и зашто је важно јасно дефинисати независну, зависну и контролисане променљиве?
4. Зашто је потребна контролна група?
5. Који је значај резултата који не потврђују хипотезу?

Занимљива биологија

- У научној методи, одбацавање хипотезе је подједнако вредно као и њено потврђивање. Негативни или неочекивани резултати често откривају нова питања, побољшавају методологију и доводе до дубљег разумевања природних процеса. У ствари, многа научна открића су почела управо експериментима који су „пропали“, али су правилно анализирани и критички интерпретирани.
- Пример овога у историји науке је хипотеза да супстанце за раст биљака долазе из земљишта. Касније је откривено да угљен-диоксид из ваздуха и вода из земљишта стварају већину биомасе.
- Понекад „случајне грешке“ доводе до великих открића. Тако је Александар Флеминг открио пеницилин 1928. године када је приметио да је буђ случајно контаминирала Петријеву посуду у којој је гајио бактерије. Иако експеримент није ишао по плану, управо су посматрање и критичко размишљање омогућили да се случајност претвори у научно откриће.

1.2 Лабораторијски прибор, уређаји и технике

Подсети се!

- Наведите што више предмета који су део лабораторијског прибора.
- Наведите и неке апарате за које знате да су део лабораторијског инвентара.

За спровођење успешних експеримената у биологији користи се одговарајући лабораторијски прибор, апарати, методе и технике које су карактеристичне за природне науке. Њихова употреба је у складу са истраживањем и прилагођена потребама експеримента.

Лабораторијски прибор је најчешће направљен од стакла отпорног на високе температуре и хемикалије. Међутим, постоји и пластични прибор (епрувете, посуде за узорке, пипете за једнократну употребу), метални (шпатуле) и керамички прибор (аван с тучком). Већина прибора је доступна у неколико величина како би се практично користила у раду.



Лабораторијски прибор у биолошкој лабораторији (опис је дат у следећој табели)

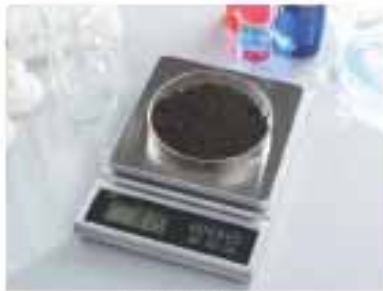
Табела: Неки од најчешће коришћених лабораторијских прибора у биолошким истраживањима

Лабораторијски прибор	Основне функције
1. епрувета	Спровођење хемијских реакција, чување течности, загревање течности, за раст бактерија, сакупљање и чување биолошких узорака
2. лабораторијска чаша	Чување течних или чврстих узорака, за спровођење реакција или за сакупљање филтрата или течности током титрација, може се користити за грубо мерење запремине течности
3. ерленмајер	Сакупљање, чување, загревање течних узорака, посуде у којима се изводи хемијска реакција током титрација
4. бирета и статив	Дугачка, градуисана, стаклена цев означена скалом користи се као прибор за прецизно мерење запремине течности. Причвршћена је за статив и користи се за титрације
5. одмерна тиквица	Тачно мерење запремине течности, складиштење течних хемикалија (раствора) са тачном концентрацијом
6. колба	Са заобљеним дном, користи се у комбинацији са горионом или пешчаним купатилом када је потребно термички обрадити или осушити узорак који се анализира
7. мензура	Мерење запремине течност
8. пипета	Прецизно преношење одређене запремине течности
9. аутоматске пипете	Прецизно преношење одређене запремине течности, много мање од оне која се може пренети обичном пипетом. Неке од њих могу имати више радних отвора, тј. могу подизати и преносити читаве сетове течности. Обично су подесиве запремине
10. пипете за једнократну употребу	Користе се као капалице приликом припреме нативних препарата за микроскопирање и слично
11. левак	Сипање течност у посуду са малим отвором, приликом филтрирања течности, која се притом обложи филтер папиром
12. капаљка	Преношење течног садржаја или материјала за анализу
13. Петријева посуда	За чување медиума (храњиве подлоге) за ћелијску културу (бактерије, гљивице, итд.), посуде за чување узорака за анализу (нпр. бескичмењаци, итд.)
14. сатно стакло	Испаравање, за мерење чврстих материја и као поклопац за друге стаклене посуде
15. стаклени штапић	Мешање течности
16. кашичица са шпатулом	Преношење чврстих материја, прашкастих материја и материја у облику пасте, може се користити и за стругање
17. аван са тучком	Дробљење и уситњавање чврстих материја, биолошких узорака, итд.
18. шпиритусна лампа	Ствара отворени пламен као примарни извор топлоте за загревање и стерилизацију пламеном одређеног лабораторијског прибора (микробиолошке езе)
19. микробиолошка еза	Пренос микроорганизама и ћелија у културе ткива
20. посуде за узорке	Узимање, складиштење и транспорт узорака, у зависности од потребе, могу бити стерилни

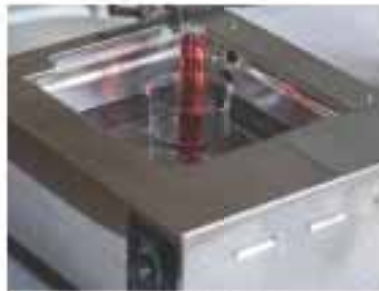
Поред лабораторијске опреме, лабораторије користе и различите уређаје и инструменте у зависности од области истраживања.

На пример, дигитална вага се користи за мерење масе супстанци и узорак. Водено купатило је уређај који загрева и одржава одређену температуру воде у коју се уроне друге стаклене посуде са узорцима које је потребно одржавати на тој температури.

Центрифуга је уређај који **центрифутирањем** (центрифугалном силом) омогућава **фракционисање** (раздвајање) различитих компонената у течности.



Дигитална вага



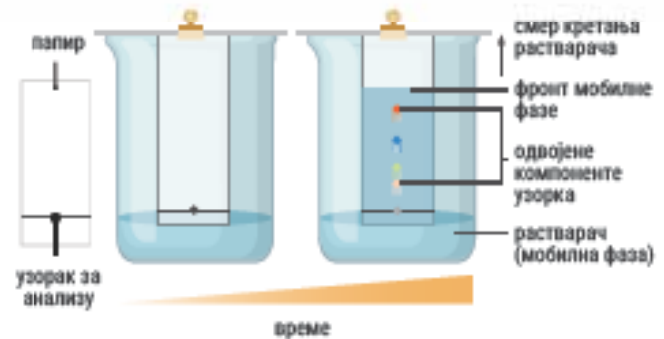
Водено купатило



Лабораторијска центрифуга са крљу у епруветама раздвојеном на компоненте

БИОЛОШКЕ ЛАБОРАТОРИЈСКЕ ТЕХНИКЕ

Хроматографија је техника за раздвајање компоненти из узорак (обично смеша) између две фазе, од којих је једна покретна (мобилна), а друга је непокретна (стационарна). Смеша се наноси на површину чврсте, стационарне (непокретне) фазе, а мобилна фаза носи компоненте смеше дуж стационарне фазе. Притом, у зависности од афинитета компоненти према једној или другој фази, оне се раздвајају једна од друге.

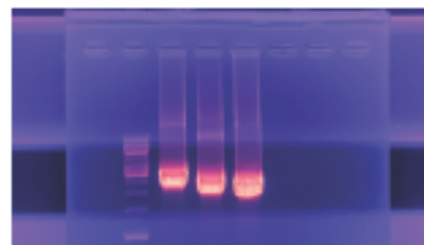


Хроматографија на папиру

Електрофореза је лабораторијска техника која се користи за раздвајање различитих фракција (група) протеинских молекула или ДНК и РНК, на основу њиховог електричног набоја. У овом процесу, молекули се крећу у електричном пољу дуж чврстог медија (скроб, агарозни гел) са различитим величинама пора.



Постављање узорак на агарозни гел за електрофорезу



Изглед агарозног гела након раздвајања молекула од узорак

Занимљив пример су биолошке лабораторије за ћелијску културу. **Ћелијска култура** подразумева узгој биљних и животињских ћелија у одговарајућим медијима.

Рад у модерној и високо опремљеној лабораторији представља изазов, како у погледу истраживања и рутинских анализа, тако и у погледу правилног рада и личне безбедности. Посебна пажња је потребна у погледу одговарајуће радне одеће, мантила, маске, заштитних наочара, рукавица, лабораторијске обуће, па све до средстава за одржавање хигијене и стерилности на радном месту и у простору. Правила безбедности при раду са лабораторијском опремом и уређајима важе за све подједнако, са различитим степеном опреза, у зависности од врсте истраживања.



Стављање узорка у медиј за ћелијску културу

Активност

Хроматографија црног фломастера

Потребни материјали: лабораторијска чаша, вода, комад хроматографског папира (можете импровизовати и са филтер папиром) и стаклени штапић за држање папира у средини чаше тако да не додирује стране чаше.

1. Оловком нацртајте линију на хроматографском папиру (као на слици), а затим ставите тачку црним фломастером у средину.
2. Причврстите други слободни крај (наспрот узорку са фломастером) на стаклени штапић који ћете поставити хоризонтално на отвор чаше.
3. Умочите доњи део папира у воду, али водите рачуна да место са узорком са фломастером буде изнад воде (као на слици).
4. Сачекајте мало да се вода подигне уз папир.



Шта се може приметити? Шта се најбрже раздваја? Шта то значи?

Папир је стационарна фаза, а вода је мобилна фаза. Вода се диже уз папир, носећи са собом компоненте мастила маркера, које се дижу различитим брзинама. Брзина зависи од карактеристика сваке компоненте.

Питања за проверу знања

1. Наведите лабораторијски инвентар.
2. Наведите уређаје који се користе у лабораторији.
3. Опишите шта значи електрофореза.
4. Како се изводи хроматографија на папиру?

Занимљива биологија

- Већина лабораторијског стакленог посуђа није направљена од обичног стакла, већ од боросиликатног стакла, које је отпорно на високе температуре и нагле температурне промене. Захваљујући томе, посуде попут чаша, епрувета и одмерних судова могу се директно загревати изнад пламена без ломљења. Облик лабораторијског прибора је део његове функције – уски грлић ерленмајера смањује испаравање и ризик од прскања током мешања.

1.3 Микроскоп и микроскопирање

Подсети се!

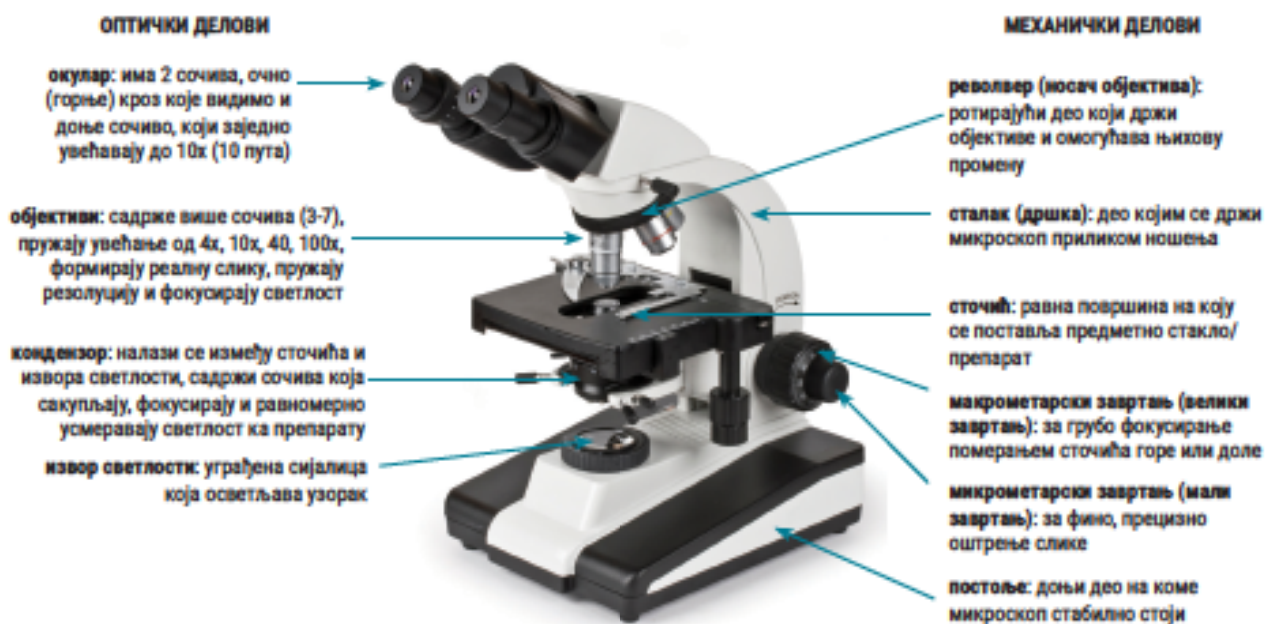
- Шта је микроскоп и које врсте микроскопа постоје?
- Која је разлика између електронског и светлосног микроскопа?
- Који део микроскопа се назива окулар?
- Како се називају стакла потребне за израду микроскопских препарата?

ВРСТЕ МИКРОСКОПА

Микроскоп је веома често коришћени инструмент у биолошким истраживањима и користи се за посматрање ситних структура невидљивих људском оку. Постоје две категорије микроскопа – светлосни микроскопи и електронски микроскопи. Већина микроскопских анализа се врши помоћу светлосних микроскопа.

Код **светлосних микроскопа**, извор светлости је дневна светлост или електрични извор светлости. Ови микроскопи увећавају слику објекта који се посматра до 400 пута, а коришћењем методе микроскопирања имерзионим уљем, слика се може додатно увећати. Могу се користити за посматрање ћелија, ткива, бактерија и бактеријских колонија, паразита и слично.

Светлосни микроскопи су изграђени од механичких и оптичких делова. Механички делови чине оквир микроскопа и омогућавају прецизно кретање, док су оптички делови одговорни за увећање и квалитет слике.



Општа грађа светлосног микроскопа

У **електронском микроскопу**, слика се ствара помоћу фокусираног снопа електрона (отуда и назив електронски микроскоп). Генерално, принцип рада је исти као и код светлосног микроскопа. Електронски микроскоп производи слике са огромним увећањем, од 1 до 50 милиона пута, у зависности од врсте електронског микроскопа. Могу се користити за посматрање ћелијских ултраструктура, вируса и других малих биолошких узорака.

Узорци посматрани под електронским микроскопом морају бити изузетно танки (димензија 20-100 nm), чак 200 пута тањи од оних посматраних под светлосним микроскопом. Притом, живи узорци се не могу посматрати.

Табела: Поређење перформанси светлосног микроскопа у односу на електронски микроскоп

Перформансе	Светлосни микроскоп	Електронски микроскоп
Извор светлости	светлосни зраци	електронски снап
Резолуција – моћ да се јасно прикажу две веома близу постављене тачке као одвојене (као пиксели на мобилном телефону)	испод 0,25 μm , највише до 0,30 μm	испод 0,4 nm
Магнификација / Увећање – моћ инструмента да увећа слику објекта (као зум на вашем мобилном телефону)	400x до 1 600x (ниско)	до 2 000 000x (високо)
Материјал сочива / вакуум	оптичко стакло / без вакуума	електромагнети / потребан је високи вакуум

Постоје две врсте електронских микроскопа: **скенирајући електронски микроскоп (SEM)** и **трансмисиони електронски микроскоп (TEM)**.

Табела: Разлике између SEM и TEM микроскопа

Карактеристике	SEM – скенирајући електронски микроскоп	TEM – трансмисиони електронски микроскоп
Увећање	до 1 милион пута	до 50 милиона пута
Метод формирања слике	електрони се рефлектују о површину узорка који се посматра	електрони пролазе кроз узорак који се посматра
Даје приказ	површине ћелије и целог узорка, бројање и одређивање величине узорка	унутрашњих структура у узорку, молекула протеина, молекуларне структуре у вирусима и микрофиламентима ћелија, распореда протеина у ћелијској мембрани

Електронски микроскопи су веома скупи за куповину и одржавање, а за рад са њима је потребна посебна обука. Релативно су велики (заузимају доста простора у лабораторији) и захтевају стабилну површину за постављање, свако њихово померање или електромагнетно зрачење у њиховој близини може их оштетити.

Успешна микроскопија комбинује две активности: припрему микроскопског препарата и посматрање. Предмет који се посматра под микроскопом мора се прво поставити на предметно стакло, а по потреби и покрити другим, много тањим и мањим, покровним стаклом.



СЕМ и ТЕМ микроскопи



Предметно стакло, покровно стакло и готов нативни препарат

Микроскопски препарати могу бити:

- Привремени (нативни) препарати који се праве за једнократну употребу и посматрају се одмах или током краћег временског периода, најчешће од свежег или живог материјала.
- Трајни (фиксиран) препарати су препарати који су фиксирани (запечаћени) природним или синтетичким смолама или другом методом фиксације, тако да се могу користити током дужег временског периода и у више наврата.

Приликом припреме микроскопског препарата, треба следити следеће кораке:

1. Вода се капље на предметно стакло помоћу капаљке.
2. У воду се потапа танак слој предмета/subjекта који се посматра (танки пресек ткива, извучени епидермис, кап барске воде и слично).
3. Покровно стакло се поставља под углом од 45° у односу на предметно стакло и полако се дозвољава да прекрије предмет. Вода из капи привремено слепљује два предметна стакла.
4. Вишак воде се уклања додиривањем стране покровног стакла меким папиром без подизања. Ако је потребно, недостатак воде се надокнађује наношењем капи воде на саму ивицу покровног стакла.



Трајни препарат животињског ткива



Неки предмети који се посматрају су провидни или веома мали, па је потребно додати боју да би их учинила видљивијим. Бојење се врши једноставним додавањем капи специјалне боје или посебним методама бојења, као код бактерија.



Активност

1. Компоненте светлосног микроскопа

Узмите микроскоп испред себе. Покушајте да наведете компоненте и објасните функције делова. Такмичите се у брзом и тачном набрајању делова. Погрешан одговор дисквалификује, а време тачних одговора мерите штоперицом!

2. Припрема и посматрање нативног препарата епителних ћелија из усне шупљине

Пластичном кашицом сакупите слуз са унутрашње стране образа. Затим размажите слуз на предметно стакло. Додајте кап метилен плаве боје, која ће учинити видљивим језгра у епителним ћелијама. Покријте слуз покровним стаклом и погледајте под микроскопом! Требало би да видите ћелије са неправилним облицима и љубичастим језгрима.

ПАЖЊА! Ако припремате препарат са туђим епителом, носите рукавице и користите 70 % алкохол за дезинфекцију.

3. Припрема и посматрање нативног препарата ткива листова олеандра и бора

Наставник треба да припреми танке попречне пресеке листа олеандра и борових иглица. Пресек ставите на предметно стакло у кап воде. Покријте га покровним стаклом и посматрајте под микроскопом. Требало би да видите зелено обојене ћелије из различитих ткива у листу.

4. Припрема и посматрање нативног препарата епидермиса са доње стране листа перунике (*Impatiens* sp.)

Пинцетом пажљиво засеците доњу страну листа, затим извуците део танког провидног епидермиса. Ставите га на предметно стакло са капљицом воде и посматрајте под микроскопом. Требало би да видите провидне, издужене ћелије епидермиса и стомине апарате.

5. Припрема нативног препарата воде из баре (стајаће воде)

Капните кап воде из баре на предметно стакло. Затим је покријте покровним стаклом. Посматрајте под микроскопом. Требало би да приметите ситне протозое које брзо пливају кроз воду. Могуће је посматрати занимљиве правилне облике дијатомеја и других организама.

6. Припрема и посматрање нативног препарата полена

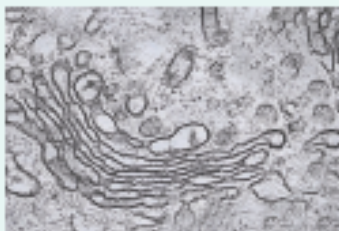
На предметно стакло иглом или пинцетом отресите полен са прашника различитих цветова. Затим додајте кап воде и покријте покровним стаклом. Посматрајте под микроскопом. Требало би да видите поленова зрна.

Питања за проверу знања

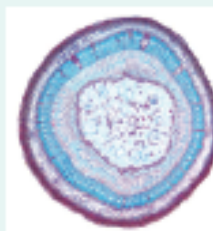
1. Који делови светлосног микроскопа имају оптичку моћ за увећање слике?
2. Која је разлика између TEM и SEM микроскопа и шта се њима посматра?
3. Какви микроскопски препарати постоје и по чему се разликују?
4. Шта омогућава имерзионо уље и у којим случајевима се користи?

Занимљива биологија

- Сlike добијене електронским микроскопом су увек црно-беле. Такве сlike се даље технички обрађују и структуре од интереса се боје.
- Сlike које видимо под микроскопом различитих ћелија и ткива најчешће су природно безбојне. Да би се виделе ове структуре, користе се различите технике бојења како би се одређени делови ћелија и ткива контрастирали и учинили видљивим.



TEM микрографија
Голџијевог
система



Попречни пресек стабла
лиле, обојене контрастним
бојама хематоксилин-еозином,
гледано при увећању од 8x под
светлосним микроскопом

1.4 Прикупљање и обрада података

Подсети се!

- Зашто је важно континуирано бележити све резултате и водити белешке током истраживања?
- У ком облику се мерења могу бележити током експериментисања?
- Шта значи критичко мишљење?

Да би се завршио истраживачки део научне методе, кључно је правилно организовати добијене резултате. Само на тај начин биће могуће доћи до релевантних закључака.

Подаци прикупљени током посматрања и експериментисања могу бити две врсте: квалитативни и квантитативни.

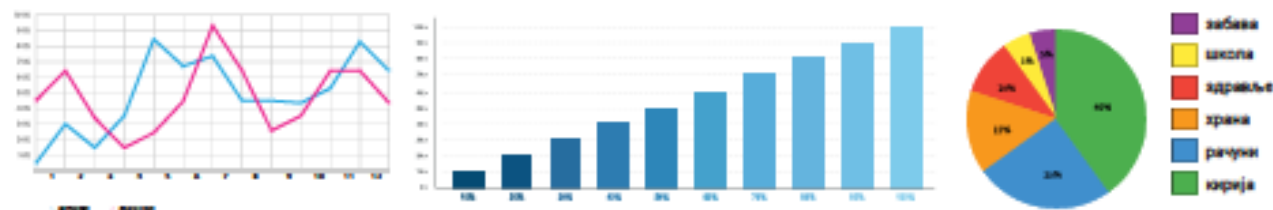
Квалитативни подаци су описне карактеристике (карактеристике квалитета). Они су резултат истраживања које се заснива на посматрању процеса и његовом разумевању. Квалитативни подаци се не изражавају конкретним бројевима јер је сазнање субјективно.

Квантитативни подаци се добијају конкретним мерењима у нумеричким вредностима које се затим могу користити за различите математичке прорачуне.

Табела: Приликом посматрања ученика у учионици, могу се добити следећи подаци

Квалитативни подаци	Квантитативни подаци
Како се ученици осећају	Број ученика
Изглед ученика	Пол
Њихова одећа	Узраст
Њихова мотивација	Температура у учионици
Њихова жеља за учењем	Бука у учионици

Сумирање резултата је знатно лакше организовањем у одговарајуће табеле. Приликом креирања табела треба водити рачуна да се колоне и редови одговарајуће именују и да се правилно забележе јединице мере (грами, центиметри, литри итд.). Из табела се подаци могу представити у различитим облицима визуелних приказа (дијаграма): линијски графикони, стубичасти графикони, кружни дијаграми итд. Дијаграми олакшавају разумевање онога што представљају. Корисни су за квантитативне податке, али имају примену и када се ради са квалитативним подацима.



Графички приказ експерименталних података – линијски графикон, стубичасти графикон и кружни дијаграм

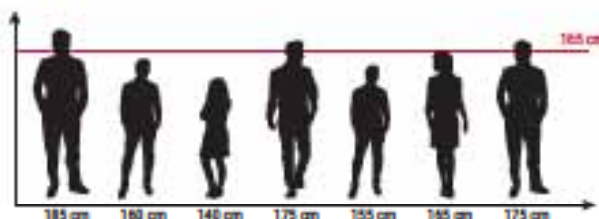
Графикони се заснивају на две осе, *x*-оси и *y*-оси. Приликом конструисања графикона треба поштовати правило да вредности независне променљиве треба да буду представљене на *x*-оси, док вредности зависне променљиве треба да буду представљене на *y*-оси. Приликом представљања вредности потребно је назначити величине и јединице мере. Ако је представљено више скупова вредности, препоручљиво је да се сваки од њих представи другом бојом.

КВАНТИТАТИВНА ОБРАДА ПОДАТАКА

Пошто се током експериментисања обично врше вишеструка мерења, потребно је израчунати средње вредности да би се добили репрезентативни резултати. Понекад се резултати приказују и у процентима или односима.

Приликом извођења прорачуна, важно је забележити јединице мере, а тамо где неће бити исте, све податке треба свести на једну одговарајућу (на пример: L и L, или mL и mL, не мешати mL и L).

Средња вредност је основни прорачун у случајевима вишеструког понављања мерења и добијања више података. Ради илустрације, користимо резултате експеримента где су мерене висине групе људи.



Мерење	1	2	3	4	5	6	7
Висина	185	160	140	175	155	165	175

Средња вредност (такође познат као просек) се израчунава сабирањем свих вредности, а затим дељењем резултата са бројем мерења. Дакле, просечна висина измерених особа је 165 cm.

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

Поред просека, може се узети у обзир и „удаљеност” добијених вредности од просека. Размотримо два скупа добијених мерења:

I - 140 cm; 155 cm; 160 cm; 165 cm; 175 cm; 175 cm; 185 cm - са средњом вредношћу од 165 cm и

II - 125 cm; 150 cm; 160 cm; 165 cm; 175 cm; 180 cm; 200 cm - са средњом вредношћу од 165 cm.

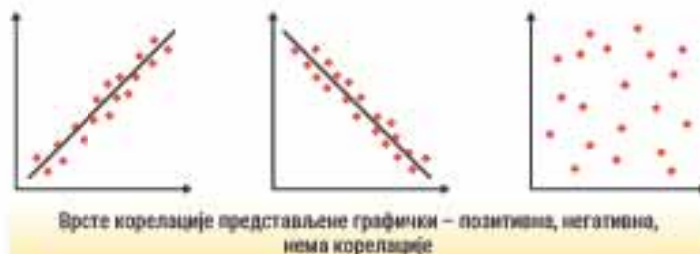
Иста средња вредност је добијена за оба скупа података, али је очигледно да резултати добијени у другом скупу покривају већи опсег нумеричких вредности.

Понекад нам је потребно да знамо колико су подаци у групи „распрснути”, односно колико одступају од средње вредности (просека). За ово се могу користити статистички алати варијанса и стандардна девијација.

Варијанса је просек квадратних одступања мерења од аритметичке средине. **Стандардна девијација** је квадратни корен варијансе. Мало одступање значи да су подаци уско груписани око средње вредности, а велико одступање значи да су подаци широко распрострањени.

Корелација је статистичка мера која нам показује да ли су и колико две ствари повезане, односно, ако се једна вредност промени (на пример, висина), можемо ли очекивати да се и друга промени. Најважније је запамтити да корелација не доказује да једна ствар узрокује другу, већ само да се оне „крећу заједно”.

Између две променљиве, корелација може бити позитивна, негативна или уопште не може постојати корелација. Корелација се изражава коефицијентом корелације (r) који може бити већи од 1 (позитивна корелација), мањи од 1 (негативна корелација) или 0 (нема корелације).



Активност

Олимпијада папирних авиона

1. Прикупљање података

Поделите се у групе од 4-5 ученика. Један ученик из групе треба да направи свој папирни авион и да га пусти да лети 5 пута. Остали ученици из групе треба да измере пређену удаљеност авиона са сваким бацањем.

2. Анализа података

Свака група користи својих 5 мерења да израчуна колико је ученик доследан као „пилот“. Требало би да израчуна средњу вредност – просечну дужину лета.

3. Тражење везе (корелације)

Упоредите две различите променљиве на нивоу разреда. На пример: променљива x : дужина крила авиона (y cm); променљива y : најдужи лет тог авиона. Унесите ове податке у табелу и нацртајте тачкасти дијаграм (scatter plot). Утврдите да ли постоји корелација између њих.

Питања за проверу знања

1. Која је разлика између квалитативних и квантитативних података?
2. Зашто је корисно бележити податке у табели? На шта треба обратити пажњу при томе?
3. Шта је дијаграм и које врсте дијаграма познајете?
4. Ако пројектујемо школске клупе према просечној висини свих ученика у земљи, шта ће се десити са оним ученицима који имају велико стандардно одступање од просека?

Занимљива биологија

- Како Spotify и Netflix знају шта вам се свиђа? (Колаборативно филтрирање)

Алгоритам не разуме музику или филмове као ми. Не зна да ли је песма „тужна“ или „весела“ зато што чује текст, већ користи математичке корелације између корисника. Процес изгледа овако:

1. Профилсање: Алгоритам види да ви (корисник А) често слушате извођача 1, извођача 2 и извођача 3.
2. Тражење „близанца“: Систем претражује милионе других профила како би пронашао некога чији укус има високу позитивну корелацију са вашим. Проналази корисника Б, који такође слуша та три извођача.
3. Предвиђање: Ако корисник Б почне често да слуша извођача 4, а ви га још нисте чули, алгоритам претпоставља да, пошто су ваши укуси до сада били јако повезани, постоји велика шанса да ће вам се и ова песма свидети.

1.5 Научна презентација

Подсети се!

- У ком облику добијате информације када претражујете на *Google Scholar*-у?
- Како се зову ови документи?

Научна метода дефинише развој истраживања кроз неколико фаза (корака). Последњи корак је објављивање добијених сазнања које би требало да има одређени утицај на научни свет и науку.

Објављивање закључака добијених истраживањем врши се научном презентацијом. Постоје различити облици научне презентације, а најчешће коришћени су: научна публикација, постер презентација, усмена презентација итд.

Научна презентација је структурирана усмена и визуелна презентација која представља научна истраживања, резултате или идеја пред публиком (професорима, студентима, истраживачима итд.). Њена структура треба да испуни своје циљеве:

- јасно објасни истраживање;
- представи резултате и
- омогући разумевање и дискусију.

Пошто је ово научна презентација, објективност је на првом месту. Да би се постигла јасноћа и конкретност, неопходно је да њена форма прати логичну и јасну организацију, а презентовани резултати буду поткрепљени доказима и подацима.

Научна презентација треба да садржи следеће компоненте:

1. **Наслов** – садржи наслов теме, име аутора и институције.
2. **Увод** – представља објашњење проблема и открива сврху истраживања. Увод је кратак преглед теоријских сазнања о теми истраживања, као и позивања на претходне податке у тој области из којих се црпе информације.
3. **Методологија и радни материјал** – обухвата шта и како ће се радити током истраживања. При томе се наводе методе истраживања (квалитативне и квантитативне), коришћене технике и инструменти, поступци за прикупљање материјала/података, као и методе и поступци за њихову анализу. Овде се наводе и могућа ограничења у истраживању, тј. слабости и препреке. У методологији се помињу и етички аспекти.
4. **Резултати** – део у којем се приказују резултати добијени током посматрања и мерења добијених током експериментисања. Овде се приказују табеле података, графикони и слике.
5. **Дискусија** – садржи тумачење добијених резултата и њихову логичку везу са постављеним питањем. Разматра шта добијени резултати значе и да ли су у правцу потврђивања или одбацивања хипотезе. Може се извршити поређење са претходно добијеним сазнањима других аутора. Овде су такође дата објашњења неких неочекиваних резултата и могућих разлога за њих, а узета су у обзир и ограничења и њихов утицај на истраживање. Овај део разматра импликације резултата, тј. разлог зашто су они важни. На крају, начиње се идеја за могућа нова истраживања блиска ономе што се представља, како би се продубило знање.

6. **Закључак** – део у коме се сумира и заокружује целокупно истраживање. Овде се наводи да ли је циљ истраживања остварен и издвајају се најважнији налази и резултати. Закључак садржи главне закључке који произилазе из истраживања, као и одговор на постављено питање. У једној реченици, закључак треба да каже шта смо сазнали и зашто је то важно.
7. **Коришћена литература** – део у коме су по абecedном реду наведени сви извори који су послужили у формулисању истраживања и коришћени као основа на којој су постављене теоријске и истраживачке активности. Литература обухвата све књиге (научне, стручне или уџбенике), научне и стручне радове (часописе, зборнике, конференције). Такође обухвата законе, прописе и званична документа, извештаје и статистичке податке из националних и међународних извора. Као литература наведене су и електронске адресе веб-сајтова из релевантних и проверених извора. Притом, постоје правила за навођење извора. Генерално, требало би да садрже следеће податке: име аутора, наслов, годину објављивања, издавача/часопис, линк (за електронске изворе, ако је потребно).

Научна презентација је намењена за презентацију научној публици, обично у оквиру научних конференција, на факултетима, као део разних семинара или у оквиру одбране пројеката, дипломских радова и слично.

Научна публикација је стручно, верификовано и јавно објављено дело у којем се представљају резултати научног истраживања или теоријске анализе. Служи за дељење нових знања са научном и стручном јавношћу. Поред тога, научну публикацију карактерише високо научна методологија, а резултати и анализе су оригинални. Извори су верификовани и цитирани. Публикација пролази кроз рецензију (проверу стручњака), а објављивање је у научном часопису или зборнику радова са конференције.

Табела: Поређење различитих врста научне презентације

Компоненте	Научна публикација	Постер презентација	Усмена презентација
	Наслов	Наслов (јасан и концизан)	Увод у коме се врши презентација публици, даје кратак увод у истраживање и сврха истраживања
	Апстракт (кратак преглед рада)	Аутор(и) и институција	Теоријски део у коме се даје преглед проблема и зашто је тема важна
	Кључне речи	Увод / сврха истраживања	Материјал и методе
	Увод / сврха истраживања	Материјал и методе (укратко)	Резултати
	Теоријски оквир / преглед литературе	Резултати (графикони, табеле, слике)	Дискусија
	Материјал и методе	Дискусија / Закључци	Закључак
	Резултати	Научни извори (кратка листа)	Закључак у коме презентер захваљује на пажњи и позива на питања из публике
	Дискусија	Контакт (е-пошта, QR-код)	
	Закључак		
	Коришћена литература		

Постер презентација је визуелни начин представљања истраживања, пројекта или идеје, најчешће на научним конференцијама, симпозијумима или академским догађајима.

Пошто се ради о постеру одређене величине (A0 или A1 у хоризонталној или чешће вертикалној оријентацији) који ће бити изложен пред публиком, требало би да нагласи визуелне елементе, а текст треба да буде сведен на минимум. Његово читање треба да буде јасно и брзо (5-10 минута), а аутор га презентује публици усмено.

Усмена презентација је јавно, усмено представљање теме, пројекта или истраживања пред публиком, најчешће уз презентацију слајдова (на пример у PowerPoint-у) као подршку. Трајање усмене презентације је 10-15 минута. Треба обратити пажњу на говор тела и интеракцију са публиком. Читање са слајдова се не препоручује, већ њихово објашњавање.

Активност

1. Израда постер презентације

Направите постер презентацију о неком истраживању. Активност се може спроводити у групама где ће чланови тима бити одговорни за различите делове истраживања. При томе се руководите правилима за израду постера са свим његовим компонентама. Користите своју креативност да бисте постигли ефекат и заинтересовали слушаоце за своје налазе.

Предложене теме за истраживање и постер:

- Цигарете убијају
- Посадите дрво, загајајте будућност
- Здрава храна, здрава нација
- Штедите струју, смањите глобално загревање

Да не бисте губили време на постављање делова на хамер, можете га направити у електронском облику, у A4 формату, у вертикалном или хоризонталном распореду. Презентујте постер својим школским друговима. Пример направљеног постера је приказан на слици. Примићите да су визуелни прикази заступљенији од текста. Представљени су главни делови истраживања: Наслов, Увод, Методологија, Хипотеза, Резултати, Закључак и Коришћена литература.



2. Истраживање

Истражите шта значи да научни рад има фактор утицаја (impact factor).

Питања за проверу знања

1. Шта је научна презентација? Од којих делова се састоји?
2. Које су разлике између три врсте научних презентација описаних у лекцији?
3. Шта је постер презентација и које делове постер треба да има?

Занимљива биологија

- Научне презентације у далекој прошлости нису биле подржане технологијом. Најчешће је презентација научника била на јавним местима попут тргова где су се држали говори, водили дијалози и дебате, а научници су користили све вештине логике, јасноће и убеђивања да би постигли свој циљ. За визуелизацију су коришћене геометријске скице и цртежи на табли, понекад и шематски прикази у песку.

1.6 Етика и безбедност у биолошким истраживањима

Подсети се!

- Покушајте да објасните концепт етике.
- Како се може објаснити етика у биолошким истраживањима?
- Како разумете концепт „биолошке безбедности“?

Научна сазнања из биологије имају огромне користи за људски живот и здравље, као и за заштиту и унапређење животне средине и свих живих бића. При томе се често поставља питање етике у биолошким истраживањима и експериментима.

Етички принципи у биолошким истраживањима служе као „морални компас“ који води научнике кроз сложене одлуке где напредак науке може бити у сукобу са правима и добробић живих бића. Ови принципи нису само препоруке, већ су често уграђени у строге законске прописе. Без етичке контроле, наука ризикује да изгуби поверење јавности и нанесе непоправљиву штету појединцима или целој биосфери. Етички комитети су данас „обавезни филтер“ за свако озбиљно научно истраживање. Етички принципи су посебно важни и строги када се истраживање спроводи на људима. У том смислу, потребан је **пристанак**, којим учесник добровољно пристаје да учествује у истраживању, након што је у потпуности информисан о свим релевантним аспектима процеса.

ЕТИКА У ИСТРАЖИВАЊУ ЖИВОТИЊА (ПРИНЦИП „3Р“ – ТРИ Р)

У биологији је употреба животиња за експерименте често неопходна, али етички стандарди захтевају примену **принципа 3Р** – *Replace* (замени), *Reduce* (смањи), *Refine* (побољшај):

- **Замени (Replace):** Коришћење алтернативних метода (компјутерски модели, ћелијске културе) уместо животиња кад год је то могуће.
- **Смањи (Reduce):** Коришћење најмањег могућег броја животиња неопходног за добијање статистички значајних података.
- **Побољшај (Refine):** Минимизирање бола и стреса код животиња кроз бољу негу, анестезију и одговарајуће услове живота.

Принцип 3Р је важан правцу заштите животиња од непотребне патње и већ је законски захтев у многим земљама. У етичком смислу, он јача етичку одговорност истраживача.

На пример, примена 3Р може изгледати овако:

Циљ истраживања су ефекти новог лека. Уместо да се одмах тестирају на лабораторијске животиње, прво се могу користити културе ткива у лабораторији или компјутерске симулације и модели за предвиђање ефеката. На овај начин се употреба лабораторијских животиња избегава од самог почетка.

Ако је употреба и даље неопходна, онда је треба добро испланирати, користећи најмањи могући број животиња, а истовремено осигурати да су резултати поуздани. Добро планирање спречава непотребно понављање експеримента.

Коришћењем анестезије (средстава која успавају животиње) или аналгезије (средстава која ублажавају бол), животиње се штите од бола. Лечење животиња треба да обављају обучени истраживачи, људи који су упознати са методама рада са лабораторијским животињама.

БЕЗБЕДНОСТ У БИОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА

Још један сегмент везан за биолошка истраживања је биолошка безбедност. **Биолошка безбедност** (или биолошка сигурност) је широк појам који се односи на скуп мера, политика и пракси осмишљених да заштите људе, животиње, биљке и животну средину од биолошких претњи. Једноставно речено, то је одбрана од штетних биолошких агенаса, било да су природни (вируси, бактерије) или намерно изазвани.



Бели лабораторијски пацови (*Rattus norvegicus*) су веома често животиње које се користе у биолошким истраживањима.

Табела: Шта покрива биолошка безбедност?

Заштита истраживача	Употреба личне заштитне опреме (рукавице, мантили, маске итд.). Правилне хигијенске праксе. Безбедно руковање микроорганизмима, ћелијама, токовима.
Заштита околине	Спречавање ширења опасних биолошких агенаса ван лабораторије. Контрола отпада и деконтаминација.
Заштита животне средине	Спречавање ослобађања генетски модификованих организама или патогена. Правилно одлагање биолошког отпада.
Спречавање злоупотребе	Истраживање које може имати и корисне и штетне примене. Контрола која има приступ опасним материјалима и информацијама.
Регулација и надзор	Усклађеност са националним и међународним законима и протоколима. Одобрење од стране етичког и биолошког комитета.

Биолошка истраживања понекад укључују рад са **микроорганизмима** (бактеријама и вирусима) који могу бити потенцијално опасни биолошки материјали. На пример, тестирање и стварање нових лекова за болести изазване патогеним микроорганизмима (организмима који изазивају болести) значи директно манипулисање патогенима. Притом је заштита живота и здравља научника и целог тима главни приоритет. Овде се биолошка безбедност односи на **заштиту истраживача**, али биолошка безбедност може се односити и на **заштиту животињског и биљног света и животне средине**.

Уколико се ради са потенцијално опасним микроорганизмима, рад се обавља у посебној микробиолошкој лабораторији прилагођеној за обављање таквих послова. Запослени поштују строге безбедносне протоколе који захтевају ношење заштитне опреме (одећа, рукавице, мантили, понекад и скафандери, заштитне наочаре итд.), поштовање протокола за стерилност и безбедност при манипулацији микроорганизмима итд. Током рада настаје отпад који је биолошки опасан, па се њиме манипулише према протоколима за управљање биоотпадом, који укључују сакупљање, стерилизацију или уништавање без опасности по дивље животиње и животну средину. Поред тога, само одређене особе које су прошле обуку за правилно руковање и заштиту треба да имају приступ лабораторијама.

Биолошка безбедност има за циљ заштиту од аката биотероризма и спречавање нежељених догађаја повезаних са биолошком безбедношћу.

Савремене лабораторије данас посвећују велику пажњу заштити животне средине. При томе се посебна пажња посвећује коришћењу ресурса, као што су реагенси, енергија и вода, применом такозваних „зелених лабораторијских пракси“. Такође, у истраживањима која се спроводе на популацијама угрожених врста, пажња се посвећује и најмањој могућности наношења штете популацијама и њиховим стаништима.

Активност

1. Безбедан рад у лабораторији

Велики број научнофантастичних филмова почиње грешком у лабораторији. На пример, удисање контаминаног (загађеног) ваздуха или случајно ломљење епрувете са опасном супстанцом и рупа у заштитној одећи научника, контакт са кожом или отвореном раном на телу научника итд.

Сетите се једног таквог филма, али покушајте да опишете мере безбедности које сте приметили у лабораторији:

- идентификација улаза у лабораторију;
- заштитна одећа научника;
- знакови и сигнали (светлосни и звучни) за безбедност;
- начин рада са материјалима итд.

Разговарајте са друговима из разреда о овим догађајима и мерама.

Дискусија треба да вам омогући да разумете значај биолошке безбедности и опасности за саме научнике, становништво, али и за животну средину.

2. Дискусија

Разговарајте на часу о потреби за 3Р принципом.

Дискусија треба да вам омогући да препознате етичке вредности и потребу за хуманим поступањем са лабораторијским животињама.

Питања за проверу знања

1. Шта су етички принципи у науци и зашто су важни?
2. Наведите неке сегменте безбедности у лабораторији.
3. Која су „три Р“ у истраживањима на животињама и објасните значење сваког од њих?
4. Наведите начине на које се животна средина може заштитити при раду у биолошкој лабораторији.

Занимљива биологија

- Бели лабораторијски пацови су одабрани као тест животиње јер су њихов генетски састав, биолошке карактеристике и понашање веома слични људима. Готово сви гени код пацова имају одговарајуће гене код људи, што их чини „модел организмом“ за проучавање болести.
- Лабораторијски пацови се узгајају у строго контролисаним условима и уз високе мере биолошке безбедности, даље од контакта са дивљим мишевима и другим животињама. Ово осигурава да пацови не носе никакве потенцијалне патогене који би могли бити пренети на научнике док раде са њима.



- ✓ Научно истраживање се састоји од низа узастопних активности: посматрање, постављање питања, прикупљање информација, формулисање хипотезе, експериментисање, анализа резултата и извођење закључка.
- ✓ Приликом постављања хипотезе треба водити рачуна да она има једну независну променљиву и барем једну зависну променљиву. Независна променљива је фактор који се контролише и мења како би изазвао промене зависне променљиве у узорно-последичној вези.
- ✓ Лабораторијски рад је немогућ без одговарајућег лабораторијског прибора. То су разни предмети направљени од стакла, пластике, керамике, метала и слично који се користе за обављање експерименталног рада. Биолошке лабораторије такође користе уређаје различите софистицираности и техничких перформанси, који омогућавају спровођење лабораторијских метода као што су електрофореза, хроматографија, центрифугирање и фракционисање узорка итд.
- ✓ Микроскоп је често основни алат у биолошким истраживањима. Генерално, користи се светлосни микроскоп где се слика формира уз помоћ светлости, али се у науци широко користе и електронски микроскопи који раде на принципу формирања слике електронским снопом. Поред тога, електронске микроскопе карактерише много већа резолуција (јасноћа) и увећање (магнификација) од светлосних микроскопа.
- ✓ Подаци прикупљени током експериментисања систематски су организовани у табеле и различите облике дијаграма (визуелних приказа).
- ✓ Подаци прикупљени током експериментисања могу бити квалитативни и квантитативни. Квантитативни подаци се користе у статистичким прорачунима који пружају могућност за њихово аналитичко и критичко тумачење у процесу анализе и извођења закључака. Неки од најчешће коришћених статистичких прорачуна су средња вредност, стандардна девијација и корелација.
- ✓ Добијено знање се презентује јавности (научној, стручној) уз научну презентацију која има строго дефинисани облик. Најчешће коришћени облици научне презентације су: научна публикација, постер презентација и усмена презентација.
- ✓ Биолошка истраживања се заснивају на етичким принципима који гарантују да се процес истраживања спроводи на поштен начин. То значи да током рада научник брине о људском здрављу и општем благостању животне средине и свих живих бића.
- ✓ Правило „три Р“ (3Р) даје нову димензију раду са лабораторијским животињама. Ова правила (replace, reduce refine - замени, смањи, побољшај) обавезују и стимулишу научника да користи алтернативе лабораторијским животињама. Када је неизбежно користити животињу, са њом треба поступати хумано (како би се спречило да животиња трпи бол и да пати).
- ✓ Биолошка безбедност у истраживању односи се на неколико сегмената: заштиту истраживача, заштиту околине, заштиту животне средине, спречавање злоупотребе помоћу прецизно предвиђених мера и прописа.

Питања за проверу знања из Теме 1

- Шта је зависна променљива?
 - фактор који научник мења
 - фактор који остаје константан (непромењен)
 - фактор који се мења и мери
 - фактор који спада у контролну групу
- Који део светлосног микроскопа носи сочива за увећавање?
 - микрометарски завртањ
 - кондензор
 - огледало
 - окулар
- Техника имераионе микроскопије користи:
 - објектив са увећањем од 10 пати
 - објектив са увећањем од 40 пати
 - објектив са увећањем од 100 пати
 - све горе наведене објективе
- Који тип микроскопа пружа највеће увећање?
 - TEM
 - SEM
 - електрични микроскоп
 - светлосни микроскоп
- Колико увећање дају окулар са увећањем од 15x и објектив са увећањем од 4x?
 - 6 пута
 - 45 пута
 - 60 пута
 - 450 пута
- Који од следећих инструмената се користи за прецизно мерење запремине?
 - менаура
 - одмерна тиквица
 - чаша
 - колба
- У електрофорези се молекули раздвајају на основу:
 - величине
 - растворљивости
 - електричног набоја
 - центрифугалне силе
- Подаци који се изражавају бројевима називају се:
 - квалитативни подаци
 - квантитативни подаци
 - субјективни подаци
 - контролни подаци
- Варијанса показује:
 - колико су подаци тачни
 - колико се подаци разликују једни од других
 - колико подаци одступају од средње вредности
 - средње вредности
- У ком облику научне презентације се користе ораторске вештине?
 - научној публикацији
 - постер презентацији
 - усменој презентацији
 - у свим наведеним
- Шта означавају 3P у биолошким истраживањима?
 - замену, смањи, побољшај
 - рециклирај, поново употреби, смањи
 - користити само пацове у истраживањима, не мајмуне
 - све наведено
- Поређајте фазе научне методе по реду, од прве до последње.
 - Формулисати хипотезу
 - Објавити резултате
 - Поставити питање
 - Анализирајте резултате и извући закључке
 - Спровести истраживање на основу доступних информација
 - Тестирајте хипотезу експериментом
- Повежите методе презентације са одговарајућом врстом научне презентације.

		број-слово
1. Научна публикација	а) Презентација публици, поткрепљена визуелном презентацијом, користећи ораторске вештине.	
2. Постер презентација	б) Визуелни метод објављивања, са нагласком на визуелне елементе, са минималном количином текста.	
3. Усмена презентација	в) Јавно објављен рад у публикацији као што је научни часопис, зборник радова са конференције итд.	

14. Анализирајте две представљене хипотезе и објасните својим речима разлику између њих.
- Ако биљка има довољно светлости, онда се фотосинтеза успешно одвија.
 - Ако биљка има довољно воде и светлости, онда је фотосинтеза успешна.
15. Објасните шта значе термини „револуција“ и „увећање“ у микроскопима, користећи свој мобилни телефон као пример.
16. Објасните шта значе термини „квалитативни подаци“ и „квантитативни подаци“. Наведите неколико примера.
17. Напишите (Т) за тачно или (Н) за нетачно у следећим тврдњама.

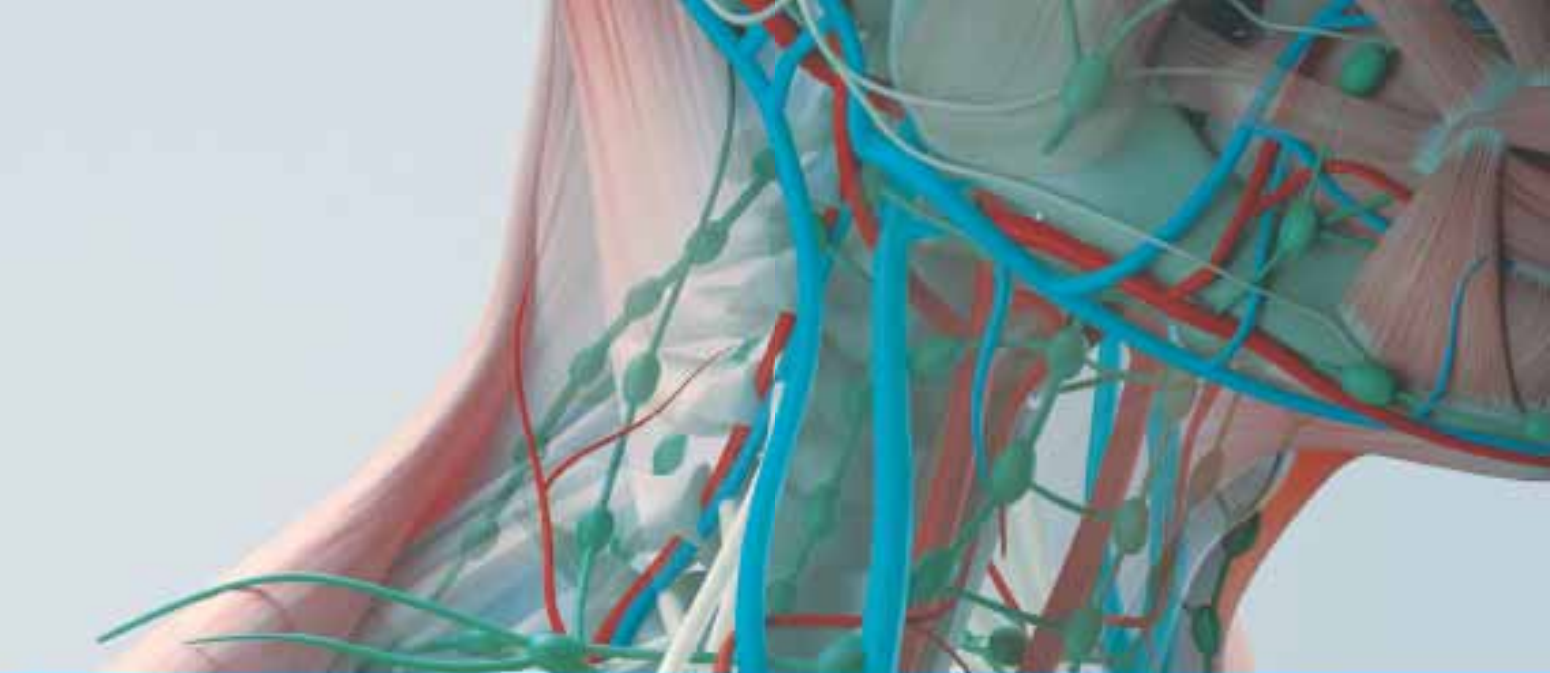
Тврдња	Т / Н
Слике добијене под електронским микроскопом су црно-беле.	
Хипотеза се заснива на принципу: Ако – онда.	
Зависну променљиву мења научник.	
Контролисане променљиве зависе од независне променљиве.	
Један експеримент је довољан за релевантне податке, ако се спроводи према научној методи.	
Скенирајући електронски микроскоп пружа слику унутрашњих структура посматраног објекта.	
Нативни препарат се микроскопски испитује само одређено време.	
Лабораторијска чаша мери запремину течности са великом тачношћу као и мензура.	
Сва лабораторијска опрема је направљена од ватросталног стакла.	
Хроматографија се користи за фракционисање компоненти смеше.	
Стандардна девијација се добија из варијансе.	
Дијаграми су визуелни прикази истраживачких података.	
Приликом одређивања корелације добија се утицај једне променљиве на другу.	
Приликом конструисања графикона, на x-осе се износе вредности независне променљиве.	
Етика у научном истраживању често подразумева моделирање резултата према потребама.	
Биолошка безбедност подразумева поштовање строгих правила и протокола при раду у биолошким лабораторијама.	

18. Које личне заштитне мере треба да предузме истраживач који ради са опасним микроорганизмима?
19. Треба да спроведете истраживање о следећем питању: Да ли светлост утиче на клијање семена пасуља? Објасните све фазе (кораци) научне методе у вашем истраживању. Опишите шта ћете радити у свакој од њих.

ТЕМА 2

ОРГАНСКИ СИСТЕМИ КОД ЉУДИ

- ▶ Ниво организације живих организама
- ▶ Систем за варење
- ▶ Крвоносни и лимфни систем
- ▶ Респираторни систем
- ▶ Систем за излучивање
- ▶ Локомоторни систем
- ▶ Репродуктивни систем
- ▶ Координација и реакције
- ▶ Ендокрини систем



У овој теми ћете научити:

- да опишете и објасните грађу и основне функције људских органских система, њихове међусобне везе и улогу у одржавању хомеостазе;
- да идентификујете и разликујете кључне органе, процесе и концепте везане за функционисање органских система;
- да анализирате утицај животних навика и фактора животне средине на здравље органских система;
- да примените превентивне мере и здраво понашање како бисте очували и побољшали људско здравље.



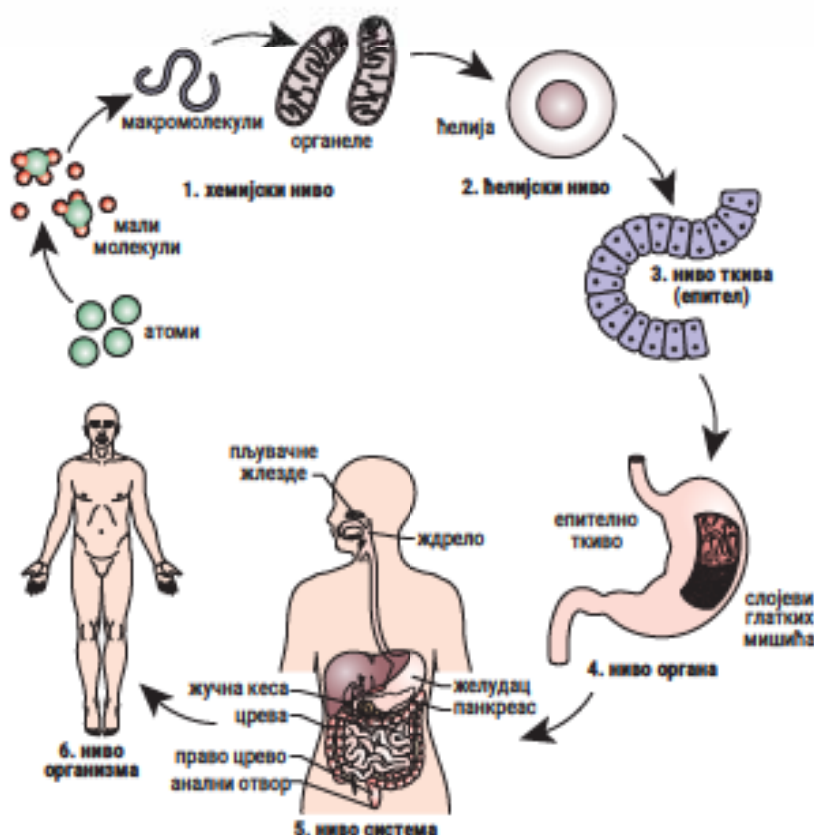
2.1 Организација живих организама и хомеостаза

Подсети се!

- Шта је атом, а шта хемијски елемент?
- Које органеле се налазе у ћелији и која је њихова функција?

Људски организам има јасан хијерархијски ниво организације. Сваки ниво се надовезује на претходни. Тако, неколико атома повезаних једни са другима формирају молекуле, неколико молекула граде ћелију. Ћелије које обављају исту функцију формирају ткиво, различита ткива чине орган, неколико органа са заједничком функцијом граде органске системе. Сви различити органски системи заједно формирају организам.

Атоми су основни градивни блокови хемијских елемената од којих је изграђена сва материја. Хемијски елемент је супстанца која се не може разложити на једноставније супстанце обичним хемијским процесима.



Хијерархијска организација људског организма

Када се два или више атома споје, формира се **молекул**. Атоми у молекулу су повезани хемијским везама. Супстанце које садрже молекуле састављене од различитих атома називају се **једињења**. Једињења могу бити једноставна, попут угљен-моноксида (CO), или веома сложена, попут протеина, који се састоје од хиљаде атома.

Већина молекула који чине људско тело (са изузетком воде) су органски молекули састављени углавном од четири елемента: угљеника, водоника, кисеоника и азота (C, H, O, N). Најважнија органска једињења у телу су угљени хидрати, липиди, протеини и нуклеинске киселине. Ова једињења се такође могу јавити у комбинацији као гликопротеини, липопротеини и гликолипиди. Фосфолипиди су липиди који су важан део ћелијских мембрана, док нуклеинске киселине носе наследне информације и учествују у синтези протеина.

ЋЕЛИЈСКИ НИВО ОРГАНИЗАЦИЈЕ

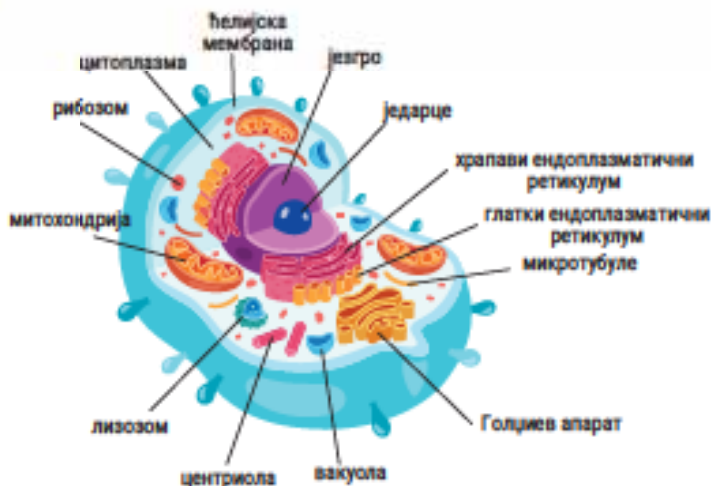
Ћелија је основна структурна и функционална јединица живог организма и показује све своје карактеристике као што су раст, размена супстанци и енергије, осетљивост и деоба. Људски организам је састављен од милиона ћелија и целокупна његова активност је резултат њиховог рада. У људском телу постоји око 210 различитих врста ћелија. Свака ћелија је одвојена од спољашње средине ћелијском мембраном која селективно контролише шта улази, а шта излази из ћелије.

Ћелија садржи органеле – специјализоване структуре које обављају различите функције неопходне за живот ћелије. Не садрже све ћелије исте органеле, нити у истом односу. Једно је најважнија органела у еукариотској ћелији. Садржи молекуле ДНК у којима су забележене наследне информације. ДНК је организована у 46 хромозома који постају видљиви током ћелијске деобе. Полне ћелије садрже половину тог броја хромозома (23).

Најважније органеле у ћелији су митохондрије, ендоплазматични ретикулум, рибозоми, Голџијев апарат, лизозоми и друге.

Ако се ћелијска мембрана и сви органели везани за мембрану уклоне из еукариотске ћелије, остаје ћелијска течност, или **цитоплазма**. Она заузима већи део ћелије и место је где се одвија велики број хемијских реакција неопходних за живот – разграђују се хранљиве материје и одвијају се важни синтетички процеси.

Основна структура свих ћелија код људи је слична, али се разликују по величини, облику и функцији. Величина ћелија може да варира од око 7 μm (као код еритроцита) до око 200 μm или више (као код неких мишићних ћелија). Нервне ћелије имају дугачке наставке и значајно се разликују по изгледу од мишићних или ћелија очног сочива. Неке ћелије имају цилије на својој површини које својим кретањем омогућавају кретање течности око њих. Сперматозоиди имају флагелум који служи за њихово кретање.



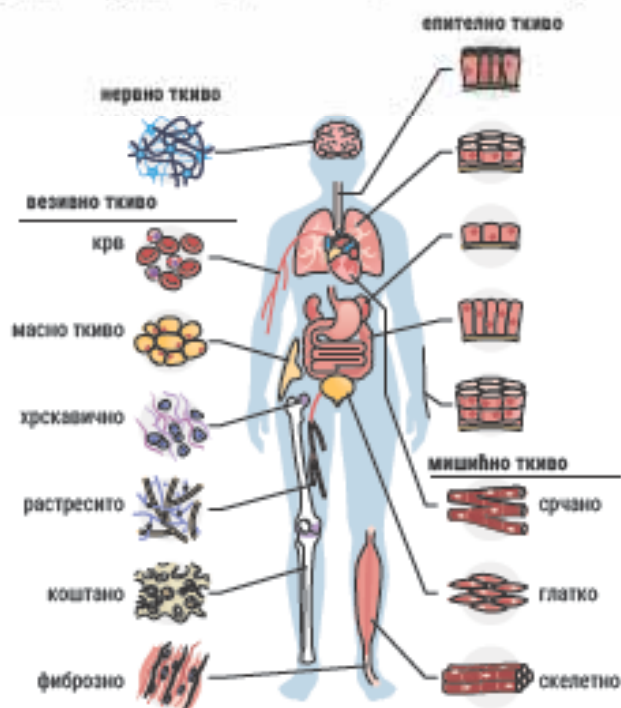
Шематски приказ унутрашње структуре еукариотске ћелије



ТКИВА

Ћелије сличне структуре и специјализоване за обављање одређених функција организоване су у **ткива**. Постоје четири основна типа ткива у људском телу, и то:

- Епително ткиво покрива тело и облаже унутрашње органе као што су кожа, дигестивни и респираторни систем, крвни судови и телесне шупљине. Епителне ћелије могу бити равне, квадратне или издужене и распоређене у једном (једнослојни епител) или више слојева (вишеслојни епител). Епител обавља заштитну, секреторну и апсорпциону функцију. Епително ткиво има способност брзе регенерације, посебно у случајевима повреда.
- Везивно ткиво повезује и подржава делове тела и садржи међућелијски материјал. Према својој тврдоћи дели се на: меко (масно и растресито), фиброзно (тетиве и лигаменти), чврсто (хрскавица и кости) и течно везивно ткиво (крв и лимфа).
- Мишићно ткиво омогућава кретање и састоји се од дугих ћелија – мишићних влакана. Постоје три врсте мишића: скелетни, срчани и глатки.
- Нервно ткиво је састављено од неурона и неуроглије. Неурони примају и преносе нервне импULSE, а неуроглија их подржава и штити. Ово ткиво гради централни и периферни нервни систем и омогућава координацију и контролу тела.



Нека ткива у људском телу

ОРГАНИ

Орган је састављен од различитих ткива која заједно обављају функцију у телу. Сваки орган има свој облик, структуру и задатак. На пример, срце је састављено од мишићног, епителног, везивног и нервног ткива. Бубрези су састављени од епителног, везивног, мишићног и нервног ткива, а јетра садржи епително, везивно и нервно ткиво, као и крвне судове.



ОРГАНСКИ СИСТЕМИ

Органи који раде заједно да би обавили одређени задатак чине **органски систем (систем органа)**. Органи се могу груписати у 9, 10 или 11 група органских система.

- **Скелетни систем.** Основу тела чини систем од око 206 костију које су међусобно повезане у структури која се назива скелет.
- **Мишићни систем.** Кретање тела је резултат активности скелетних мишића који су причвршћени за кости. Друга врста мишића постоји у зидовима органа у телу, као што су црева, а трећа врста мишића се налази у зиду срца. Скелетни и мишићни систем заједно чине локомоторни систем.
- **Циркулаторни систем.** Срце и крвни судови чине систем који пумпа крв у сва ткива тела, носећи хранљиве материје, кисеоник и друге супстанце и одводећи крајње производе свог рада од њих. Лимфни судови играју важну помоћну (секундарну) улогу у циркулацији. Врло често се овај систем дели на два одвојена система као што су крвоносни и лимфни систем.
- **Дигестивни систем.** Овај систем се састоји од свих органа који учествују у уносу хране и њеном претварању у супстанце које ће користити ћелије тела. Такви органи укључују уста, једњак, желуцац, црева, јетру и панкреас. Назива се и као систем за варење.
- **Респираторни систем.** Овај систем обухвата плућа и путеве који воде до плућа. Улога овог система је да омогући размену гасова, при чему кисеоник из ваздуха улази у крв и преноси се до свих ткива путем циркулаторног система. На исти начин, угљен-диоксид, као крајњи производ метаболизма, узима се из ткива и избацује из тела.
- **Кожни систем.** Кожа са својим додацима има низ важних функција за људски организам.
- **Уринарни систем.** Овај систем се назива и **екскреторни систем (систем за излучивање)**. Његови главни органи су бубрези, мокраћоводи, бешика и мокраћни канал, а његова главна функција је елиминисање отпадних производа и вишка воде из тела. (Познато је да се и други отпадни производи елиминишу путем система за варење и респираторног система, као и преко коже).
- **Нервни систем.** Мозак и кичмена мождина, заједно са живцима, контролишу и координирају тело. Чулни органи (очи, уши, језик, нос) примају стимулусе из околине и претварају их у стимулусе које мозак обрађује. Мозак такође контролише свест, памћење и реакције. Заједно са чулним органима, нервни систем формира систем за координацију и реакције.
- **Ендокрини систем.** Према сличној функцији, ендокрине жлезде су груписане у један систем. Њихови производи су специфичне супстанце које се називају **хормони**, а које регулишу одређене телесне активности као што су раст, коришћење хранљивих материја у ћелијама, репродукција итд.
- **Репродуктивни (полни) систем.** Овај систем обухвата спољашње гениталије и све унутрашње органе повезане са репродукцијом и рађањем.



Неки органски системи код људи

НИВО ОРГАНИЗМА

Захваљујући сарадњи између свих органа и система, људски **организам** функционише као целина. Ниједан систем не ради сам. Сваки има своју улогу, али цело тело зависи од њихове међусобне повезаности. На пример, респираторни систем и крвотворни систем раде заједно: плућа уносе кисеоник, крв га преноси до свих ћелија, а ћелије га користе за производњу енергије. Без ове сарадње, ћелије би остале без енергије.

ХОМЕОСТАЗА

Хомеостаза је способност организма да одржава стабилно и константно унутрашње окружење, упркос чињеници да се услови око њега стално мењају. Хомеостаза подразумева регулацију телесне температуре, количине воде, нивоа шећера у крви, крвног притиска и других важних параметара. Ово омогућава ћелијама, ткивима и органима да правилно функционишу. Ако је хомеостаза поремећена, организам може имати озбиљне проблеме са виталним функцијама. Нервни и ендокрини систем, као и органи који контролишу температуру, воду, соли, дисање и метаболизам, раде заједно како би одржали хомеостазу. Сви системи користе механизме повратне спреге (feedback) како би тело одржали у равнотежи.

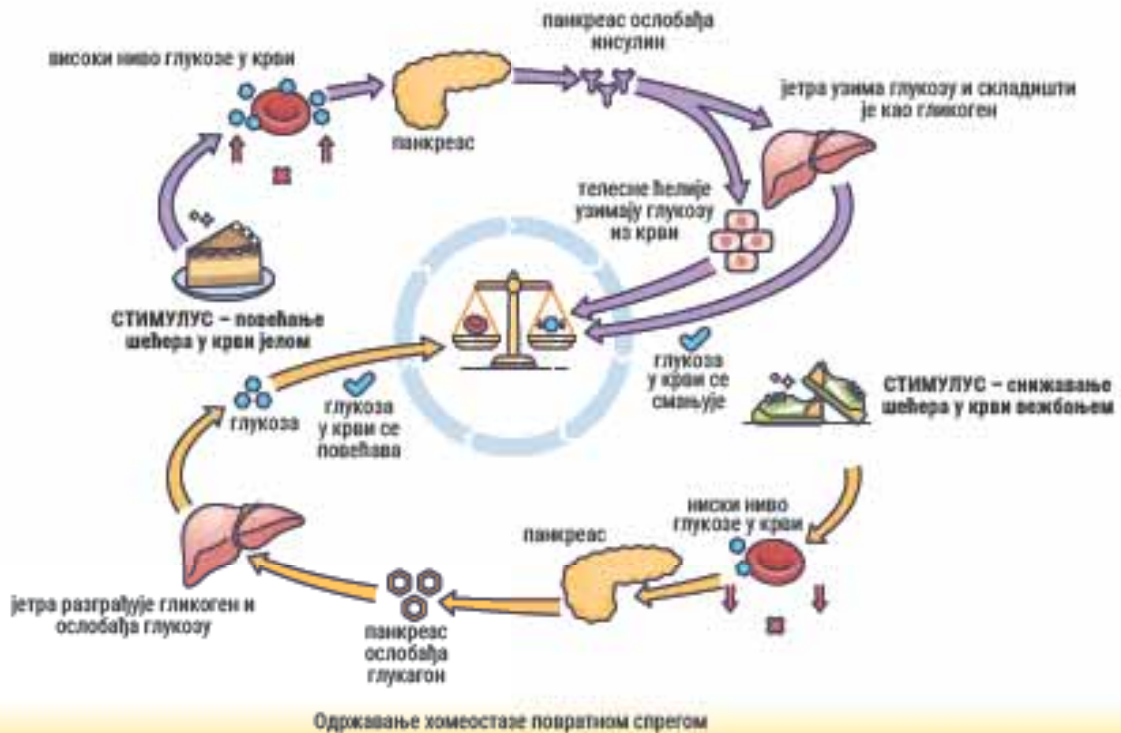
Негативна повратна спрега је најчешћи такав механизам. То значи да ако се параметар повећа или смањи, тело реагује враћајући га на нормалне нивое. На пример:

- Контрола угљен-диоксида (CO_2): ако се CO_2 повећа, мозак стимулише дисање да се убрза, па се CO_2 смањује; ако CO_2 падне, дисање се успорава.
- Контрола шећера у крви (глукозе): ако се ниво шећера повећа (хипергликемија), панкреас лучи инсулин да би га смањио; ако је ниво низак (хипогликемија), лучи се глукагон да би га повећао.



Позитивна и негативна повратна спрега регулације

Постоје и позитивне повратне спреге које најчешће доводе до болести. Тако, ако дође до повећања крвног притиска и ако контролни механизми доведу до његовог даљег повећавања, то ће само наштетити телу. Иако ређе, постоје стања која су регулисана позитивном повратном спрегом, али су и даље корисна, као што су коагулација (згрушавање) крви, порођај или генерисање нервних сигнала.



Ево неких општих, кратких и јасних препорука за здраве навике које подржавају нормално функционисање људског тела и одржавање хомеостазе:

Уравнотежена исхрана: једите разноврсну храну (воће, поврће, протеине, житарице), ограничите унос шећера, соли и прерађене хране, пијте довољно воде да бисте одржали равнотежу течности и температуру.

Редовно се бавите физичком активношћу: најмање 30 минута умерене активности дневно, знајте да вежбање побољшава дисање, циркулацију, метаболизам и функционисање свих система.

Квалитетан сан је такође неопходан, 7–9 сати сваке ноћи, а сан омогућава телу да регулише хормоне, имунитет и нервни систем.

Обратите пажњу на стрес и смањите га шетњама, музиком, опуштањем.

Избегавајте штетне навике попут пушења и алкохола или прекомерне употребе кофеина.

Редовно идите на здравствене прегледе како бисте пратили крвни притисак, ниво шећера, холестерол. Запамтите, рано откривање проблема спречава поремећај хомеостазе.

Одржавајте добру хигијену и боравите на чистом ваздуху.

Активност

1. Ћелијске органеле

Поделите се у групе од 3–4 ученика. Направите табелу са две колоне: (1) органела и (2) њена функција. Унесите најмање три органеле у табелу. Изаберите једну органелу и објасните зашто је важна за живот ћелије и са којом животном карактеристиком је повезана. Припремите кратко усмено објашњење.

2. Хомеостаза

Поделите се у групе од 3–4 ученика. Направите табелу са три колоне: (1) шта је регулисано у телу, (2) који органи или системи су укључени, (3) последице нарушене хомеостазе. Допуните табелу са најмање четири примера. Припремите кратко усмено објашњење.

Питања за проверу знања

1. Који су виши нивои организације од ћелијског нивоа?
2. Наведите примере различитих врста органа.
3. Како респираторни и циркулаторни систем раде заједно како би снабдели ћелије кисеоником?
4. Зашто један орган или систем не може да функционише независно без других?
5. Зашто је правилно функционисање органа важно за одржавање хомеостазе? Наведите две последице поремећене хомеостазе у људском телу.

Занимљива биологија

- Једна мишићна ћелија може да садржи приближно 1 000 до 2 000 митохондрија, а у веома активним мишићима чак и више. Поређења ради, једна коштана ћелија обично има око 100 до 200 митохондрија.
- Неке ћелије код људи, као што су нервне ћелије у централном нервном систему, настају једном и могу живети цео свој живот без деобе. Друге, као што су ћелије коже и крви, стално се стварају и обнављају, понекад за само неколико дана.

2.2 Састав и значај хране

Подсети се!

- Који живи организми могу сами да производе хранљиве материје? Како се зову ти организми? Да ли човек има такву способност?
- Како се органске супстанце производе у биљкама?
- Шта је катализатор у реакцији?

За сваки живи организам, укључујући и људе, правилно функционисање је могуће само уз редовну и адекватну исхрану. Сваког дана ваше тело се обнавља – ћелије се деле, ткива се регенеришу, а органи стално раде. Сви ови процеси захтевају енергију, коју организми добијају из хране. Кроз њу, организам такође добија све потребне материјале за изградњу ткива, за правилно функционисање имуног система, за одржавање телесне температуре и за равнотежу течности.

ОРГАНСКЕ И НЕОРГАНСКЕ КОМПОНЕНТЕ У ХРАНИ

Храна коју уносимо у тело састоји се од различитих хемијских елемената и једињења која се могу поделити на органска и неорганска.

Органске супстанце су једињења која садрже угљеник, најчешће заједно са водоником и кисеоником, а понекад и азотом, фосфором или сумпором. Најважније органске супстанце у исхрани су угљени хидрати, протеини и липиди, који се заједнички називају макронутријенти. Поред њих, важну улогу играју и витамини, који су органска једињења потребна у малим количинама (микронутријенти).



угљени хидрати



протеини



липиди

Органске компоненте хране и производи у којима су оне присутне

- **Угљени хидрати (шећери)** се састоје од угљеника, водоника и кисеоника. Њихов основни градивни блок је моносахарид (као што је глукоза). Спајањем два моносахарида настају дисахариди (као што су сахароза и лактоза), а више повезаних моносахарида граде олигосахариде и полисахариде (као што су скроб, целулоза и гликоген). Угљени хидрати су најзаступљенији у храни биљног порекла, посебно у житарицама, кромпиру, воћу и поврћу, али и у заслаћеним производима, као што су мед, сокови и слаткиши.
- **Протеини** су сложени органски молекули састављени од аминокиселина повезаних пептидним везама у дужим ланцима. Постоји 20 различитих аминокиселина које се комбинују у различитим протеинима. Неке од аминокиселина су есенцијалне, тј. не могу се произвести у телу и морају се уносити храном. Протеини се налазе у месу, млечним производима, махунаркама и орашастим плодовима.
- **Липиди (масти)** се састоје од угљеника, водоника и кисеоника, али садрже мање кисеоника од угљених хидрата. Састоје се од масних киселина и глицерола, који заједно формирају триглицериде, најчешћи тип липида у исхрани. Масне киселине могу бити засићене или незасићене. Засићене масне киселине имају само једноструке везе између атома угљеника и обично су чврсте на собној температури, док незасићене масне киселине садрже једну или

више двоструких веза и обично су течне. Храна која садржи липиде богате незасићеним масним киселинама сматра се здравијом. Најчешће се налазе у хладно цеђеним биљним уљима, орашастим плодовима, семенкама, риби и маслинама.

Неорганске супстанце у саставу хране су вода и минерали. То су есенцијалне супстанце без којих нормално функционисање организма није могуће.

Вода је најзаступљенија компонента у људском телу и чини око 60 % телесне масе одрасле особе. Дневна потреба за водом зависи од старости, физичке активности и климатских услова, али у просеку износи око 2–2,5 литара дневно. Вода се уноси путем воде за пиће, напитака и хране.

Минерали имају важне физиолошке улоге и деле се на макроминерале (калцијум, фосфор, натријум, калијум, магнезијум, хлор) и микроминерале или олигоминерале (гвожђе, цинк, јод, бакар, селен). Присутни су у различитим врстама хране, као што су млечни производи, месо, поврће, воће, семенке и риба. Пошто минерали нису равномерно распоређени у природи, разноврсна исхрана је најбољи начин да се обезбеди њихов довољан унос.



ВИТАМИНИ

Витамины су органска једињења неопходна за нормално функционисање организма. Не могу се произвести у организму, па се морају уносити храном. Према растворљивости, витамини се деле на витамини растворљиви у липидима и растворљиви у води.

- Витамины растворљиви у липидима (*липосолубилни*) су витамини А, D, Е и К. Витамин А се налази у рибљем уљу, млеку, жуманцу и поврћу попут шаргарепе и спанаћа. Витамин D се налази у рибљем уљу и млечним производима, а делимично се може произвести и у кожи под утицајем сунчеве светлости. Витамин Е се налази у биљним уљима, док се витамин К налази у зеленом лиснатом поврћу и делимично га производе микроорганизми у дебелом цреву.



A	ретинол	B₉	фолна киселина
B₁	тиамин	B₁₂	кобаламин
B₂	рибофлавин	C	аскорбинска киселина
B₃	ниацин	D	калциферол
B₅	пантотенска киселина	E	токоферол
B₆	пиридоксин	K	филохинон
B₇	биотин		

Витамины у исхрани и њихова имена

- Витамини растворљиви у води (хидросолубилни) обухватају В групу (B_1 , B_2 , B_6 и B_{12}) и витамин С. Витамин С се налази углавном у свежем воћу и поврћу, као што су паприке и цитруси. Витамина из В групе налазе се у житарицама, квасцу, махунаркама, месу, млечним производима и јетри. Неке од њих, попут фолне киселине, делимично производи и цревна микрофлора.

Недостатак витамина назива се *авитаминоза*, а њихов прекомерни унос назива се *хипервитаминоза*.

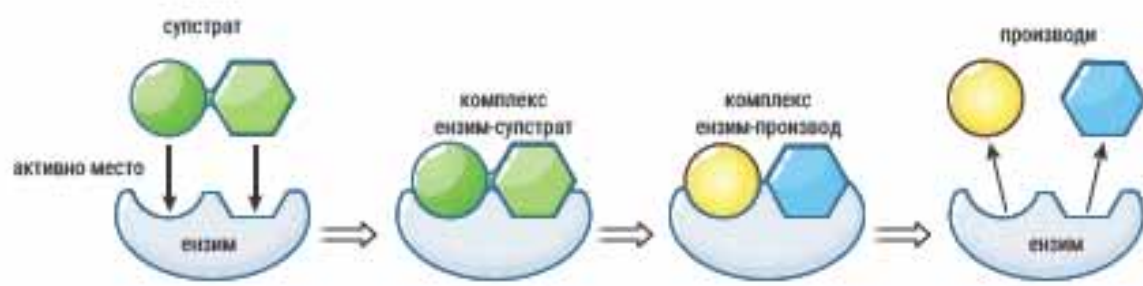
Табела: Витамина растворљиви у води и у мастима са њиховом најважнијом функцијом

Витамин	Функција
Витамина растворљиви у мастима	
витамин А	Учествује у мрежњачи ока у процесу вида, а недостатак узрокује ноћно слепило.
витамин D	Утиче на развој и функцију костију и зуба, недостатак изазива рахитис.
витамин E	Учествује у развоју полових жлезда и код мушкараца и код жена, има антиоксидативну улогу.
витамин K	Важан у систему коагулације крви.
Витамина растворљиви у води	
витамин B_1	Подржава пренос нервних сигнала, функцију мишића и здравље срца, делује као кључни кофактор у метаболичким процесима. Недостатак изазива болест која се зове берибери.
витамин B_2	Учествује у изградњи ензима, а такође игра улогу у функцији очију и у формирању крвних ћелијама.
витамин ниацин B_3	Учествује у конверзији хране у енергију, поправци ДНК и делује као антиоксиданс, недостатак изазива болест пелагру.
фолна киселина B_9 и витамински комплекс B_{12}	Играју важну улогу у формирању еритроцита.
витамин B_6	Учествује у метаболичким процесима аминокиселина, као коензим ензима учествује у нормалном функционисању нервног система.
биотин	Игра улогу у нормалном развоју коже, дигестивног и нервног система.
пантотенска киселина	Важна за развој мрежњаче у очима и оптичког нерва.

ЕНЗИМИ

Ензими су важна група протеина који делују као биолошки катализатори, тј. убрзавају и регулишу велики број хемијских реакција у телу. Пошто се не троше током реакције, за њихово деловање је потребна веома мала количина. Готово свака хемијска реакција у ћелијама је контролисана специфичним ензимом, што омогућава нормалан метаболизам. Неки витамини и минерали су саставни делови или помоћни фактори (коензими) ензима и неопходни су за њихову активност.

Облик ензима је кључан за његово деловање, јер најчешће сваки ензим реагује само са једном специфичном супстанцом – супстратом. Ова специфичност се објашњава такозваним механизмом „кључа и браве“, где ензим има посебно место у молекулу (активно место) које просторно одговара облику молекула супстрата.



Механизм деловања ензима на принципу кључа и браве

Ензими укључени у варење имају јасно дефинисану улогу. Већина органских хранљивих материја су полимери (макромолекули), тј. дуги молекули састављени од понављајућих мањих јединица названих *мономери*, слични многим коцкама спојеним у једну целину. Дакле, скроб је полимер изграђен од молекула глукозе, протеини су полимери аминокиселина, а нуклеинске киселине (ДНК и РНК) су полимери нуклеотида. Липиди су макромолекули, али нису прави полимери.

	мономер (градивни блокови)	полимер	пример
УГЉЕНИ ХИДРАТИ	 моносахариди	 скроб	 зрна скроба у хлоропластима
НУКЛЕИНСКЕ КИСЕЛИНЕ	 нуклеотид	 дволанчана ДНК	 хромозом
ПРОТЕИНИ	 аминокиселине	 полипептид	 протеини
ЛИПИДИ	 масне киселине	 триглицерид	 масна ћелија

Шематски приказ структуре органских молекула

За сваку од ових супстанци постоје специфични ензими који разлажу једноставније молекуле. Ензими важни за варење су амилаза, малтаза, липаза, пепсин, трипсин итд. Амилаза разлаже скроб на мање угљене хидрате, малтаза разлаже малтозу на два молекула глукозе, а липаза разлаже масти на масне киселине и глицерол. Пепсин разлаже протеине на краће пептиде, а трипсин разлаже пептиде на аминокиселине.

Ови примери показују да су ензими веома специфични и да сваки ензим производи прецизно дефинисане производе. Већина ових ензима делује дуж дигестивног тракта, где обезбеђују правилно разлагање и коришћење хране.

БИОЛОШКА УЛОГА ХРАНЕ

Хранљиве материје имају неколико важних физиолошких функција у организму.

- *Енергетска улога* хране састоји се у обезбеђивању енергије кроз процесе разградње и оксидације. Главни извор енергије су угљени хидрати, током чије разградње се производе угљен-диоксид, вода и енергија ускладиштена у високоенергетским молекулима – аденозин трифосфат (АТФ). Ова енергија се користи за физичку и менталну активност, рад органа и одржавање телесне температуре. Када нема довољно угљених хидрата, енергија се добија из масти, а ређе из протеина.
- *Градивна улога* хранљивих материја повезана је са растом, развојем и обнављањем ћелија и ткива. Аминокиселине, које се морају уносити храном, учествују у изградњи протеина, ензима и хормона. Минерали такође имају важну градивну улогу: калцијум и фосфор у изградњи костију и зуба, а гвожђе у стварању хемоглобина. Вода је основна компонента ћелија.
- *Регулаторну улогу* играју витамини и минерали који учествују у раду ензима и у регулацији процеса добијања енергије, рада срца, преноса нервних сигнала, контракције мишића и равнотеже телесних течности. Неки витамини и минерали имају и заштитну улогу, јер учествују у одбрани организма и у антиоксидативној заштити.
- Нутритивне материје такође учествују у стварању нуклеинских киселина (ДНК и РНК) јер обезбеђују градивне елементе као што су азот, фосфор и шећери, неопходни за генетски материјал и његово обнављање.

Активност

Дискусија о витаминима и минералима

Поделите се у групе и истражите улогу одређеног витамина или минерала. Представите своје истраживање разреду. Након што су све презентације завршене, заједно разговарајте о томе зашто је важно уносити довољно витамина и минерала за правилно варење и опште здравље.

Питања за проверу знања

1. Шта су органске, а шта неорганске супстанце у храни? Наведите два примера за сваку групу.
2. Наведите два витамина и намирнице у којима се налазе и њихов утицај на организам.
3. Који минерали се налазе у зеленим деловима биљака, а који у рибама?
4. Које последице се могу осетити када нема довољног уноса хране? Наведите један пример.

Занимљива биологија

- За нормалну функцију штитне жлезде, особи је потребно око 150 микрограма јода дневно, односно количина мања од зрна соли.
- Витамин С се не складишти у телу, па се мора уносити свакодневно и важан је за одбрану од инфекција.

2.3 Грађа и функција органа за варење

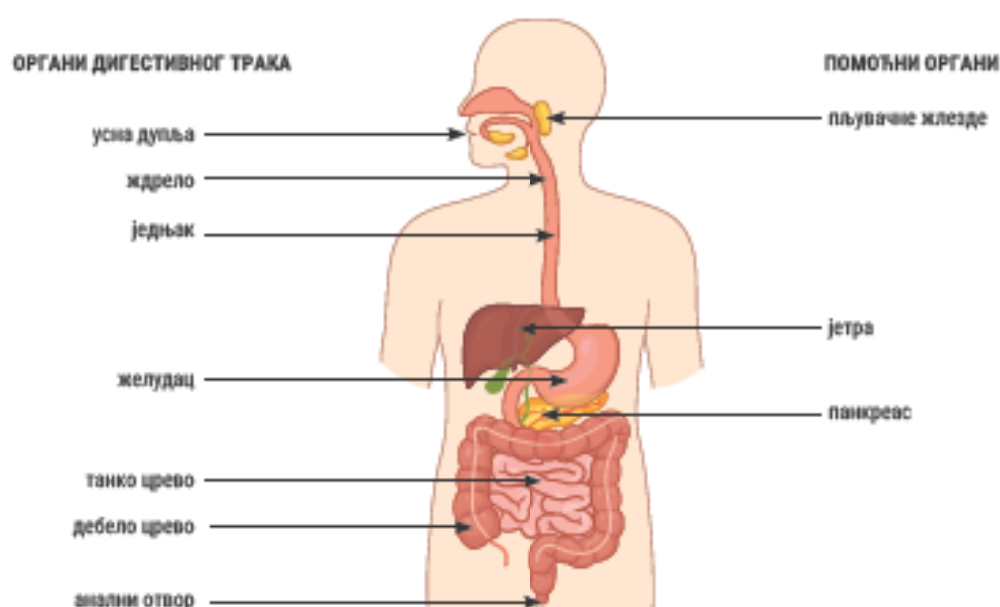
Подсети се!

- Од чега се састоји храна коју свакодневно конзумирате?
- Шта је епително ткиво, а шта су глатки мишићи?
- Зашто храна коју једемо не може да се користи онако како је наше ћелије користе?

Храна коју једемо, у свом изворном облику, не може бити директно коришћена од стране ћелија. Она прво мора бити разграђена (**сварена, дигестирана**) од стране система за варење пре него што је тело може користити (**апсорбовати**). Систем за варење такође игра улогу у уклањању несварених делова хране.

Органи система за варење могу се поделити у две групе:

1. Дигестивни тракт, који обухвата: усну дупљу, ждрело, једњак, желудац, танко црево и дебело црево. Два основна процеса варења и апсорпције хране одвијају се дуж дигестивног тракта, а несварене супстанце се излучују из тела.
2. Помоћни органи су они који учествују у процесима варења кроз своје производе које лаче у дигестивни тракт кроз канале. Ту спадају пљувачне жлезде, јетра и панкреас.



Шематски приказ органа људског дигестивног система

ДИГЕСТИВНИ ТРАКТ

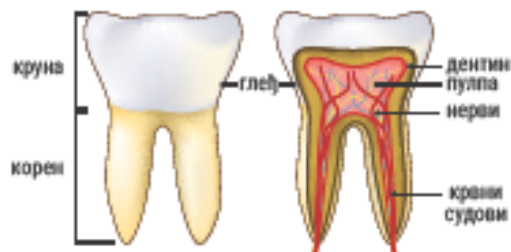
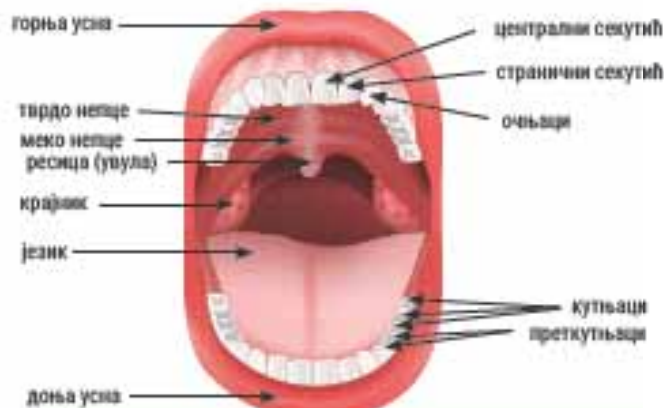
Дигестивни тракт је дуга мишићна цев која се састоји од: усне дупље, ждрела, једњака, желуца, танког и дебелог црева. Назива се још и гастроинтестинални тракт, јер се варење углавном одвија у желуцу и цревима. Делови дигестивног тракта, од једњака до ректума, су шупљи органи раздвојени кружним мишићима – сфинктерима. Сфинктери делују као једносмерни вентили и контролишу пролаз хране кроз дигестивни систем. Најчешће, стимулуси пре сфинктера узрокују његово отварање, а стимулуси после њега узрокују његово затварање.

Усна дупља, заједно са уснама, језиком, зубима и пљувачним жлездама, игра важну улогу у варењу. Она прима храну, механички је обрађује и започиње хемијско варење скроба уз помоћ пљувачке. Језик је мишићни орган који меша храну, помаже при гутању, а на његовој површини налазе се *чулне квржице* са рецепторима укуса. Такође учествује у производњи звукова.

Зуби се такође налазе у усној дупљи. Користе се за сечење, кидане и млевење хране. Деца имају 20 млечних зуба, које постепено замењују стални зуби. Први стални зуб који избија је шести кутњак (шестица), који игра важну улогу у жвакању. Трећи кутњаци, названи умњаци, избијају последњи. Код одраслих, укупан број сталних зуба је 32. Сваки зуб се састоји од круне и корена.



Положај сфинктера у гастроинтестиналном тракту



Усна дупља са зубима и језиком

У усној дупљи, храна се меша са пљувачком, која је влажи и олакшава жвакање и гутање. Пљувачка је течност без боје, мириса и укуса. Људи дневно луче око 1–1,5 литара пљувачке. Пљувачка се углавном састоји од воде (99 %), а садржи и минералне соли и органске супстанце. Од органских компоненти, најважнији су ензими и муцин, који подмазују храну.

Најважнији ензим у пљувачки је амилаза. Уз помоћ амилазе, разградња скроба почиње у устима. Пљувачка такође има заштитну улогу смањењем броја бактерија и помаже у одржавању оралне

хигијене. Такође је важна за чуло укуса, јер без довољно пљувачке, супстанце из хране не могу стимулирати рецепторе укуса.

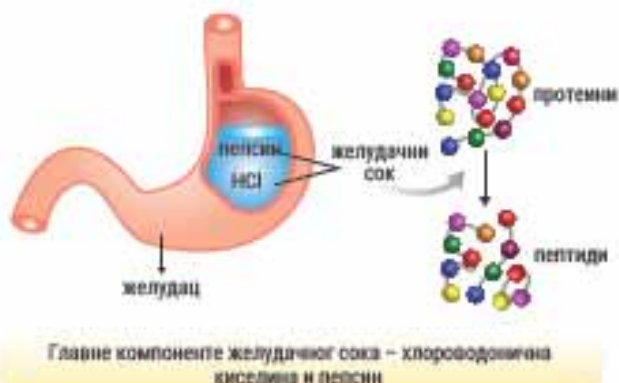
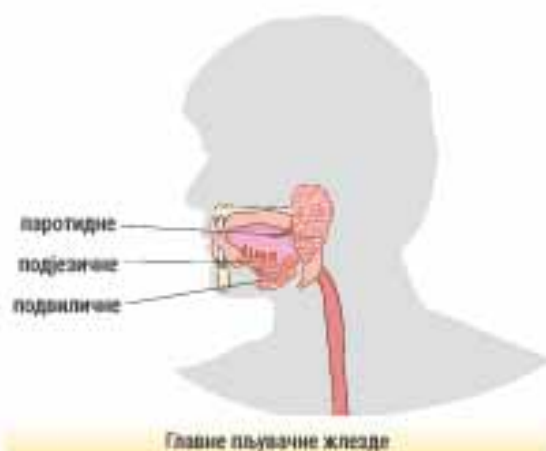
Највећа количина пљувачке је производ лучења три пара главних пљувачних жлезда. То су: *подвиличне, подјезичне и паротидне жлезде* које луче своје секрете кроз канале у усну дупљу.

Ждрело, колоквијално названо грло, део је и система за варење и респираторног система. Налази се иза усне и носне дупље и изнад грклана. Након жвакања и мешања хране са пљувачком, ствара се залогај који се преноси у ждрело. Гутање почиње свесно, а затим се наставља као брза и несвесна рефлексна реакција. Током гутања, меко непце и увула (ресница) се подижу и затварају пролаз до носне дупље, спречавајући храну да уђе у душник.

Прогутана храна се затим креће кроз једњак. **Једњак** је мишићна цев дужине око 25 cm која се спаја са желуцем. Пре него што се повеже са желуцем, једњак пролази кроз дијафрагму.

Желудац је шупаљ, мишићни орган у горњем делу трбушне дупље и обликован је као слово „J“. Састоји се од *кардије* (улазни део), *фундуса* и *корпуса* (средњи део) и *пилоруса* (излазни део), који се наставља у дванаестопалачно црево. Зид желуца има три слоја глатких мишића који омогућавају мешање и дробљење хране. На улазу и излазу налазе се кардијални и пилорични сфинктери, који регулишу кретање хране. Служница желуца садржи жлезде које производе желудачни сок. Поред желудачног сока, жлезде у зиду желуца садрже и ендокрине ћелије које луче hormone (гастрин и соматостатин).

Током 24 сата, особа излучи око 1–1,5 литара желудачног сока. Он је безбојан и јако кисео, а количина зависи од унете хране. Најважнији састојак желудачног сока је хлороводонична киселина (HCl), заједно са слузи (муцином) и дигестивним ензимима. Хлороводонична киселина има неколико важних улога: омогућава активацију ензима, помаже у разградњи хране и уништава многе микроорганизме, чиме штити тело од инфекција.



Најважнији ензим у желудачном соку је пепсин, који се производи као неактивни пепсиноген и активира се у киселој средини. Пепсин почиње разградњом протеина на мање делове (пептиде). Код деце је присутан и ензим хемозин, који разграђује казеин, протеин у млеку, док желудачна липаза у веома малој мери учествује у разградњи масти.

Танко црево је најдужи део дигестивног тракта и има мали пречник од око 2,5 cm. Код одрасле особе, његова дужина је приближно 6 m. Први део је дванаестопалачно црево (25–30 cm), затим следе празно црево (јејунум) (2–2,5 m) и криво црево (илеум) (3–3,5 m), који се спаја са дебелим цревом.

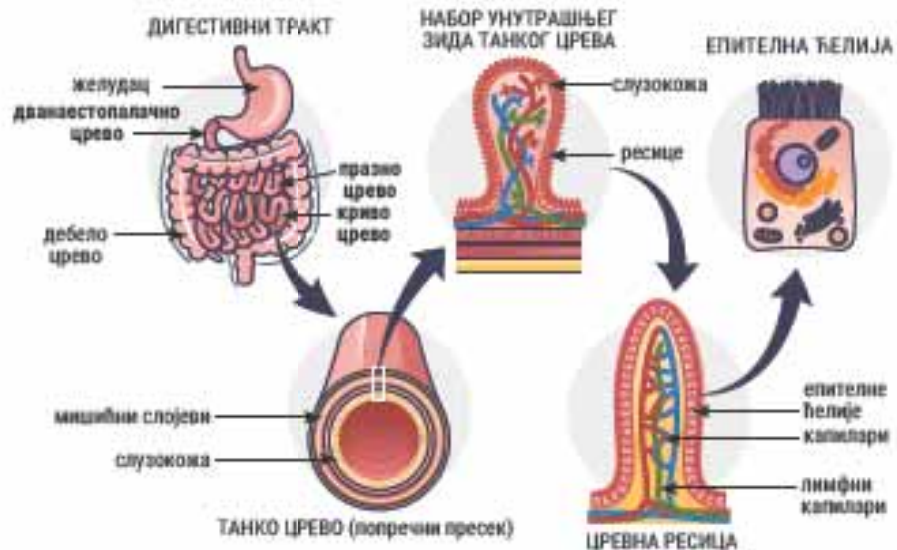
Унутрашња страна зида танког црева прекривена је цревним ресицама – малим израштајима које повећавају контакт са храном и помажу у апсорпцији хранљивих материја. Ресице су прекривене једнослојним епителом и садрже централно смештене капиларе. Покрети танког црева хомогенизују храну и омогућавају контакт са слузокожом, а тиме и лакшу апсорпцију хранљивих материја.

Танко црево је најважнији део дигестивног тракта, јер се управо тамо одвија највећа дигестивна варење и апсорпција хране. Угљени хидрати се разлажу на моносахариде (на пример: скроб на глукозу), док се целулоза (биљна влакна) не разлажу. Масти, након емулгирања са жучним киселинама, разлажу се на глицерол и масне киселине, а протеини, претходно разложени у желуцу на пептиде, дигестирају се на аминокиселине.

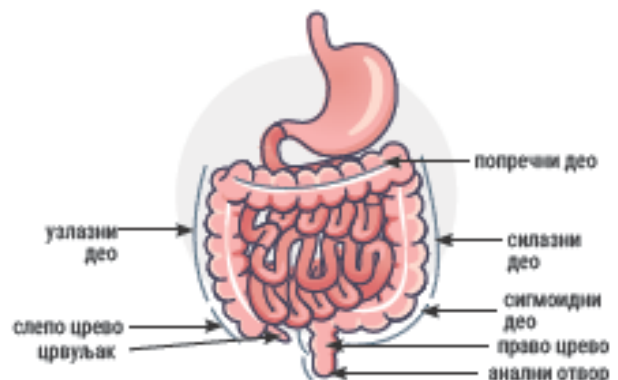
Ћелије танког црева производе цревни сок (око 3 L дневно, pH ≈ 7,6) који садржи ензиме који настављају разградњу хране. Танко црево такође лучи hormone који регулишу варење, апсорпцију, покретљивост, осећај ситости и лучење панкреасног сока и жучи.

Дебело црево је дугачко око 1,5 m и има пречник од око 6,5 cm. Почиње од слепог црева у доњем десном делу трбушне дупље, где се налази и црвуљак (апендикс). Затим следе узлазни, попречни, силазни и сигмоидни део, а завршава се **правим цревом** (ректумом) и аналним отвором.

Слузокожа дебелог црева не производи ензиме, већ слуз која помаже кретању хране. Овде је 90 % хранљивих материја већ апсорбовано.



Шематски приказ грађе танког црева



Шематски приказ дебелог црева

Посебна карактеристика дебелог црева је присуство корисне микрофлоре која разграђује несварене супстанце и производи витамине из групе В и витамин К. Антибиотици могу смањити број ових корисних бактерија, што доводи до хиповитаминозе.

Измет (фецес) је последња материја која се избацује из дебелог црева, а састоји се од воде, несварене хране, бактерија и гасова, а пражњење контролише рефлексни центар у доњем делу кичмене мождине.

Активност

1. Дејство амилазе на скроб

Радите у малим групама. Ставите агњечено парче хлеба или кромпира (извор скроба) у две епрувете. Додајте малу количину плувачке (извор амилазе) у прву епрувету, а у другу, која служи као контролни узорак, немојте додавати плувачку. Ставите обе епрувете у водено купатило са млаком водом како бисте осигурали оптималну температуру за деловање ензима.

Након неколико минута, додајте раствор јода у обе епрувете и посматрајте промене боје.

Код узорка са плувачком не појављује се тамноплаво обојење, што указује да је скроб разграђен дејством амилазе.

2. Пут хране и њен утицај на тело и зубе

Поделите се у мале групе или парове. Направите инфографик на тему „Пут хране кроз људско тело“ у којој ћете приказати процес од уста до танког црева. Означите органе дигестивног тракта и њихову улогу користећи симболе (ензими као кључеви, желудац као миксер, танко црево као мрежа) итд. Посветите посебан део инфографика усној дупљи и зубима, где ћете показати како шећери и киселине из хране могу оштетити зубну глеђ.

Нека свака група представи свој инфографик, а затим заједно разговарајте о томе зашто варење почиње у устима и зашто је здрава исхрана важна за зубе.

Питања за проверу знања

1. Зашто је важно да се храна обради у усној дупљи?
2. Која је улога желудачне киселине и плувачке?
3. Зашто је танко црево најважније за апсорпцију хранљивих материја?
4. Која је функција микрофлоре у дебелом цреву?

Занимљива биологија

- Унутрашња површина танког црева прекривена је милионима ситних израслина названих ресице, које повећавају површину за апсорпцију. Када би се потпуно проширило, покрило би површину величине једног теноиског терена.
- Желудачна киселина (хлороводонична киселина) је толико јака да може да разгради неке метале, попут цинка. Желудац има заштитни слој слузи који га спречава да се сам дигестира.

2.4 Дигестија и апсорпција хране

Подсети се!

- Који су саставни делови протеина и масти који су део хране?
- Да ли се по дужини дигестивног тракта у неком делу производе ензими како би разградили масти и протеине из хране у њихове мономере?

Процес **варења хране (дигестија)** подразумева прво механичко дробљење, а затим хемијско разлагање хранљивих материја на једноставне супстанце које тело може да апсорбује.

Помоћни органи такође учествују у процесу варења кроз своје производе које излучују у дигестивни тракт кроз канале.

Јетра (хепар) је највећа жлезда у људском телу, масе око 1,5 kg. Налази се у горњем десном делу трбушне дупље, испод дијафрагме, и црвенкасто-смеђе је боје. Састоји се од два режња – десног (већег) и левог (мањег). Јетра се снабдева крвљу кроз два крвна суда: јетрену артерију, која носи крв богату кисеоником, и порталну вену, која носи крв богату хранљивим материјама апсорбованим из дигестивног тракта.

Велика количина крви пролази кроз јетру, што јој омогућава да ефикасно обавља своје бројне функције. Неке од најважнијих функција јетре су:

- складиштење глукозе у облику гликогена;
- производња протеина плазме (албумин, фактори коагулације);
- производња уреје, као крајњег производа разградње протеина;
- прерада масти и њихова дистрибуција у телу;
- производња жучи, важне за варење масти;
- разградња старих еритроцита и производња жучних пигмената;
- детоксикација штетних материја (алкохол, лекови);
- складиштење витамина и гвожђа.

Због великог броја функција, јетра је један од најважнијих органа за одржавање људског живота.

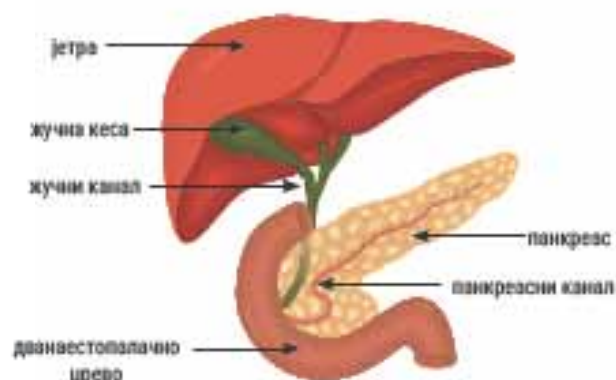
Главна улога јетре у варењу остварује се кроз производњу **жучи**. Део жучи се директно излучује у дванаестопалачно црево, а део се складишти у жучној кеси. Дневно се производи око 500 – 1 000 mL жучи. Иако потиче из јетре, жуч која се складишти у жучној кеси је гушћа и има другачији састав од оне која се директно излучује у црево. Лучење жучи зависи од стања организма, количине жучних соли у крви и дејства хормона **секретина**. Најважније компоненте жучи су жучне киселине и њихове соли, жучни пигменти (билирубин и биливердин) и холестерол.

Жуч нема ензиме, али је неопходна за правилно варење и апсорпцију масти.

Жучна кеса је мали мишићни орган који се налази на доњој страни јетре. Она складишти и згушњава жуч произведену у јетри. Жуч из јетре, кроз жучне канале, долази до жучне кесе. Када храна стигне у дванаестопалачно црево, жучна кеса се контрахује и истискује жуч у дванаестопалачно црево, где помаже у варењу масти.

Панкреас (гуштерача) је дугачка жлезда која се протеже од дванаестопалачног црева до слезине. Панкреас производи **панкреасни сок** богат ензимима који активно учествују у процесима варења

хранљивих материја. Дневна количина панкреасног сока је променљива и креће се од 800 до 1 500 mL у току 24 сата. Безбојан је, са pH вредношћу од око 8,0. Садржи дигестивне ензиме који разлажу угљене хидрате, масти, протеине и нуклеинске киселине. Тако, *амилаза* разлаже скроб до малтозе, која се разлаже до глукозе помоћу цревне малтазе, *панкреатична липаза* (активирана помоћу жучи) разлаже масти. Протеине разграђују протеолитички ензими који се у панкреасном соку налазе у облику проензима *трипсиногена* и *химотрипсиногена*. Ови проензими су неактивни и активира их ензим који се налази у ћелијама зида дванаестопалачног црева (ентерокиназа). Панкреас такође производи ензиме који разграђују нуклеинске киселине.



Повезаност јетре и панкреаса са дванаестопалачним цревом



Делови гастроинтестиналног тракта са местима варења

Кретање хране и функционисање органа у дигестивном тракту су прецизно контролисани. Ако се храна креће преспоро или пребрзо, варење може бити неефикасно и тело можда неће правилно користити хранљиве материје. Варење контролишу нерви и хормони. Нервни завршеци у зидовима органа за варење су под утицајем аутономног нервног система.

Систем за варење такође има свој нервни систем, назван *ентерични нервни систем*, који контролише перисталтику, секрецију и проток крви, и стога се често назива „*други мозак*“.

Хормони такође играју улогу у регулацији. *Гастрин* стимулише жeluдац, а *секретин* и *холецистокинин* стимулишу лучење панкреасног сока, жучи и секрета јетре и успоравају пражњење жeluца.

Глад је потреба за храном и регулишу је центри у хипоталамусу. Смањује се уносом хране и пуњењем жeluца. Апетит је жеља за одређеном храном и може постојати чак и када тело нема стварну потребу за храном.

АПСОРПЦИЈА ХРАНЉИВИХ МАТЕРИЈА

Након варења, хранљиве материје прелазе из система за варење у крв кроз процес који се назива **апсорпција**.

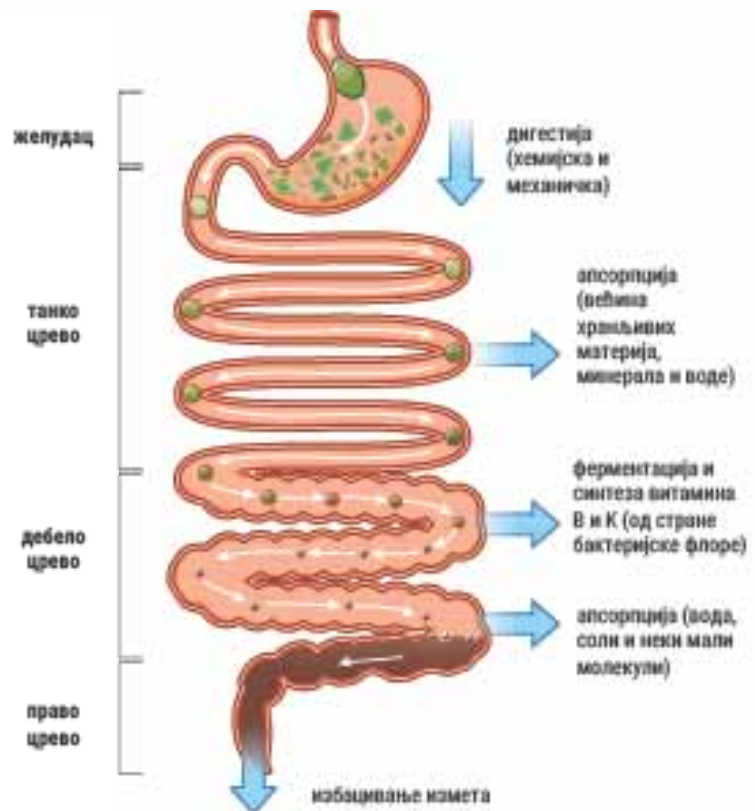
Током процеса варења, дуж дигестивног тракта, неоргански и органски делови хране добијају погодан физичко-хемијски облик да би их тело апсорбовало. Физиолошки, апсорпција хранљивих материја је процес у којем супстанце пролазе кроз епител цревне слузокоже у унутрашњу средину, тј. крв и лимфу.

У усној дупљи, ждрелу и једњаку готово да нема апсорпције, осим неких лекова и отрова. У жeluцу је апсорпција веома слаба и углавном се односи на воду, алкохол и неке растворљиве супстанце.

Већи део апсорпције се одвија у танком цреву, где је слузокожа снажно наборана и има много цревних ресица, што повећава апсорпциону површину. Цревне ресице помажу апсорпцију континуираним покретом.

Дебело црево углавном апсорбује воду, соли и неке мале молекуле, али не и масти и протеине.

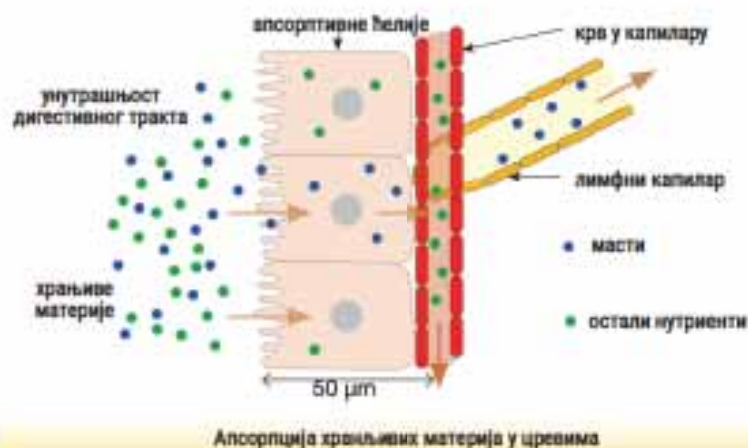
Већина воде се апсорбује у танком цреву. Од укупно око 8–9 литара воде која дневно уђе у дигестивни тракт, само 300–400 mL се апсорбује у дебелом цреву. Минералне соли попут натријума, калијума и калцијума се углавном апсорбују у танком цреву. Гвожђе се углавном апсорбује у дванаестопалачном цреву, у феро (Fe^{2+}) облику, а затим се крвљу транспортује до јетре, слезине и коштане сржи, где учествује у стварању хемоглобина. Угљени хидрати се апсорбују само као моносахариди, углавном у почетном делу танког црева. Масти се апсорбују уз помоћ



Процеси прераде хране дуж дигестивног тракта

жучи и транспортују се путем лимфног система. Уз масти, апсорбују се и **витамини растворљиви у мастима** (A, D, E и K. **Аминокиселине** се апсорбују у танком цреву и крвљу се преносе до ћелија тела.

Моносахариди, аминокиселине, вода и минерали се апсорбују директно у крв, док масне киселине и витамини растворљиви у мастима (A, D, E и K) прво апсорбује лимфни систем. Кроз **портални крвоток**, апсорбоване хранљиве материје прво стижу до јетре где се обрађују, складиште или дистрибуирају. Затим се крвљу транспортују до свих ћелија у телу.



Поред дигестије и апсорпције, систем за варење такође игра улогу у уклањању несварених делова хране. Захваљујући овим функцијама, тело може правилно да функционише и одржава здравље.

ПРАВИЛНА ИСХРАНА И ПРЕВЕНТИВНЕ МЕРЕ ЗА ЗДРАВ СИСТЕМ ЗА ВАРЕЊЕ

Правилна и уравнотежена исхрана је нераскидиво повезана са здравим и функционалним системом за варење, који је основа целокупног људског здравља.

Храна коју једемо не служи само као извор енергије, већ директно утиче на рад свих органа који учествују у варењу – од уста, преко желуца и црева, до јетре и панкреаса. Када је исхрана **разноврсна** и богата природним намирницама, систем за варење ради лакше, ефикасније и без непотребног напора. Конзумирање воћа, поврћа, житарица, млечних производа, меса, рибе, орашастих плодова и довољно воде омогућава телу да правилно функционише, ствара енергију и гради ткива. Дугорочни недостатак одређених хранљивих материја може довести до здравствених проблема као што су анемија, слаб имунитет, умор и ослабљен раст и развој.

Угљени хидрати, масти и протеини, као главни хранљиви састојци, морају се конзумирати у **правилном односу**. Препоручује се да већи део дневне енергије долази из угљених хидрата (око 55 – 60 %), углавном из интегралних житарица, поврћа и воћа. Масти треба да чине приближно 25 – 30 % укупног енергетског уноса и треба бирати незасићене масти. Протеини треба да буду заступљени са око 10 – 15 %. Ова расподела омогућава уравнотежену исхрану и правилно функционисање организма.

Потребна дневна количина хране зависи од старости, пола, телесне масе и нивоа физичке активности особе.

Прекомерна или неправилна исхрана (богата брзом храном, шећерима, засићеним мастима) може оптеретити желудац и црева, успорити варење или изазвати надимање, горушицу, бол или затвор.

Насупрот томе, довољан унос биљних влакана (из воћа, поврћа и житарица) стимулише рад дебелог црева, побољшава кретање хране кроз црева и смањује вероватноћу проблема са варењем.

Довољан унос воде игра подједнако важну улогу, јер вода омогућава раставање, кретање и апсорпцију хранљивих материја, а истовремено помаже у елиминацији штетних материја.

Витамици и минерали, попут витамина В-комплекса, витамина С, калцијума и магнезијума и других, учествују у раду дигестивних ензима и контракција мишића црева. Када се особа здраво и редовно храни, систем за варење остаје у добром стању, ефикасно обрађује храну и обезбеђује континуирану енергију, раст и заштиту организма. С друге стране, дугорочна нездрава исхрана може довести до хроничних проблема као што су гастритис, поремећена апсорпција хранљивих материја и болести јетре и панкреаса.

Дугорочна нездрава исхрана има значајан негативан утицај на здравље зуба, посебно код младих људи. Честа конзумација хране богате шећерима, слаткишима, газираним пићима и грицкалицама доводи до стварања киселина у усној дупљи. Ове киселине оштећују зубну глеђ и доприносе појави каријеса. Недовољан унос калцијума, фосфора и витамина D слаби глеђ и смањује отпорност зуба. Нездрава исхрана такође може довести до упале десни, што узрокује крварење и лош задах. Код младих људи, таква оштећења се често погоршавају нередовним прањем зуба. Временом, каријес може изазвати бол, инфекције и губитак зуба. Здрава и разноврсна исхрана, заједно са правилном оралном хигијеном, кључна је за одржавање здравих и јаких зуба.

Људска телесна тежина зависи од равнотеже између уноса хране и потрошње енергије. Ако се конзумира више хране него што се троши, вишак се складишти у телу, најчешће у облику масти, а ако је унос мањи – телесна тежина се смањује.

Када је желудац празан, лучи се хормон **грелин**, који повећава осећај глади. Када тело има довољно енергије, масно ткиво лучи **лептин**, који смањује апетит. Уз помоћ ових механизма, тело тежи да одржи стабилну телесну тежину и енергетски баланс.



Активност

1. Мој систем за варење у једном дану

Направите списак хране коју уносите у организам у једном дану. За сваки оброк укратко наведите кроз које органе храна пролази, који органи учествују у варењу (у зависности од састава хране) и који се процеси одвијају. Презентујте све својим друговима из разреда и разговарајте о томе како се која храна вари и апсорбује у организму.

2. Истраживање деловања ензима

Поделите се у групе и направите визуелну презентацију о дигестивним ензимима (амилаза, пепсин, липаза, итд.). Укључите информације о томе где се у систему за варење стварају или активирају, које супстанце разлажу и на које супстанце.

3. Утицај здраве и нездраве исхране на организам

Поделите се у групе од по 5 ученика. Један ученик из групе треба да направи два дневна јеловника: један са здравом исхраном и један са нездравом исхраном (пуно шећера и газираних пића). Нека остали ученици у групи анализирају како се храна вари у дигестивном тракту, какав утицај има на апсорпцију хранљивих материја и какав утицај има на зубе. Резултате представите у краткој табели или на постеру. На крају, заједно извуците закључак о томе зашто дуготрајна нездрава исхрана може довести до проблема са варењем и појаве каријеса.

Питања за проверу знања

1. Наведите функције јетре и панкреаса у процесу варења.
2. Који ензими и како покрећу варење липида из хране?
3. Зашто јетра има тако важну улогу у људском телу?
4. Наведите три навике које доприносе здравом дигестивном систему.
5. Како правилна исхрана може помоћи у спречавању болести система за варење?

Занимљива биологија

- Процес варења почиње чак и пре него што загриземо први залагај. Сам поглед или мирис хране шаље сигнал мозгу да лучи пљувачку и дигестивне сокове како би припремио „поље“ за варење.
- Апсорпција се може одвијати и кроз кожу, слузокожу других органа, мишиће итд. Неки отрови, лекови или друге активне супстанце могу се апсорбовати на овај начин. Процес апсорпције супстанци ван дигестивног тракта назива се парентерална апсорпција.

2.5 Састав крви и лимфе

Подсети се!

- Шта се дешава са хранљивим материјама након што се апсорбују у дигестивном тракту?
- Зашто би храна требало да садржи гвожђе, а зашто витамин C?
- Која је функција крвносног система?

Хранљиве материје апсорбоване у дигестивном систему, као и кисеоник добијен током размене гасова у плућима, морају се транспортовати до ћелија широм тела. С друге стране, отпадни производи произведени у ћелијама морају се транспортовати до респираторног и уринарног система да би се уклонили из тела. Ови сложени задаци су одговорност одвојених органа организованих у крвоносни и лимфни систем.

Крв је густа и вискозна течност црвене боје која стално циркулише кроз људско тело. Количина крви зависи од телесне масе особе, а код одрасле особе телесне масе око 70 kg има приближно 5 литара крви, што је око 8 % телесне масе.

Кретање крви је омогућено сталним радом срца, које пумпа крв кроз тело. Захваљујући овој циркулацији, крв долази у контакт са свим органима, ткивима и ћелијама.

Кроз зидове капилара, део крвне плазме и растворене супстанце (кисеоник и хранљиве материје) из крви прелазе у простор између ћелија. Ова течност се назива **ткивна (интерстицијална) течност** и омогућава ћелијама да добију потребне супстанце и да преносе отпадне производе. Већина ткивне течности се враћа у крвоток. Мали део ткивне течности се не враћа директно у крвне судове, већ улази у лимфне капиларе који имају слепе почетке. Ова течност се назива **лимфа**. **Лимфа** је слична по саставу крвној плазми, али садржи само беле крвне ћелије. Креће се кроз лимфни систем и коначно се враћа у крвоток. **Лимфни систем** игра важну улогу у одржавању равнотеже течности у телу и у заштити тела.

Крв има неколико **функција** које се могу груписати у: транспортну, регулаторну и заштитну.

- Крв **преноси** кисеоник из плућа до свих ћелија у телу. Истовремено, угљен-диоксид који се производи током рада ћелија преноси се крвљу до плућа и избацује се током издисаја. Крв такође преноси хранљиве материје, витамине, соли и лекове, које апсорбује систем за варење и прво преноси до јетре, а затим до свих делова тела. Хормони који се производе у ендокриним жлездама се директно излучују у крв и доспевају до органа на које делују.
- Крв учествује у **регулацији** телесних течности. Помаже у регулисању pH вредности тела, као и у одржавању равнотеже воде. Кроз циркулацију, крв такође учествује у регулацији телесне температуре.
- Крв садржи беле крвне ћелије која **штите** тело од бактерија, вируса и других штетних микроорганизама. Крв такође садржи антитела која помажу у одбрани од болести, а крв има способност **згрушавања**, што спречава прекомерни губитак крви код повреда.

Крв је течно везивно ткиво састављено од **формативних елемената** (ћелија и делова ћелија) и **крвне плазме**. Формативни елементи су суспендовани у плазми и стално се крећу по телу кроз крвне судове. Више од половине укупне запремине крви (око 55 %) чини крвна плазма. Преосталих 45 % су крвни елементи, који чине крв око пет пута вискознијом од воде.

Крвна плазма је течни део крви и састоји се од око 90 % воде, а преосталих 10 % су разне растворене супстанце. Хранљиве материје, гасови, хормони и отпадни производи се транспортују кроз плазму.

Након воде, најзаступљеније супстанце у плазми су **протеини**. Најважнији протеини су **албумини**, који одржавају осмотски притисак, фактори коагулације који учествују у згрушавању крви, антитела која учествују у одбрани од инфекција.

Плазма такође садржи хранљиве материје као што су **глюкоза**, **аминокиселине** и мали проценат **масти**. Од минерала, најважнији је **натријум**, који игра улогу у регулисању осмотског притиска и кисело-базне равнотеже. **Калијум** учествује у функционисању нерва и мишића, **калцијум** је важан за коагулацију крви и активност ензима, а **магнезијум** регулише неуромишићну раздражљивост. **Гвожђе** у плазми је везано за протеин **трансферин**. **Витамини**, **хормони**, **лекови** и **крајњи производи метаболизма** такође су присутни у плазми.

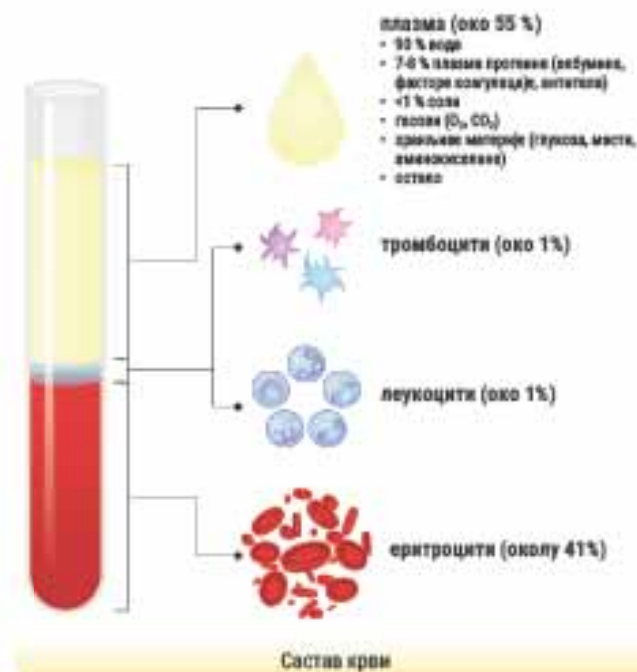
Формативни елементи се деле на:

- **еритроците** (*erythro* – црвен) – су црвени крвни елементи,
- **леукоцитите** (*leuco* – бело) – су беле крвне ћелије и
- **тромбоците** или **крвне плочице** који су делови ћелија.

Еритроцити су крвни елементи биконкавног облика. Немају једро, због чега се не сматрају правим ћелијама. Њихов специфичан облик омогућава лакши транспорт гасова. У 1 mm³ (1 μ L) крви има приближно 4–5 милиона еритроцита, али њихов број може да се промени. Тако се при боравку на великим надморским висинама број еритроцита повећава, а током крварења или одређених болести смањује, што се назива **анемија**.

Еритроцити се састоје од ћелијске мембране, хемоглобина и строме. Мембрана је пропусна за воду и реагује на осмотске услове – у хипотоничном окружењу ћелије бубре, а у хипертоничном окружењу се скупљају. Оштећење мембране и ослобађање хемоглобина назива се **хемолиза**.

Најважнија компонента еритроцита је **хемоглобин**, који чини већину њихове суве масе. У крви здравих људи има од 140 до 170 g хемоглобина по литру крви. Хемоглобин је



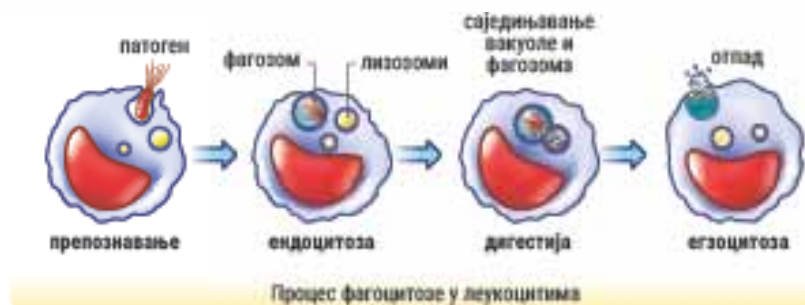
сложени протеин састављен од глобина и хема, у чијем је центру гвожђе. Везивањем кисеоника ствара се **оксихемоглобин**, а са угљен-диоксидам карбаминохемоглобин.



Незаобилазна физиолошка функција хемоглобина у људском телу је пренос кисеоника из плућа у ткива и угљен-диоксида из ткива у плућа, а такође има и пуферска својства.

Леукоцити су беле крвне ћелије неправилног облика и способности амебоидног кретања. На микроскопском препарату имају округли облик са различитим обликом једра. У 1 μm^3 крви има око 6 000-8 000 леукоцита, а њихов број може се благо повећати након јела, физичког напора или током менструалног циклуса. Насупрот томе, код разних болести, број леукоцита се значајно мења.

Леукоцити играју важну улогу у одбрани организма и поседују неколико важних својстава. Могу да пролазе кроз зидове крвних судова. Крећу се амебоидно и тако могу активно да доспеју до места инфекције или упале. Под утицајем одређених хемијских супстанци, леукоцити се крећу ка оштећеном ткиву или микроорганизмима, феномен који се назива **хемотаксија**. Најважнија одбрамбена способност леукоцита је **фагоцитоза** – процес у којем окружују, уносе и разграђују штетне микроорганлизме попут бактерија. На овај начин, леукоцити штите организм од инфекција.



Према присуству гранула у цитоплазми и начину бојења, леукоцити се деле на гранулоците и агранулоците. Група **гранулоцита** обухвата неутрофиле, еозинофиле и базофиле, а **агранулоцити** моноците и лимфоците.

Неутрофили су најбројнији леукоцити и имају једро подељено на неколико сегмената. Имају јаку фагоцитну способност и прве су ћелије које стижу на место инфекције. **Еозинофили** учествују у алергијским реакцијама, упали и у борби против паразита. **Базофили** имају улогу везану за алергијске и инфламаторне реакције.

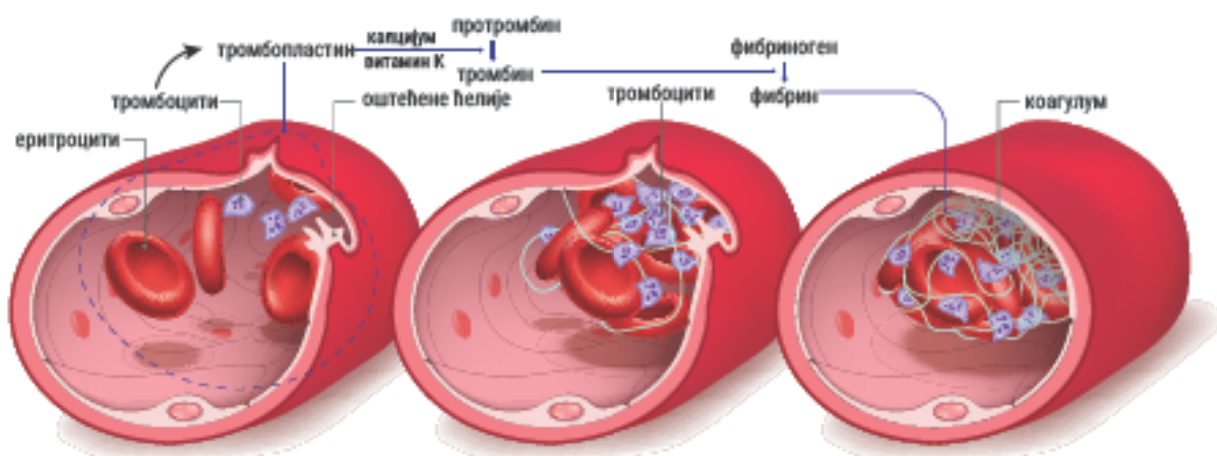
Група агранулоцита обухвата **моноците**, који су највећи леукоцити. Они напуштају крв и гнезде се у одређеним ткивима где сазревају у велике ћелије које се називају макрофаги са израженом фагоцитном способношћу. **Лимфоцити** се деле на Т- и Б- лимфоците и имају кључну улогу у имунитету. Т-лимфоцити регулишу имуни одговор, а Б-лимфоцити производе антитела која су важна за хуморални имунитет.

Тромбоцити или крвне плочице су најмањи формативни елементи. Немају једро, имају сферни облик, а број тромбоцита у људској крви креће се од 150 000 до 450 000 на 1 mm³.

Тромбоцити садрже велики број ензима и биолошки активних супстанци, од којих су најважније оне које учествују у хемостазу и коагулацији крви. **Хемостаза** је процес који чува непропусност крвних судова и спречава велики губитак крви. Обухвата три основне реакције: затварање здравих крвних судова, реакцију крвних судова на повреду и биохемијске процесе у крви (коагулација).

Коагулација се одвија у четири фазе:

1. Активација тромбопластина – тромбоцити се разграђују и ослобађају ензим (тромбопластин) који је активан само у присуству калцијума и витамина К.
2. Конверзија протромбина у тромбин – тромбопластин активира протромбин, који се претвара у тромбин и помаже у следећој фази.
3. Конверзија фибриногена у фибрин – тромбин претвара фибриноген у фибрин, који ствара мрежу и формира крвни угушак (коагулум).
4. Промене у крвном угушку:
 - ретракција – тромбоцити ослобађају ензим који разграђује крвни угушак и затеже га.
 - фибринолиза – ензим *плазмин* разграђује фибрин у коагулуму и на том месту се формира ожиљак.



Процес коагулације

Еритроцити, тромбоцити и већина леукоцити производе се у црвеној коштаном сржи. Код одраслих се налази на крајевима дугих костију и у равним костима (лобања, грудна кост, ребра, пршљенови). Прекурсори крвних ћелија називају се матичне ћелије или хематоцитобласти.

Животни век различитих врста крвних елемената значајно варира. На пример, након што напусте коштану срж, еритроцити циркулишу у крвотоку приближно 120 дана. Леукоцити могу да преживе у крви само 6 до 8 сати. Међутим, могу ући у ткива где преживљавају данима, месецима или годинама. Тромбоцити имају животни век од око 10 дана.



Активност

1. Играње улога

Поделите се у 4 групе и свака група ће добити улогу: еритроцити, леукоцити, тромбоцити или плазма. Свака група треба да представи (на папиру или усмено) шта њихова компонента „ради“ и објасни шта транспортује, где делује и шта би се десило да је нема.

2. Крв под микроскопом

Формирајте групе од 2-3 ученика и посматрајте узорак крви под микроскопом. Покушајте да идентификујете еритроците и леукоците. Забележите њихов однос.

Питања за проверу знања

1. Шта је крв и које су њене основне компоненте?
2. Наведите функцију еритроцита, леукоцита и тромбоцита.
3. Која је улога ензима који учествују у процесу коагулације крви?
4. Где се производе сви формативни елементи?

Занимљива биологија

- У различитим фазама људског живота јавља се седам врста хемоглобина: Hb Gower 1, Hb Gower 2, Hb Portland, два облика Hb F, Hb A и Hb A2.
- Људска крв није увек црвена. Понекад може изгледати зеленкасто или смеђе-плаво. Зелена боја настаје када се хемоглобин претвори у сулфхемоглобин, најчешће због одређених лекова или токсичних супстанци. Смеђе-плава боја се јавља у стању које се назива метхемоглобинемија, када хемоглобин не може правилно да транспортује кисеоник.

2.6 Грађа и функција срца и крвних судова

Подсети се!

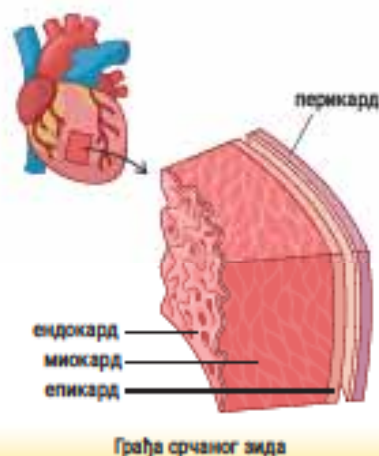
- Кроз које делове тела се креће крв?
- Која је функција мотора у аутомобилу?
- Од којих делова се састоји срце?

СРЦЕ

Срце је главни „мотор“ који покреће крв по целом телу. То је мишићни и шупаљ орган који се налази у грудној дупљи између плућа. Својим ритмичким контракцијама, срце потискује крв кроз крвне судове.

Зидови срца су састављени од три слоја различитих ткива:

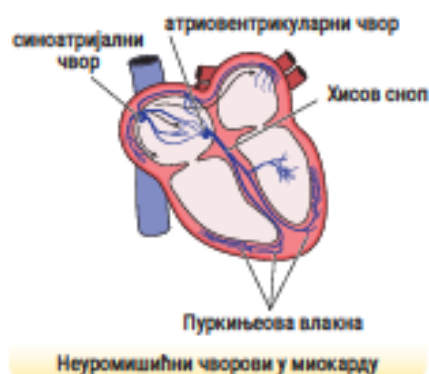
- **Ендокард** (унутрашњи слој) је веома танак, глатки слој ћелија које су сличне сквамозном епителу који покрива срце изнутра.
- **Миокард** (средњи слој) је састављен од срчаних мишића. Мишићни зид срца је састављен од мишића са посебном грађом – пругасте су структуре (као скелетни мишићи), али раде без наше воље (на тај начин су слични глатким мишићима).
- **Епикард** (спољашњи слој) је веома танак и ствара фиброзу кесу која окружује срце. Ова мембрана учествује у формирању перикардијалне мембране која се назива **перикард**.



Ћелије срчаног мишића, зване **кардиомиоцити**, разликују се од ћелија скелетних мишића. Повежане су посебним везама које се називају интеркаларни дискови. Они садрже канале кроз које се електрични импулси брзо преносе. Захваљујући томе, срчани мишић ради као целина и синхронно се контрахује. У људском срцу постоје посебне колекције кардиомиоцита назване неуромишићни чворови који могу независно генерисати електричне импулсе.

Срчани мишић ради стално и троши више кисеоника него било који други орган. Јони натријума, калијума и калцијума су неопходни за његов рад. Срце реагује по принципу „све или ништа“ – ако је стимулус довољно јак, контракција је максимална. Током контракције, срчани мишић не може поново бити стимулисан.

Миокард има своје крвне судове – десну и леву коронарну артерију – који га снабдевају кисеоником и хранљивим материјама. Венска крв из срчаног мишића се сакупља у коронарном синусу и враћа се у десну преткомору.



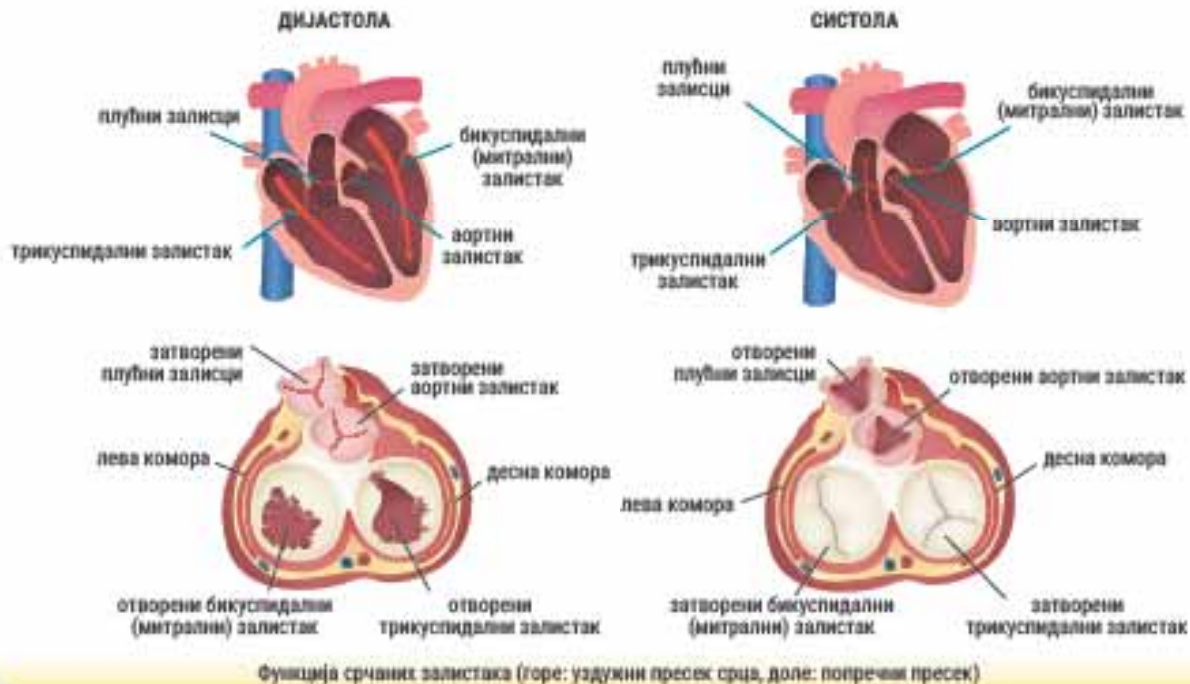
Унутрашња структура срца

Људско срце је подељено на десну и леву половину које су потпуно раздвојене преградом. Десна половина пумпа крв сиромашну кисеоником ка плућима преко малог (плућног) крвотока, док лева половина пумпа крв богату кисеоником по целом телу преко великог (системског) крвотока.

Свака половина срца има две коморе: **преткомору (артријум)** која прима крв и **комору (вертикула)** која пумпа крв.

- Десна преткомора прима венску крв из тела, а десна комора је пумпа ка плућима.
- Лева преткомора прима крв богату кисеоником из плућа, а лева комора (са најдебљим зидовима) пумпа крв ка свим деловима тела.

Између преткомора и комора и на излазу из комора налазе се срчани залисци који омогућавају кретање крви само у једном смеру. Десни атриовентрикуларни залистак састоји се од три листића (**трикуспидални**), а леви од два листића (**бикуспидални**, **митрални**). На излазу из десне коморе налазе се **плућни залисци**, а на излазу из леве коморе **аортни залисци**, који спречавају повратак крви у срце.



Десна и лева страна срца су одвојене једна од друге, али раде заједно. Кретање крви кроз срце је омогућено контракцијама срчаног мишића. Фаза контракције срца назива се **систола**, а фаза мировања — **дијастола**. Прво се контрахују преткоморе, а затим коморе. Контракција зидова преткомора је потпуна и траје све док не почне контракција комора. Овај низ контракција и мировања назива се **срчани циклус**.

Срце има велику резерву рада, што значи да када тело има повећану потребу, може да ради јаче. У мировању, срце куца око 75 пута у минути и са сваком откуцајем пумпа приближно 70 mL крви, односно око 5 литара крви у минути. Током физичке активности, ова количина се значајно повећава. Током рада срца, производе се **срчани звуци** који се могу чути стетоскопом.

Када срце куца спорије од 60 откуцаја у минути, стање се назива **брадикардија**, а када куца брже од 100 откуцаја у минути – **тахикардија**. Понекад се може јавити и **аритмија**, неправилан ритам који се може јавити чак и код здравих људи, на пример под утицајем стреса, кофеина или никотина.

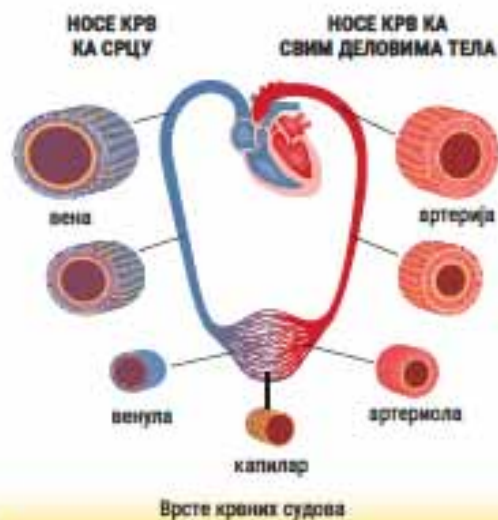
КРВНИ СУДОВИ

Крвни судови који одводе крв од срца називају се **артерије**. Оне се даље гранају и формирају мање гране које улазе у сваки орган у телу. Најмање гране артеријског порекла су **артериоле**. Крв из артериоле улази у **капиларе**, који су најмањи крвни судови где се гасови и хранљиве материје размењују између крви и ћелија. Након проласка кроз капиларе, крв се сакупља у **венулама** које воде до већих крвних судова који се називају **вене**. Вене враћају крв из ткива у срце.

Зид артерија састоји се од три слоја: унутрашњег ендотела, средњег слоја глатког мишићног и еластичног ткива и спољашњег слоја везивног ткива. **Аорта** (главна артерија која одводи крв од срца) има дебео и јак зид јер прима крв под највећим притиском. Вене имају тање зидове од артерија и крв кроз њих тече под нижим притиском. Многе вене, посебно у екстремитетима, имају записе који спречавају повратак крви и дозвољавају јој да тече само ка срцу. Такви записи су бројни у венама ногу.

Крвни судови, посебно артерије, су еластични и могу мењати свој пречник. То је због присуства глатких мишићних ћелија у њиховим зидовима. Сужавање крвних судова назива се **вазоконстрикција**, а проширење – **вазодилатација**.

Капилари су најмањи крвни судови. Њихови зидови су веома танки и састављени од једног слоја ћелија, са малим порима кроз које се супстанце размењују између крви и ћелија. Све ћелије у телу су окружене међућелијском течношћу која садржи воду, кисеоник и хранљиве материје које долазе из крви. Ове супстанце пролазе кроз капиларе процесом који се назива **дифузија**. У супротном смеру, крећу се угљен-диоксид и отпадни производи који се производе у ћелијама. Они прелазе у капиларе и крв их преноси до органа ради излучивања.



ПУЛС И КРВНИ ПРИТИСАК

Срце нормално пумпа крв 70-80 пута у минути. Свака контракција ствара талас притиска који се шири кроз артерије и назива се **пулс**. Пулс се може осетити на местима где су артерије близу површине тела, као што су зглоб, врат или стопало.

Крвни притисак је сила којом крв притиска зидове крвних судова. Зависи од рада срца, запремине крви и ширине крвних судова. Код здраве одрасле особе обично је око 120/80 mmHg (живиног стуба), где први број означава притисак када срце куца (сistolни), а други када је у мировању (дијастолни).

Ако су судови сужени, притисак се повећава и обрнуто – ако су проширени, притисак се смањује. Количина воде и соли у телу има велики утицај на крвни притисак. Када уносите више течности и соли, запремина крви се повећава, а самим тим и крвни притисак.

На крвни притисак утичу и хормони и друге супстанце. Рад срца и крвни притисак регулишу центри у централном нервном систему. Најважнији центри се налазе у *продуженој моздини* и *мосту*, где се налази *вазомоторни центар*, који контролише рад срца и ширину крвних судова. Респираторни центар такође утиче на крвни притисак.

Спинални вазомоторни центар се налази у кичменој моздини. У нормалним условима је под контролом виших центара и готово не делује самостално, али може функционисати кратко време ако се веза са њима прекине.

Активност

Мерење крвног притиска

Потребно: дигитални или аналогни апарат за мерење крвног притиска (сфигмоманометар).

1. Пре него што ставите апарат, удобно седите. Леђа треба да буду права, а ноге не прекрштене. Рука коју ћете мерити треба да буде опуштена и постављена на сто у висини срца.
2. Засучите рукав и ставите манжетну на надлактицу (око 2-3 cm изнад лакта). Не сме бити ни превише лабави ни превише стегнута – требало би да можете да ставите два прста испод ње.
3. Седите мирно и немојте причати.

Код дигиталног апарата – укључите апарат и сачекајте да се манжетна надува и полако испусти. Запишите два броја која се појављују на екрану (нпр. 115/75).

Код аналогног апарата – поставите слушалице стетоскопа у уши. Поставите део за слушање (метални диск) на унутрашњу страну лакта, тачно тамо где можете да осетите пулс на руци. Држите гумену пумпу једном руком, а другом проверите да ли је мали вентил затворен. Почните брзо да стискате пумпу док игла на манометру не достигне око 160 или 180 mmHg. Веома полако одвртите вентил тако да ваздух почне да излази (игла треба да пада полако, око 2-3 милиметра у секунди). Пажљиво слушајте! У тренутку када чујете први јасан звук „куцања“, погледајте где је игла. То је систолни притисак. Наставите да испуштате ваздух и слушајте. Тренутак када звук престане је вредност дијастолног притиска.

Питања за проверу знања

1. Опишите грађу срца и објасните зашто су залисци важни за његову функцију.
2. Шта је срчани циклус и које су његове две фазе?
3. Које су врсте крвних судова и како се деле?
4. Шта је пулс, а шта крвни притисак?

Занимљива биологија

- Када би се сви крвни судови у одраслом људском телу поређали у једну линију, били би дугачки око 95 000 до 100 000 километара. То је довољно да се Земља обиђе два и по пута!
- Људско срце пумпа у просеку 5 литара крви у минути, што током 70-годишњег животног века износи приближно 184 милиона литара крви. То је довољно течности да се напуни око 70 базена олимпијске величине.

2.7 Мали и велики крвоток и лимфоток

Подсети се!

- Зашто кажемо да је срце подељено на леву и десну половину?
- Одакле долази крв у десну преткомору?
- Где иде крв из леве коморе?

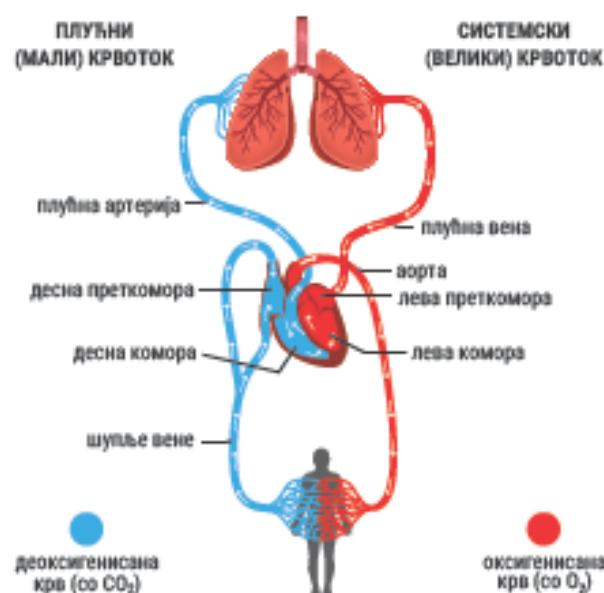
Крвотокни систем је затворени систем кроз који се крв стално креће захваљујући раду срца и разлици у крвном притиску. Крвни притисак је највиши на почетку највеће артерије – аорте, и постепено се смањује како се крв креће кроз артерије, капиларе и вене, а у највећим венским крвним судовима, када се уливају у преткоморе, готово је нула.

Циркулација крви у људском телу може се поделити у две групе: мали (плућни) крвоток и велики (системски) крвоток.

Малим (плућним) крвотоком, крв сакупљена из целог тела и богата угљен-диоксидом се преноси у плућа. Тамо, у алвеолама, угљен-диоксид се ослобађа, а кисеоник се уноси и крв се враћа у леву преткомору.

Плућне артерије се разликују од артерија по великом крвотоку по томе што носе крв сиромашну кисеоником, док плућне вене носе крв богату кисеоником.

Велики (системски) крвоток се састоји од крвних судова који снабдевају хранљивим материјама и кисеоником сва ткива и сакупљају крајње метаболичке производе из ткива.



Шематски приказ малог и великог крвотока (артеријски и венски крвни судови су присутни на обе стране тела, слика је поједностављена ради јасноће)



Главни крвни судови људског крвотокног система

ЛИМФНИ СИСТЕМ

Други пут којим се ткивна течност сакупља и транспортује је **лимфни систем**. Лимфни судови имају сличну структуру као вене. Најмањи лимфни судови – **лимфни капилари** имају слепе почетке, односно једним крајем су уроњени у телесне течности, а другим крајем се спајају са већим лимфним судовима.

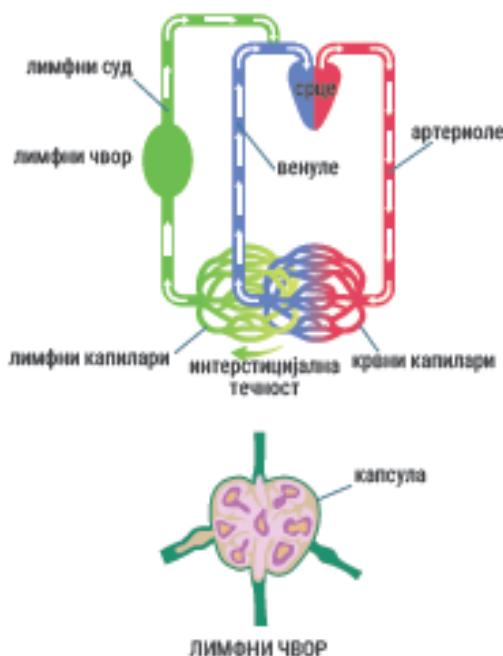
Лимфа се креће кроз лимфне судове слично као и код вена, уз помоћ мишића и залистака. На крају, цела количина лимфе се сакупља у два велика лимфна суда и враћа се у крвоток. Први је **торакални лимфни суд** који сакупља лимфу из већег дела тела и улива се у **леву поткључну вену**, а други је **десни лимфни суд**, који сакупља лимфу само са десне стране главе и врата, десне руке и десне стране грудног коша и улива се у **десну поткључну вену**.

На свом путу кроз лимфне судове, лимфа наилази на увећања која се називају лимфни чворови. Лимфни чворови су филтери за лимфу. У њима се лимфа филтрира, пречишћава и изводи из лимфног чвора кроз дренажни лимфни суд.

Лимфни чворови су мале, сферичне масе величине главе чиоде (до 2,5 cm). Лимфно ткиво садржи лимфоците и макрофаге. На различитим тачкама на површини чворова налазе се аферентни лимфни судови који пролазе кроз капсулу и носе лимфу у језгро чвора. Изазна зона лимфног чвора назива се **хилус** и служи као излаз за еферентне лимфне судове који носе лимфу из лимфног чвора.

Лимфни чворови се обично налазе у групама, а број у свакој групи варира од 2, 3 до преко 100. Неке од ових група налазе се дубоко у телу, док се друге налазе испод површине тела.

Најважније групе лимфних чворова су цервикални, аксиларни, цревни и ингвинални.



Шематски приказ лимфног система и лимфног тока

Крајници су изгрђени од лимфоидног ткива и налазе се на неколико места: са обе стране меког непца, иза носне дупље, на задњем зиду грла и у корену језика. Играју улогу у одбрани организма и могу се значајно увећати током инфекција.

Грудна жлезда (тимус) је део лимфног система и налази се иза грудне кости. Игра важну улогу у развоју имунитета код деце. У њој, под утицајем хормона тимозина, сазревају одређени лимфоцити названи Т-лимфоцити. Тимус је најактивнији у детињству, а након пубертета се смањује и замењује масним и везивним ткивом.

Слезина се налази у горњем левом делу трбушне дупље, испод дијафрагме. То је меки орган богат крвљу и садржи лимфоидно ткиво, фагоците и две зоне: белу и црвену пулпу. Слезина филтрира крв, разграђује старе еритроците, учествује у одбрани организма и служи као резервоар крви. У ембрионалном развоју такође игра улогу у стварању еритроцита.

Активност

Путовање једне капи крви

Потребно: велики лист папира (блок или хамер), црвени и плави маркери (или дрвене бојице), оловка и гумаца.

1. Радите у групама од 5 ученика. Заједно нацртајте велики дијаграм срца са његове четири коморе, изнад њега нацртајте плућа, а испод њега представите остатак тела у целини.
2. Користите црвени маркер (за крв богату кисеоником) и плави маркер (за крв богату угљен-диоксидам) да бисте пратили путању кроз мале и велике крвне судове. Означите смер кретања стрелицама. Означите важне делове.

Питања за проверу знања

1. Објасните разлику између малог и великог крвотока и наведите њихову улогу у телу.
2. Каква је веза између лимфног и крвоносног система?
3. Која је разлика између крвотока и лимфотока?

Занимљива биологија

- Крвоток покреће срце као пумпа, док проток лимфе нема „пумпу“ и покреће га покрет скелетних мишића и дисање. Стога, физичка активност није важна само за срце, већ и за правилно кретање лимфе.

2.8 Имунитет и одржавање здравља кардиоваскуларног система

Подсети се!

- Како се тело брани од заразних болести?
- Шта значи имунитет?
- Које намирнице сматрате штетним за срце и крвне судове?

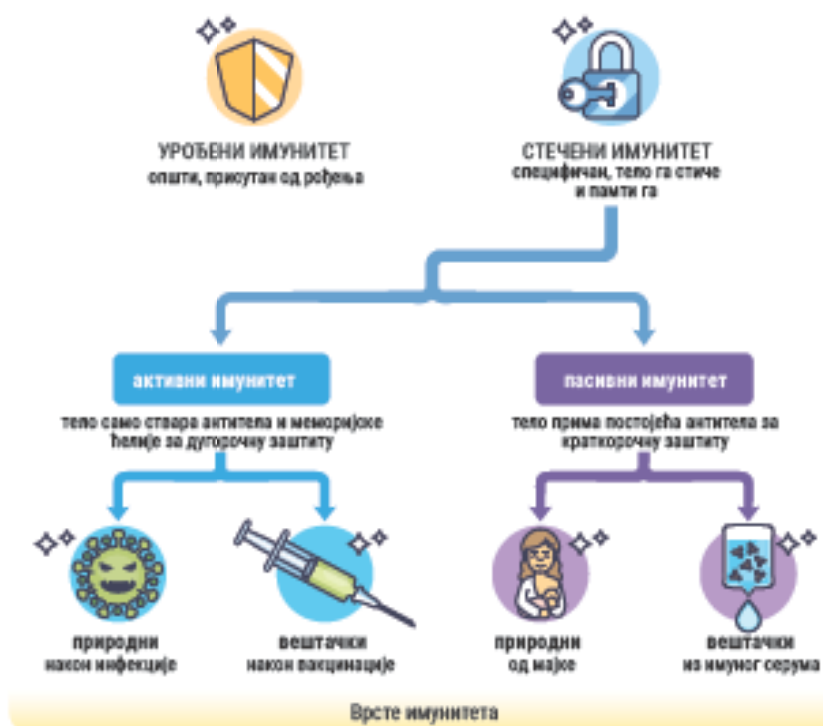
Живимо у свету пуном микроорганизама и вируса који су премали да би се видели голим оком. Неки од њих могу изазвати озбиљне болести, али преживљавамо зато што смо развили разноврсне и ефикасне одбрамбене механизме. Улога заштите од великог броја штетних агенаса припада одређеним крвним ћелијама и лимфном систему који заједно чине имуни систем. **Имуни систем** је одбрамбени механизам људског тела.

Кожа је прва линија одбране тела и служи као механичка баријера против микроорганизама. Када је кожа оштећена, ризик од инфекције се повећава. Слузокоже које облажу респираторне, дигестивне и друге пролазе у телу такође имају заштитну улогу. Оне луче лепљиве секрете који задржавају прљавштину и микроорганизме, а трепавице у дисајним путевима помажу у њиховом избацивању.

Телесни секретари попут суза, зноја и пљувачке садрже супстанце и ензиме који уништавају микроорганизме. Дигестивни сокови уништавају многе бактерије и њихове токсине. Одбрану тела такође помажу рефлексни попут кијања, кашљања, повраћања и дијареје, који помажу у избацивању штетних материја из тела.

Ако микроорганизми успеју да пређу баријере и уђу у крв, активирају се леукоцити. Фагоцитоза је процес у којем одређени леукоцити „гутају“ и уништавају микроорганизме.

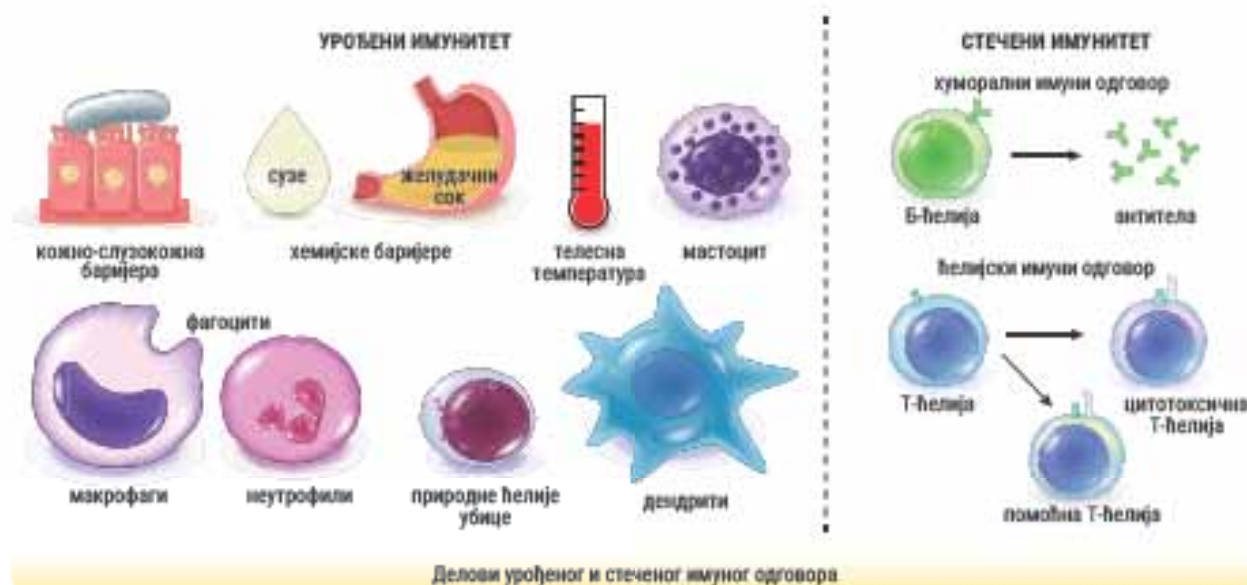
Имунитет је способност тела да се заштити од болести или превазиђе њихове последице. Имуни одговор може бити неспецифичан, делујући против сваког штетног агенса који уђе у наше тело, или специфичан, усмерен само на одређени агенс.



Постоје две основне врсте имунитета: урођени (наслеђени) и стечени (придобивен).

Урођени (наслеђени) имунитет постоји од рођења. Један његов облик је имунитет врсте, због којег људи не оболевају од неких болести које нападају животиње и обрнуто. Постоје и урођене разлике међу људима, при чему неки људи имају јачи имунитет од других, што зависи од наслеђа и начина живота.

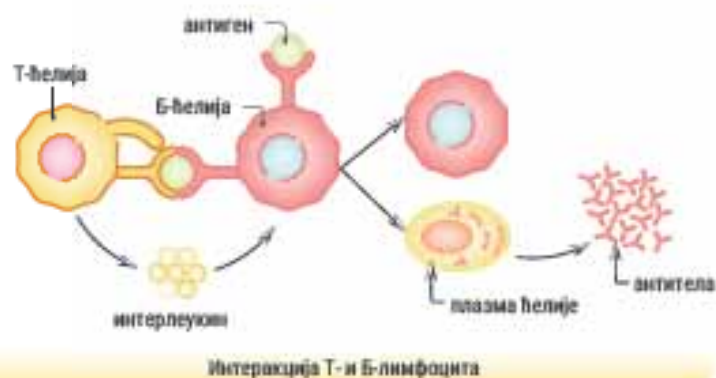
Стечени (добити) имунитет се развија током целог живота. Може се добити природно (након прележане болести) или вештачки (вакцинацијом), и може бити активан или пасиван.



Стечени имунитет настаје када **антиген** – страна супстанца која изазива имунолошку реакцију – уђе у тело. Антигени могу бити делови микроорганизама, токсина, полена или неких намирница.

Антигени активирају лимфоците – Т и Б ћелије. Т-ћелије сазревају у тимусу и учествују у **ћелијском имунитету**. Т-ћелије могу уништити заражене ћелије, активирати имунитет, зауставити одговор или „запамтити“ антиген.

Као одговор на антиген у телу, Б-ћелије производе **антитела** (имуноглобулине) и учествују у **хуморалном имунитету**. Када се активирају, Б-ћелије се претварају у **плазма ћелије** које луче специфична антитела у крв. Антитела су гликопротеини и подељена су у пет група имуноглобулина: IgG, IgA, IgM, IgD и IgE, који имају различите улоге у одбрани организма.



Природно стечени имунитет се ствара када се тело самостално бори против одређене болести. Тада се стварају специфична антитела која препознају само тај патоген. Нека од ових антитела и меморијских ћелија остају у телу дуго времена, тако да заштита може трајати месецима, годинама, а понекад и целог живота. Пошто тело активно ствара антитела самостално, овај имунитет се назива и **активни имунитет**.

Постоји и **природни пасивни имунитет** који дете добија од мајке. Антитела прелазе од мајке кроз плаценту до фетуса, а након рођења кроз мајчино млеко (колострум). Овај имунитет је краткотрајајан, али веома важан за заштиту детета у првим месецима живота.

Вештачки имунитет се ствара вакцинацијом. **Вакцине** садрже ослабљене или инаktivиране микроорганизме или њихове делове који не изазивају болест, али стимулишу имуни систем. Након уношења вакцине, тело ствара антитела и меморијске ћелије које пружају брзу и ефикасну заштиту у случају будућег сусрета са правим патогеном.

Након вакцинације, болест се или уопште не развија или има веома благи облик. То је један од најефикаснијих начина за спречавање заразних болести и епидемија, јер ствара и колективни имунитет. Захваљујући вакцинама, многе опасне болести попут малих богиња, полиомијелитиса и дифтерије су искорењене или значајно смањене. Стога је вакцинација важан део бриге о сопственом здрављу и здрављу целе заједнице.

ТРАНСФУЗИЈА И ТРАНСПЛАНТАЦИЈА КРВИ

Када особа изгуби много крви због повреде или болести, ћелије остају без довољно кисеоника и хранљивих материја. У таквим случајевима се користи **трансфузија крви** – додавање крви од друге особе. Међутим, не може се сва крв дати свима јер се на површини црвених крвних зрнаца налазе антигени који могу изазвати опасну имунолошку реакцију код примаоца. Стога се пре сваке трансфузије проверава крвна група.

Према присуству А и Б антигена, људи могу имати једну од четири крвне групе: А, Б, АВ и О (нулта). Људи са крвном групом О немају А и Б антигене на својим црвеним крвним зрнцима и могу дати крв свима – зато се називају универзални даваоци. Људи са крвном групом АВ немају антитела у плазми и могу да приме крв од свих – они су универзални примаоци. Међутим, из безбедносних разлога, најчешће се даје крв из исте крвне групе.

	група А	група Б	група АВ	група О
антигени еритроцита	 А антигени	 Б антигени	 А и Б антигени	 нема
антитела у плазми	 анти-Б	 анти-А	нема	 анти-А и анти-Б

Састав крви код различитих крвних група

Поред ових антигена, важан је и **Rh-фактор** (ер-ха фактор). Преко 85% људи је Rh-позитивно, а они без овог антигена су Rh-негативни. Ако се Rh-позитивна крв да Rh-негативној особи, могу се произвести антитела која ће изазвати проблеме са каснијом трансфузијом.

Табела: Крвне групе у ABO систему

Крвна група	Антиген еритроцита	Може примити крв од	Може дати крв на
А	А	А, О	А, АВ
Б	Б	Б, О	Б, АВ
АВ	А и Б	А, Б, АВ, О	АВ
О	нема	О	О, А, Б, АВ

Трансплантација је поступак у којем се трансплантирају органи или ткива друге особе. Природно је да сваки организам покушава да уништи страног тело (антиген), укључујући и ткива друге особе или друге животиње, а таква нормална реакција се назива *синдром одбацивања*. Да би се смањило ризик од одбацивања, пре трансплантације се проверава да ли су ткива донора и примаоца компатибилна.

Веома често је активност имуног система видљива и корисна. Међутим, у одређеним ситуацијама може бити опасна и треба бити опрезан. Тако се при поновљеном контакту са одређеним антигенима код неких људи јавља преосетљивост, код које имуни систем реагује претерано и може изазвати поремећаје у функционисању органа. Ово стање се назива *алергија*, а реакције које се јављају су *алергијске реакције*.

Понекад имуни систем напада сопствене ћелије и ткива као да су страна. Ова појава се назива *аутоимуност*. Губитак способности препознавања сопствених ћелија може довести до болести као што су *реуматизам, мултипла склероза и системски лупус*.

У другим случајевима, имуни систем је ослабљен, што се назива *имунодефицијенцијом*. Пример таквог стања је СИДА, коју изазива вирус ХИВ-а. Овај вирус напада и уништава Т-ћелије помоћнице које су важне за одбрану организма. Најбоља заштита од ове болести је добра информисаност и спречавање контакта заражене крви са крвљу здраве особе, посебно током незаштићеног сексуалног односа или директне трансфузије крви.

ПРЕВЕНТИВНЕ МЕРЕ ЗА ЗДРАВ КАРДИОВАСКУЛАРНИ СИСТЕМ

Кардиоваскуларни систем је једна од најважнијих функционалних јединица у људском телу одговорна за транспорт кисеоника, хранљивих материја, хормона и уклањање штетних материја. Снабдевање и виталност свих ткива и органа зависе од његовог правилног функционисања. Три кључна превентивна фактора снажно утичу на здравље кардиоваскуларног система и крви.

1. **Здрава исхрана** има директан утицај на стање крвних судова и функционалност срца. Храна богата засићеним мастима доводи до стварања масних наслага на зидовима артерија (*атеросклероза*). Овај процес сужава крвне судове и отежава проток крви кроз њих, што значи да срце мора више да ради. С друге стране, исхрана која укључује свеже воће и поврће, интегралне житарице, рибу, орашасте плодове и умерене количине здравих биљних масти обезбеђује антиоксиданте и корисне масне киселине које одржавају крвне судове еластичним и спречавају насlage холестерола. Таква исхрана не само да смањује ризик од срчаних обољења, већ доприноси и регулацији крвног притиска и телесне тежине.

2. **Редовна физичка активност** је други важан стуб за одржавање здравог кардиоваскуларног система. Умерена вежба попут брзог ходања, трчања, пливања или вожње бицикла јача срчани мишић, побољшава циркулацију и повећава капацитет плућа. Поред тога, редовна вежба побољшава метаболизам глукозе, смањује стрес и помаже у регулисању телесне тежине (фактори који су уско повезани са ризиком од високог крвног притиска, дијабетеса и коронарне болести срца). Препоручује се да тинејџери имају најмање 60 минута физичке активности дневно, што ће значајно допринети здравом расту и развоју срца и крвних судова.

3. Трећи важан аспект је **избегавање ризичких навика** као што су пушење, прекомерна конзумација алкохола, нездраве навике у исхрани, дуготрајан стрес и седентарни начин живота. Никотин и друге хемикалије у цигаретама оштећују зидове крвних судова, повећавају крвни притисак и сужавају простор у артеријама. Последице су смањена еластичност крвних судова и повећан ризик од срчаног и можданог удара. Прекомерна употреба алкохола може довести до упале срчаног мишића, поремећаја срчаног ритма и повишеног крвног притиска.

Све ове превентивне мере су међусобно повезане и стварају снажан заштитни механизам када се примењују заједно. Дакле, комбинација здраве исхране и редовног вежбања смањује телесну

тежину, што заузврат олакшава оптерећење срца и стабилизује крвни притисак. Избегавање пушења и смањење стреса спречавају оштећење крвних судова, омогућавајући да се позитивни ефекти здраве исхране и физичке активности у потпуности остваре.

У суштини, кардиоваскуларно здравље је процес који се гради свакодневно и резултат је многих малих, али значајних избора. Много пута је доказано да људи који усвоје здраве навике као тинејџери имају значајно мањи ризик од срчаних обољења у каснијем животу. Стога је важно да млади људи развију свест о томе како њихови избори данас могу утицати на њихово здравље сутра.

Активност

1. Одбрана тела

Направите визуелну мапу (инфографику) која приказује пут микроорганизама од уласка у тело до његовог потпуног уништења. Користите стрелице и симболе да бисте приказали редослед: улазак патогена → неспецифична одбрана (кожа и фагоцити) → специфични имунитет (антитела и лимфоцити) → формирање меморије. Олакшајте себи рад и будите креативни! Користите вештачку интелигенцију, алате попут Canva AI или Bing Image Creator да бисте генерисали снажне илустрације (на пример: „Илустрација белог крвног зрна које напада вирус“). Ваш задатак је да уредите ове слике и додате кратке коментаре који објашњавају илустрацију. На крају инфографике додајте посебан одељак под називом „Шта се дешава када се штит сломи?“. Овде објасните шта се дешава када је имунитет ослабљен и повежите то са својим свакодневним навикама, наглашавајући зашто је превенција најбоља заштита.

2. Здраве навике за здрав живот

Направите групе од 5 ученика. Направите табелу са две колоне – корисне и штетне за тело. Попуните табелу различитим навикама као што су спорт, пушење и здрава исхрана. За сваку навiku истражите и запишите како она конкретно утиче на функционисање срца и имунитета. Размислите о томе како избор хране или активности мења квалитет крви и проходност крвних судова. На основу ових чињеница, развијте „Кодекс здравих навика“ са јасним правилима за дуг и здрав живот са групом. Презентујте свој кодекс својим друговима из разреда.

Питања за проверу знања

1. Шта је неспецифичан, а шта специфичан имунитет? Наведите по један пример за сваки.
2. Како функционише вакцинација и зашто је важна за превенцију заразних болести?
3. Зашто су здрава исхрана, редовна физичка активност и избегавање ризичних навика важне превентивне мере за здрав кардиоваскуларни систем?

Занимљива биологија

- Реч вакцинација потиче од латинске речи *vassus*, што значи крава. Прва вакцина је направљена 1796. године против малих богиња, када је примећено да људи који су радили са кравама нису оболевали од ове болести.

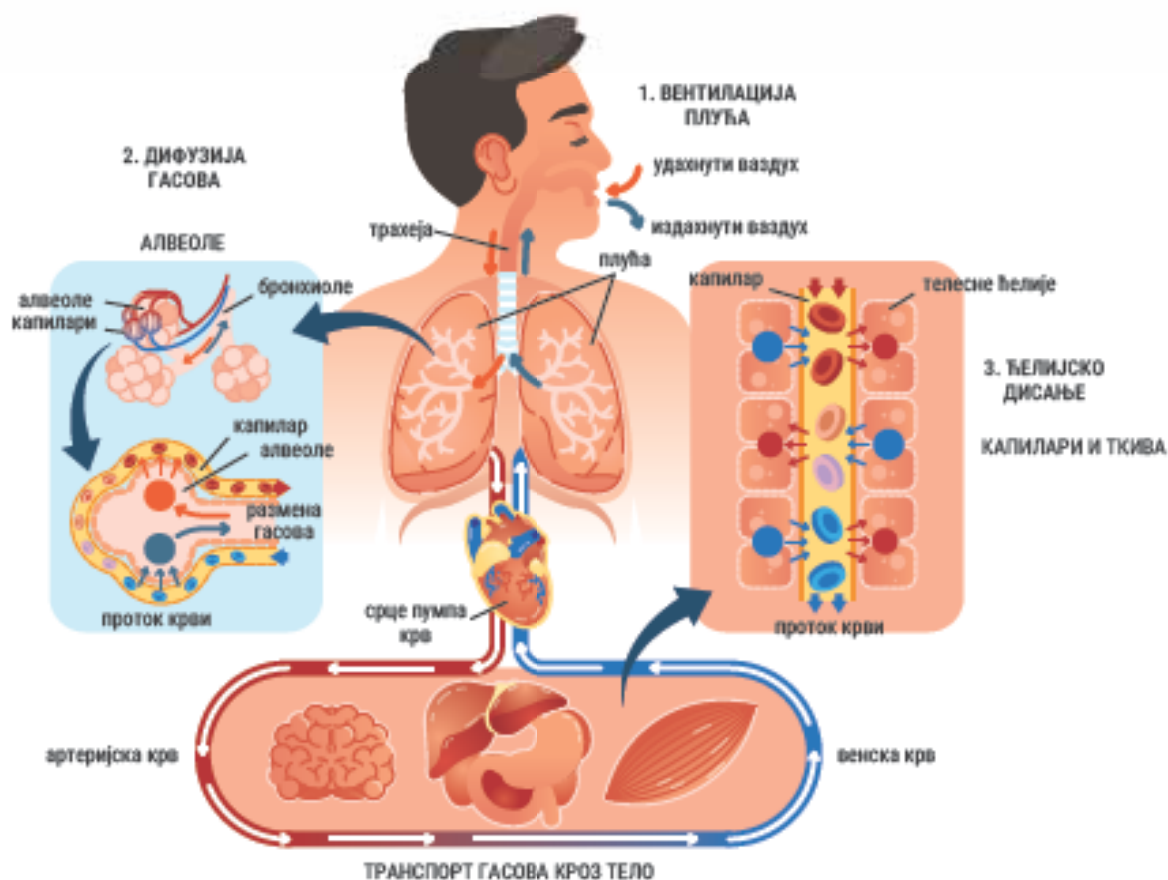
2.9 Грађа и функција органа респираторног система

Подсети се!

- Где завршава ваздух који удишемо?
- Одакле долази ваздух који издишемо?
- Шта је велики, а шта мали крвоток?

Свака ћелија у људском телу мора да размењује супстанце са својом околином. Међутим, већина ћелија у телу није у контакту са спољашњом средином и мора се ослањати на посебне системе за транспорт и размену супстанци. Органи ових система имају адаптације које повећавају контактну површину преко које се одвија размена супстанци.

Респираторни систем се састоји од органа чија је улога размена гасова (**дисање**). Они транспортују кисеоник из ваздуха у тело и уклањају угљен-диоксид који се производи у ћелијама. Кисеоник се



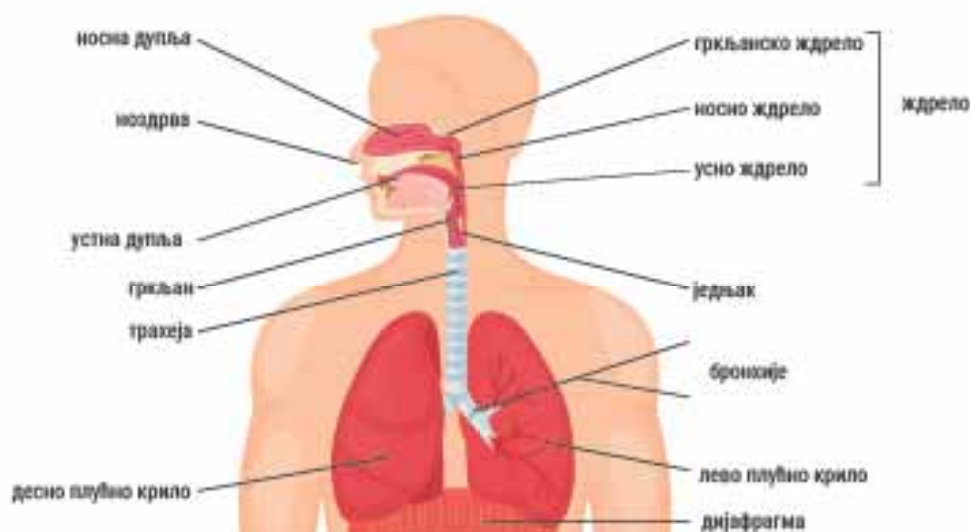
Шематски приказ размене гасова код људи

транспортује крвљу до свих ћелија где се користи за животне процесе, а угљен-диоксид се преноси до плућа и избацује из тела.

Размена гасова се одвија у три фазе:

- **вентилација плућа** (размена ваздуха између атмосфере и плућа)
- **дифузија гасова у алвеолама** (кисеоник улази у крв, а угљен-диоксид излази из крви)
- **ћелијско дисање (респирација)** – коришћење кисеоника у свим ћелијама тела.

Процес којим ваздух улази у плућа (удисање) и излази из њих (издисање) назива се **вентилација плућа**. Процес којим се кисеоник користи у ћелијама и производи и уклања угљен-диоксид назива се **респирација**. Респирација је важна јер телу обезбеђује кисеоник неопходан за метаболичке процесе и уклања угљен-диоксид као отпадни производ.



Шематски приказ органа респираторног система

Респираторни систем је сложени систем који се састоји од простора и путева кроз које ваздух улази у плућа. Ови простори укључују носну дупљу, ждрело (које је заједнички орган за систем за варење и дисање), гркљан, трахеју и плућа.

Ваздух улази у **нос** кроз носдрве (носнице) и наставља се у две носне дупље. Зидови носних дупљи су изграђени од костију и хрскавице и обложени су слузокожом. Слузокожа је влажна, топла и богата крвним судовима, а садржи и ћелије које луче слуз. Захваљујући томе, ваздух који улази се филтрира, загрева и влажи. Због ове заштитне улоге, важно је дисати кроз нос, а не кроз уста.

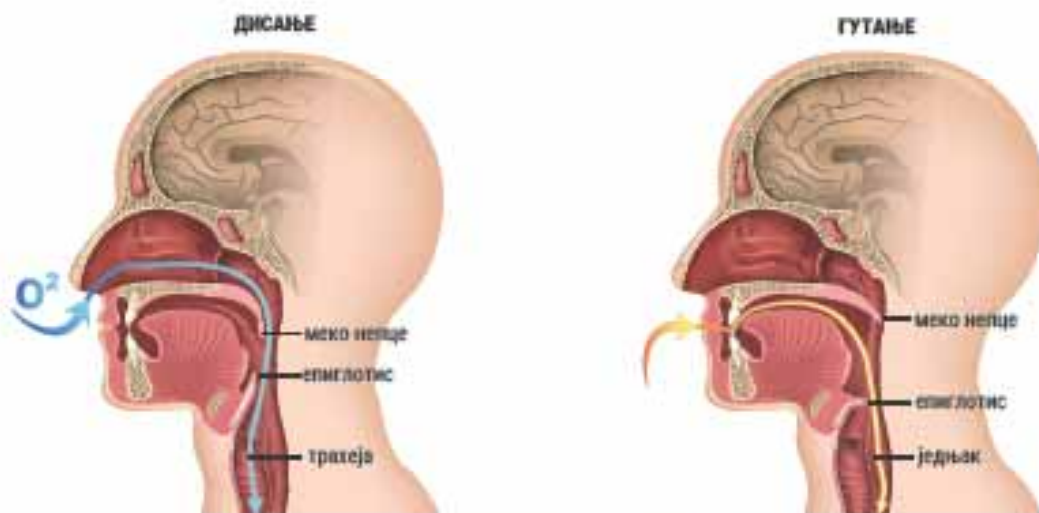


Шематски приказ носне дупље у уздужном пресеку

Синуси су мале ваздушне шупљине у костима лобање које су обложене слузокожом. Повезани су са носним дупљама и лако се могу упалити током инфекција.

Ждрело је орган кроз који се, с једне стране, ваздух спроводи у респираторни тракт, а с друге стране, храна и течности се спровode у систем за варење. Горњи део ждрела, који се налази у наставку носних шупљина, отпозади, назива се носно ждрело. Средњи део, који се налази иза уста, назива се усно ждрело, а најмањи део се назива гркљанско ждрело. Последњи део се отвара у гркљану спреда и у једњак од позади.

Грљан (ларинкс) је орган који се налази између ждрела и трахеје. Углавном је састављен од хрскавице и има важну улогу у производњи гласа и дисању. Унутар гркљана налазе се гласне жице, које су набори слузокоже. Када ваздух пролази из плућа напоље, гласне жице вибрирају и стварају звукове различитих висина. Простор између гласних жица назива се глотис. Изнад њега је епиглотис – танка хрскавица у облику листа која затвара душник током гутања и спречава улазак хране у дисајне путеве.



Трахеја (душник) је цев која се протеже од гркљана до места где се дели на две гране. Налази се на предњем делу врата и горњем делу грудног коша. Код одрасле особе дугачка је око 10–14 cm. Трахеја се састоји од 16–20 хрскавичних прстенова у облику слова S. Они држе трахеју отвореном и омогућавају слободан проток ваздуха. Задњи отвор хрскавица повезан је везивним ткивом и глатким мишићима, што омогућава једњаку иза трахеје да се шири током гутања.

На доњем крају, трахеја се дели на две главне гране – **бронхије**, које улазе у плућа. Свака бронхија улази у плућа кроз удубљење које се назива хилус (врата плућа).

Бронхије и други проводни дисајни путеви обложени су посебном врстом епитела који се састоји од једног слоја ћелија које изгледају као да су распоређене у више слојева. Епителне ћелије имају трепље (цилије) и луче слуз. Цилије стално померају слуз према грлу, одакле се нечистоће уклањају кашљањем, кијањем или дувањем носа. Оваква структура има важну заштитну улогу и спречава штетне честице да продру дубље у плућа.

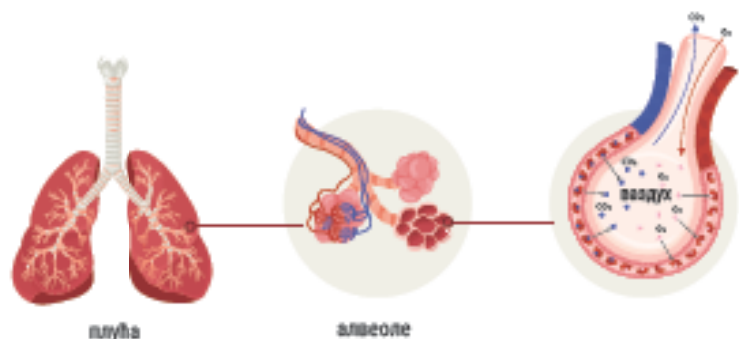


Шематски приказ попречног пресека трахеје и приказ бронхија и бронхиола

Плућа су органи у којима се одвија размена гасова између ваздуха и крви. Налазе се у грудној дупљи и подељена су на два плућна крила. У свако крило улази једна примарна бронхија. Бронхије у плућима се гранају у облику дрвета, формирајући бронхијално стабло. Десна примарна бронхија се дели на три секундарне бронхије које улазе у три режња десног плућног крила, док се лева дели на две секундарне бронхије за два режња левог плућног крила. Најмање проводне цеви се називају **бронхиоле**. Од главних бронхија до најмањих бронхиола има око 23 гранања. Како се бронхије гранају и сужавају, количина хрскавице се смањује. На крају бронхиола налазе се мале ваздушне кесице које се називају **алвеоле** у којима се одвија размена гасова.

Алвеоле имају веома танке зидове изграђене од једног слоја плочастог епитела и окружене су густом мрежом капилара. Због великог броја алвеола, њихова укупна површина је веома велика. Мали (плућни) крвоток преноси крв до алвеола где се одвија размена кисеоника и угљен-диоксида.

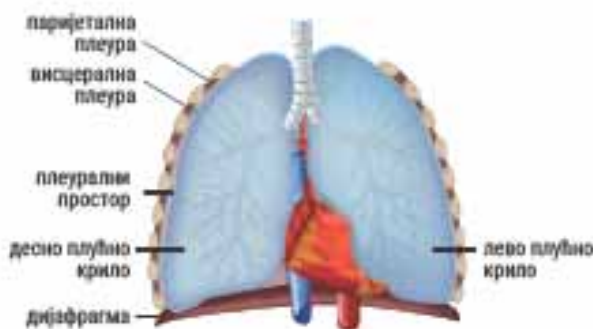
Плућа заузимају значајан део грудне дупље, која је од трбушне дупље одвојена мишићем који се назива **дијафрагма**. Свако плућно крило је прекривено двоструким слојем који се назива **плеура**. Спољашњи слој плеуре, који је причвршћен за зид грудног коша, назива се **паријетална плеура**, а унутрашњи слој, који покрива површину плућа, назива се **висцерална плеура**. Између два слоја плеуре налази се **плеурални простор** испуњен малом количином течности. Ова теч-



Структура плућа и алвеола

ност смањује трење и омогућава плућима да се лако шире и скупљају током дисања, пратећи покрете грудног коша.

Простор између два плућна крила, назван медијастинум, садржи срце, велике крвне судове, једњак, трахеју и лимфне чворове.



Плеурални обивски на белите дробови

Активност

Мапирање дисајних путева

Нацртајте једноставан, али јасан дијаграм респираторног система, обележавајући путању којом се ваздух креће. Поред сваког органа напишите његову главну функцију.

Питања за проверу знања

1. Наведите главне органе респираторног система и укратко објасните функцију два од њих.
2. Која је улога носне дупље у дисању?
3. Опишите грађу гркљана и његове улоге.
4. Како су плућа заштићена у грудима?
5. Где се у плућима одвија размена гасова?

Занимљива биологија

- Док ваздух путује од носне шупљине до плућа, слузокожа и ситне длачице га загревају, влаже и чисте. Док стигне до алвеола, ваздух је готово исте температуре као и телесна – савршено спреман за размену гасова.

2.10 Вентилација плућа и размена гасова

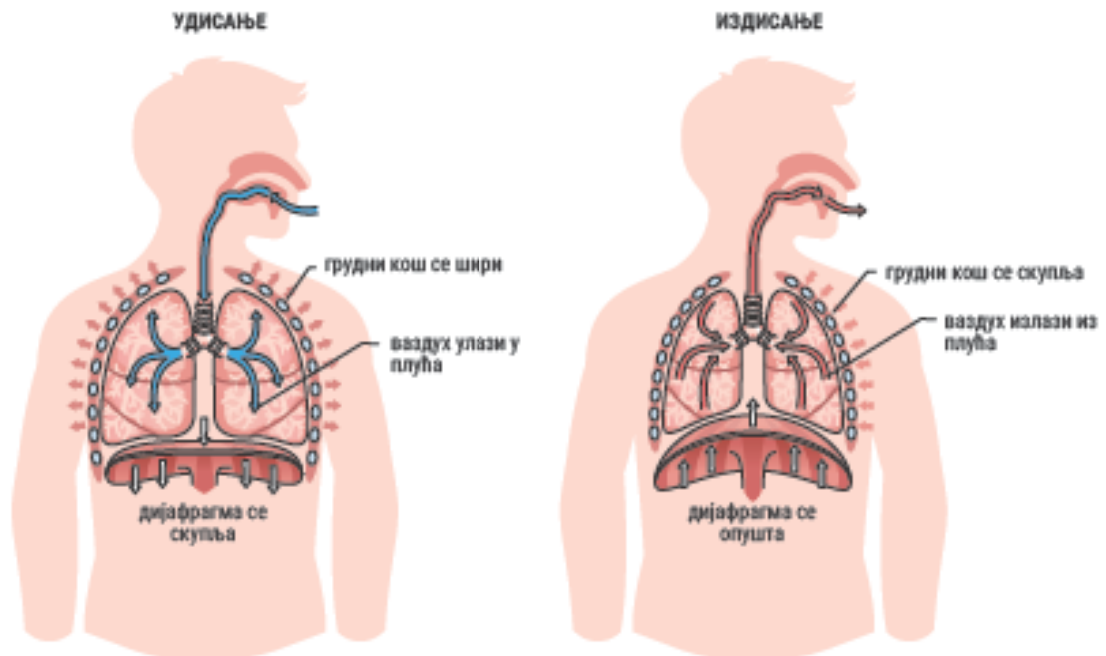
Подсети се!

- Шта је хемоглобин, где се налази и како је изграђен?
- Шта је дифузија?

Вентилација плућа се одвија ритмичким покретима грудног коша, што мења запремину и притисак у грудној дупљи. Укључује два супротстављена процеса: **удисање** (инспирацију), при чему ваздух улази у плућа, и **издисање** (експирацију), при чему се ваздух избацује из тела.

Удисање је активан процес. Током овог процеса, **међуребарни мишићи** и **дијафрагма** се контрахују, што шири грудни кош, повећава његову запремину и смањује притисак у плућима. Као резултат тога, ваздух из спољашње средине улази у плућа. Издисање је обично пасивни процес. Мишићи се опуштају, грудни кош се контрахује, смањује његову запремину и повећава притисак у плућима, омогућавајући изbacивање ваздуха.

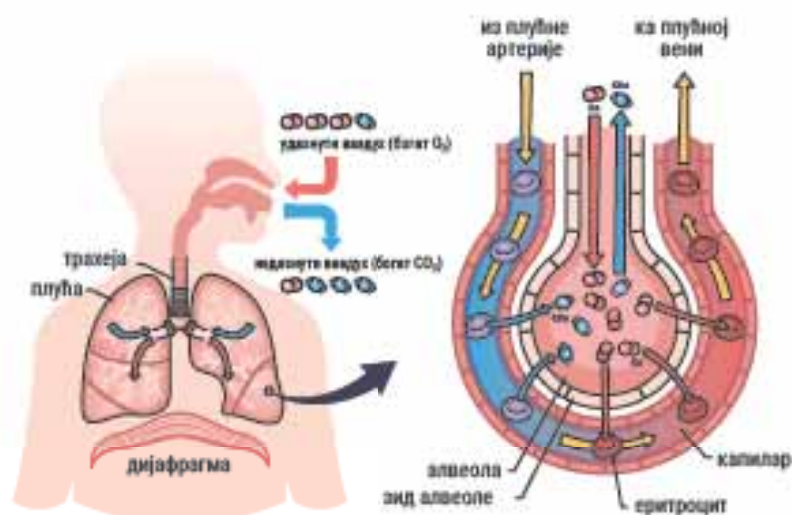
Удахнути ваздух струји кроз дисајне путеве до алвеола. У алвеолама се размена гасова одвија дифузијом: кисеоник прелази у крв, а угљен-диоксид из крви прелази у ваздух. Константна плућна вентилација обезбеђује довољно кисеоника телу и ефикасно уклањање CO_2 .



Механизам плућне вентилације – промене у грудима и дијафрагми

Размена гасова у алвеолама и ткивима одвија се **дифузијом**. У овом процесу, гасови се крећу из подручја са вишим у подручје са нижим парцијалним притиском. Код људи, размена гасова се одвија на два нивоа – у плућима (између алвеола и крви) и у ткивима (између крви и ћелија).

У плућима, кисеоник из ваздуха прелази у крв, а угљен-диоксид из крви прелази у алвеоле. Овај процес се одвија кроз веома танку и влажну мембрану алвеола. Алвеоле се могу представити као мехурићи ваздуха чија је површина потпуно прекривена крвним капиларима. Гранање бронхија, велики број алвеола (око 300 милиона у једном плућном крилу) и околни капилари пружају огромну површину за дифузију. Зато се размена гасова одвија веома брзо.



Шематски приказ размене гасова у алвеолама

Способност крви да преноси кисеоник последица је присуства **хемоглобина** у еритроцитима. Око 97 % кисеоника је везано за хемоглобин, а 3 % је растворено у плазми.

Главна **улога хемоглобина** је транспорт кисеоника из плућа у ткива. Сваки молекул хемоглобина састоји се од четири полипептидна ланца глобина и једне простетичне хем групе везане за сваки од четири молекула глобина. Хем групе могу да везују кисеоник.

Оксигенирана крв из плућа иде кроз плућне вене до леве преткоморе, затим до леве коморе срца, одакле се дистрибуира по целом телу кроз аорту. Тамо кисеоник дифундује из крви у ткива, јер је његов парцијални притисак виши у крви него у ћелијама. Дифузија је толико брза да се његова количина у крви смањује за кратко време, а са њом и његов парцијални притисак. Ћелије користе кисеоник за енергију и производе угљен-диоксид као отпадни производ.

Како се ниво CO_2 у ткивима повећава, његов парцијални притисак се повећава, па дифундује у крв. Угљен-диоксид се враћа у крв и транспортује се на три начина: растворен у плазми (~8%), везан за хемоглобин као карбаминохемоглобин (~20%) или претворен у бикарбонат (~72%). Венском крвљу



Шематски приказ структуре молекула хемоглобина

се преноси кроз вене до срца, а затим кроз плућне артерије до плућа. Тамо CO_2 дифундује из крви у алвеоле и избацује током издисаја.

Процес размене гасова одвија се истовремено и у плућима и у ткивима, омогућавајући телу стално снабдевање кисеоником и уклањање угљен-диоксида.

Дисање контролишу респираторни центри у продуженој моздини и мосту. Једна група нервних ћелија контролише удисање, друга контролише издисање, а трећа контролише мишиће у грудима одговорне за ритам и дубину дисања.

Главни циљ респираторне контроле је одржавање нивоа O_2 , CO_2 и H^+ у крви и ткивима. Посебне ћелије зване хеморецептори детектују промене и шаљу сигнале респираторним центрима. Захваљујући овој контроли, тело увек обезбеђује довољно кисеоника ћелијама и уклања вишак CO_2 .

Активност

1. Мерење капацитета плућа

Користећи спиромер, одредите запремину ваздуха у плућима.

Удахните што дубље можете, а затим издахните свом снагом у уређај.

Забележите вредност издахнутог ваздуха (витални капацитет) и упоредите резултате ученика различите физичке спремности, пола и висине, и извуците закључке о функцији плућа.

2. Путовање гасова (алвеоле – ткива)

Поделите се у две групе:

- Тим Кисеоник: опишите пут кисеоника од плућних алвеола, кроз крв (везан за хемоглобин), до ћелија у ткивима и механизме транспорта.
- Тим Угљен-диоксид: опишите отпадни угљен-диоксид из ткива назад до алвеола ради издаха и механизме транспорта.

Извуците заједнички закључак о томе како размена гасова обезбеђује енергију целом телу.

Питања за проверу знања

1. Како се кисеоник и угљен-диоксид транспортују крвљу?
2. Које структурне карактеристике у плућима омогућавају laku дифузију гасова?
3. Како се одвија размена кисеоника и угљен-диоксида између алвеола и капилара?
4. Која је улога хемоглобина?

Занимљива биологија

- Атмосферски ваздух садржи 78,09 % азота, 20,95 % кисеоника, 0,93 % аргона и других инертних гасова, али само 0,03 % угљен-диоксида. Његов атмосферски притисак је 760 mmHg или једна атмосфера (1,0 atm). Сваки присутан гас има удео у укупном атмосферском притиску, који је резултат укупног броја његових молекула – његовог парцијалног притиска.

2.11 Нарушавање здравља, респираторног система и превентивне мере за његово здравље

Подсети се!

- Шта ако, поред кисеоника, у ваздуху постоји још један гас са високим афинитетом за хем?
- Шта се може десити ако тело није правилно снабдевано кисеоником?

Поменули смо зашто је важно да сваки део респираторног система беспрекорно функционише како би тело могло да производи енергију. Да бисмо се бринули о овом систему, неопходно је знати основне последице које настају услед оштећеног дисања.

На пример, код хипервентилације долази до дубоког, брзог дисања које омогућава повећање нивоа кисеоника и смањење нивоа угљен-диоксида у крви. То узрокује вртоглавицу и осећај зујања у ушима. С друге стране, код хиповентилације се смањује количина ваздуха која улази у алвеоле. Постоји много могућих узрока овог стања, укључујући респираторну опструкцију, плућне болести, повреде центара за контролу дисања и деформације грудног коша.

Органи респираторног система могу оболети. Слузокожу респираторног тракта могу напасти микроорганизми који изазивају болести. Пренос микроорганизама из респираторног система са једне особе на другу најбрже се дешава на местима са пуно људи, као што су школе, позоришта и друге установе. Капљице из једног кијања могу садржати милијарде патогених микроорганизама. Инфекција се затим може проширити дуж слузокоже до синуса, средњег уха или плућа. Инфекције које се преносе путем респираторног тракта укључују *обичну прехладу, дифтерију, мале богиње, велике богиње, грип, пнеумонију и туберкулозу*. Ако инфекција захвати нос и грло, то се назива *инфекција горњих дисајних путева*.

Грип, или инфлуенца, је акутна заразна болест коју карактерише упала горњих дисајних путева и прати је општа слабост и бол. Грип изазива вирус и може се проширити од синуса до плућа. Упала трахеје и бронхија изазива карактеристичан кашаљ грипа. Вакцине могу бити успешне, иако заштита траје око три месеца. Пнеумонија (упала плућа) је упала плућа у којој се ваздушни простори испуњавају течностима. Могу је изазвати разни микроорганизми.

Преосетљивост на полен биљака, прашину, одређену храну и друге **алергене** може изазвати поленску грозницу или астму, или обоје. Поленска грозница се карактерише воденастим исцедком из очију и носа.

Рак плућа је једна од озбиљнијих плућних болести. Један од главних узрока рака плућа је *пушење цигарета*. Ризик од развоја рака плућа је повећан код људи који почну да пуше рано у животу, који пуше велики број цигарета дневно и који веома дубоко удишу дим.

Вештачко дисање се користи када је особа изгубила свест и када је дисање отежано. Такве појаве могу бити узроковане гушењем од пушења, струјним ударом и утапањем у води. Уз одређене поступке и методе, функција плућа може се вештачки одржавати одређени временски период. Реанимација је комбиновани поступак вештачког дисања и масаже срца код повређених особа чија су плућа и срце престали да раде.



Терапија кисеоником се користи када је живот особе угрожен и у условима када ћелије и ткива нису адекватно снабдевени кисеоником. Кисеоник се може давати пацијенту путем маске, катетера или кроз ноздрве.

ЧИСТ ВАЗДУХ

Органи за размену гасова су веома нежни и осетљиви. Стога је чист ваздух први услов за заштиту и здравље респираторног система. Чист ваздух и разне врсте физичке активности доводе до јачања, правилног развоја и очувања респираторних органа.

Чист ваздух је ваздух који садржи минималне количине штетних честица, хемикалија и микроорганизама који могу нарушити здравље. Богат је кисеоником и нема високе концентрације прашине, дима или издувних гасова. Када удишемо чист ваздух, наша плућа лакше размењују гасове, а тело добија довољно кисеоника за нормално функционисање. Чист ваздух не иритира дисајне путеве и не изазива кашаљ, пецање у носу или отежано дисање. У таквим условима, алвеоле ефикасно раде, а хемоглобин правилно снабдева тело кисеоником.

Боравак у окружењу са чистим и свежим ваздухом смањује ризик од алергија, упала и хроничних плућних болести. Такође подржава здравље срца јер боље оксигенисана крв циркулише кроз тело. Деца и адолесценти посебно имају користи од чистог ваздуха јер су им плућа још увек у развоју. Чист ваздух нам омогућава да лакше дишемо, осећамо се свеже и имамо више енергије током целог дана. Зато је важно боравити у срединама са ниским нивоом загађења и редовно проветравати затворене просторе.

У густо насељеним подручјима, ваздух је **загађен** издувним гасовима аутомобила и индустријским димом. Издувни гасови возила садрже угљен-моноксид, азотне оксиде и друге токсине који ометају размену гасова и изазивају сужење бронхија. Угљен-моноксид се везује за хемоглобин и спречава транспорт кисеоника, што узрокује умор, кратак дах и слабост. Дуготрајна изложеност повећава ризик од астме, бронхитиса и оштећења плућног ткива.



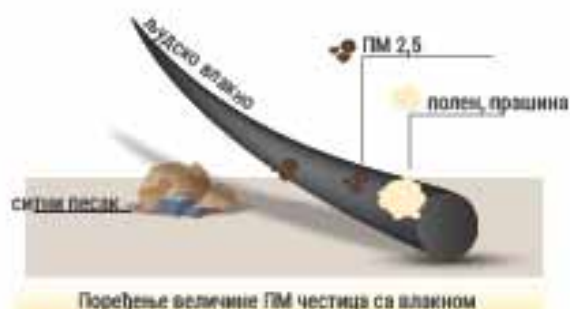
Природна окружења – паркови, шуме и планине – често пружају најквалитетнији ваздух

Познато је да су ПМ-2,5 и ПМ-10 (пи-ем честице) микроскопске честице које се лако удишу и продиру дубоко у плућа. ПМ-2,5 може доспети до алвеола и ући у крвоток, узрокујући упалу, кашаљ и смањен капацитет дисања. ПМ-10 иритира дисајне путеве, повећава ризик од астме и отежава дисање.

Ваздух у пољопривредним подручјима такође садржи дим од спаљених биљних остатака на пољопривредном земљишту и пестициде. Боравак у затвореном простору, посебно у просторијама где је пушење дозвољено, може постепено довести до поремећаја процеса правилног дисања. Због тога је потребно стално проветравати просторије у којима боравимо.

Дим цигарета садржи токсичне супстанце попут никотина, катрана и угљен-моноксида, које оштећују слузокожу и ресице у дисајним путевима. Такође продиру у алвеоле где се таложе и узрокују оштећења. То доводи до хроничне упале, смањене способности филтрирања и већег ризика од инфекција и болести. Код младих људи пушење посебно смањује функцију плућа.

Да бисмо ублажили свакодневне ефекте загађеног ваздуха, можемо предузети превентивне мере заштите – **рекреацију на чистом ваздуху**. Шетње, посебно викендом, у планинама или парковима, омогућавају проветравање плућа.



Поређење величине ПМ честица са влакном



здрава плућа
ружичаста, глатка, еластична,
добро функционишућа и са
ефикасном разменом гасова



плућа пушача
тамна, са мрљама, крута, са оштећеним
ткивом и смањеном функцијом као
резултат накупљања токсина и катрана

3Д илустрација плућа непушача и пушача

Активност**1. Дисање у мировању и током вежбања**

Изамерите број удисаја које удахнете у једном минути док седите мирно, а затим поновите исто након једног минута брзог кретања или вежбања. Упоредите резултате и објасните зашто вашем телу треба бржа „вентилација“ када ваши мишићи раде.

2. Еко-изазов

Напишите кратак закључак о томе како загађени ваздух отежава дисање и зашто је „чист ваздух гориво“ за ваша плућа. Наведите три превентивне мере за очување здравља ваших плућа.

3. Дигитални детективи за плућне болести

Истражите податке о респираторним болестима (као што су астма или бронхитис) изазваним загађењем и унесите информације у алате вештачке интелигенције (Google Gemini, ChatGPT Advanced Data Analysis, Claude.ai, итд.). Замолите вештачку интелигенцију да креира графиконе који упоређују стопе болести у различитим земљама или градовима са различитим нивоима загађења. Проучите графиконе и извуците закључак о узрочно-последичној вези између загађења ваздуха и појаве одређених респираторних болести. Презентујте своје налазе разреду.

Питања за проверу знања

1. Како физичка активност утиче на фреквенцију и дубину дисања? Зашто је корисна за тело?
2. Објасните како квалитет ваздуха утиче на здравље респираторног система.
3. Које последице дуготрајно излагање загађеном ваздуху или алергенима може имати на плућа?
4. Наведите и објасните најмање две превентивне мере које помажу у одржавању здравља респираторног система.

Занимљива биологија

- Пасивно пушење је удисање дима из туђих цигарета. Може бити штетно чак и ако не пушите. Чак и кратко-трајно излагање може оштетити срце и крвне судове код непушача. Људи који су редовно изложени имају 20–30 % већи ризик од срчаних обољења, можданог удара и рака плућа.

2.12 Грађа и функција органа екскреторног система

Подсети се!

- Шта је хомеостаза?
- Који су крајњи производи метаболизма?
- Где се вода апсорбује у дигестивном тракту?
- Колико воде има у крви и лимфи?

У људском телу, као и у свим живим организмима, стално се производе метаболички отпадни производи који се морају уклонити. То укључује угљен-диоксид, азотна једињења, фосфате, сулфате и друге. Поред тога, токсини, лекови и адитиви се такође уносе у тело путем хране и ваздуха, које такође треба елиминисати. Већина ових супстанци се елиминише заједно са водом.

Вода чини око 60 % масе људског тела и игра важну улогу као растварач, носач и учесник у метаболичким процесима. У њој се растворују соли, хранљиве материје, гасови, отпадни производи, ензими и хормони. Промене у количини или саставу телесних течности указују на поремећаје у функционисању тела.

Константност унутрашње средине одржава се прецизном регулацијом уноса и излучивања воде и јона, у чему учествују бубрези, хормони, механизам жеђи и регулација pH вредности. Код здраве особе, количина унете и излучене воде је приближно једнака. Одрасли конзумирају око 2 500 mL воде дневно, делом кроз пиће, а делом кроз храну.

Код људи, излучивање вишка воде и отпадних производа одвија се кроз неколико система за излучивање:

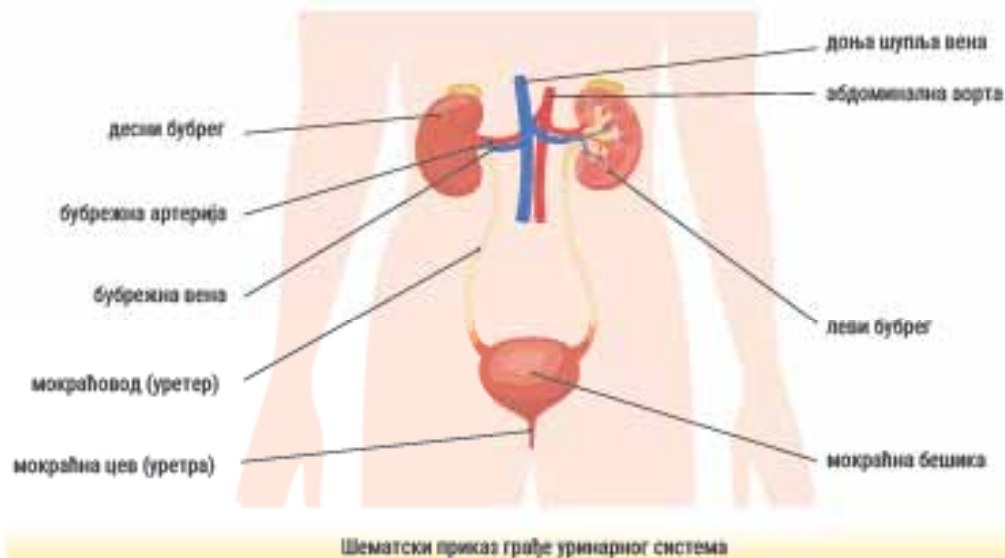
- Уринарни (екскреторни) систем излучује воду, азотне отпадне производе и соли у облику урина (мокраће), при чему се дневно излучи око 1–1,5 литара воде.
- Систем за варење излучује воду, соли, део жучи и несварене остатке столицом. Јетра игра важну улогу у разградњи токсина, лекова и производа разградње еритроцита.
- Респираторни систем уклања угљен-диоксид и воду у облику водене паре током издисаја.
- Кожа учествује у излучивању путем зноја, при чему се излучују вода, минералне соли и мале количине азотних супстанци.

Регулацијом воде и растворених материја у телесним течностима одржава се стабилна унутрашња средина – хомеостаза, која је неопходна за нормално функционисање организма.

Ако тело не може ефикасно да уклони вишак воде, она се акумулира у међућелијским просторима и јавља се оток (едем). С друге стране, недовољан унос течности, посебно током високих температура, дијареје или повраћања, доводи до дехидрације, односно смањења количине воде у организму.

Главни делови уринарног система су:

- Два **бубрега** – Ови органи уклањају штетне материје из крви, одржавају равнотежу телесних течности и производе урин. Зато функционишу као филтери у нашем телу.
- Два **мокраћовода (уретера)** – То су два цеваста органа која преносе урин из бубрега до бешике.
- **Мокраћна бешика** – То је резервоар за пријем и складиштење урина који стиже кроз два уретера.
- Једна **мокраћна цев (уретра)** – То је цев која преноси урин из бешике ван тела. Уретра се налази близу вагине код жена, а код мушкараца пролази кроз пенис. Прстенасти мишићи (сфинктери) који се налазе у подручју између уретре и бешике помажу у регулисању мокрења.



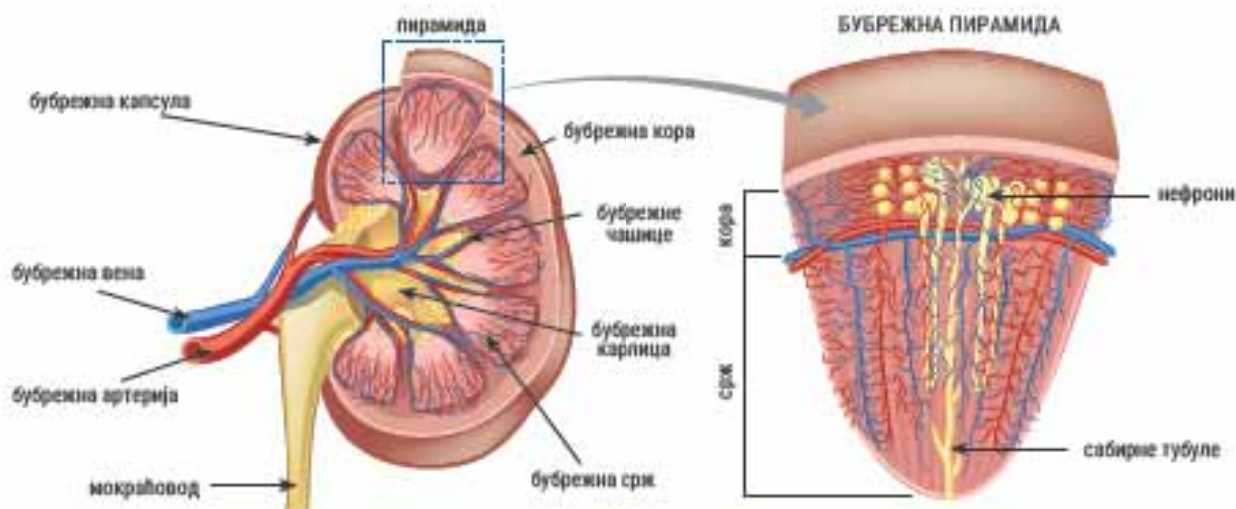
Шематски приказ грађе уринарног система

Оба бубрега се налазе у горњем, слабинском делу трбушне дупље, са обе стране кичменог стуба. Налазе се испод дијафрагме и заштићени су доњим ребрима. Сваки бубрег је окружен фиброзном капсулом, а изнад њега се налази слој масног (адипозног) ткива, који служи као заштита и потпора.

Крв стиже до бубрега кроз *бубрежну (рениалну) артерију*, грану *абдоминалне аорте*. Након пречишћавања, крв напушта бубрег кроз *бубрежну вену*, која се улива у *доњу шупљу вену*.

Бубрег је жлездасти орган у облику пасуља, дугачак око 10 cm, широк 5 cm и дебљине 2,5 cm. У попречном пресеку, бубрег се састоји од *бубрежне коре (cortex)*, *бубрежне сржи (medula)* и *бубрежне карлице*. Кора садржи већину нефрона. Срж је састављена од *сабирних каналића* који формирају *пирамиде* чији врхови су усмерени ка *бубрежној карлици*. Карлица је левкастог облика и сакупља урин кроз *чашице*, који се затим преноси у *мокраћну цев* и сакупља у бешици.

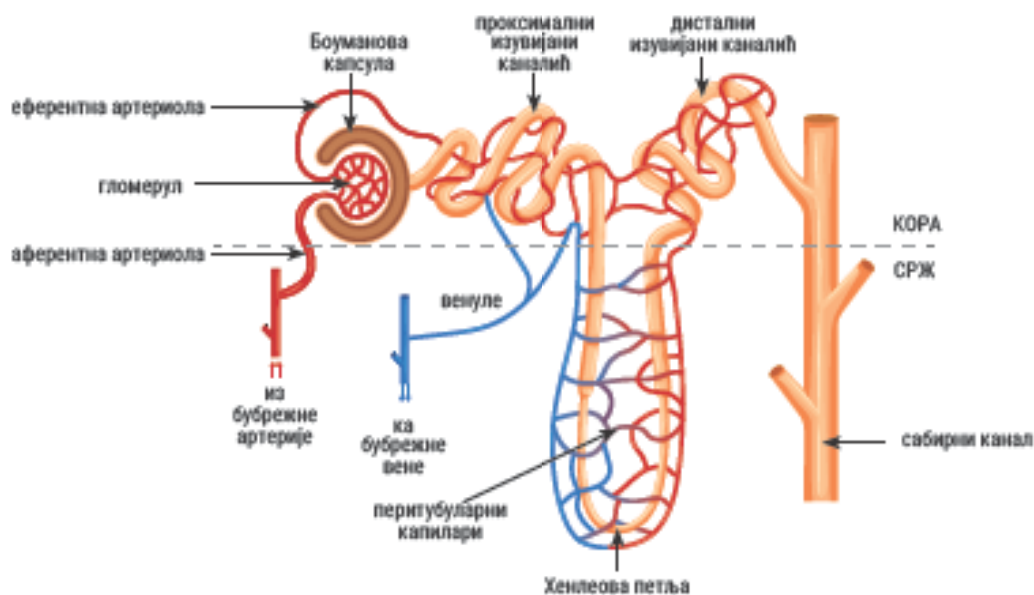
Основна структурна и функционална јединица бубрега је **нефрон**. Сваки бубрег садржи приближно милион нефрона. Нефрон се састоји од *Боуманове капсуле* и система *танких, вијугавих тубула*. Унутар Боуманове капсуле налази се *гломерул* – мрежа *капилара* у којима почиње филтрација крви.



Шематски приказ грађе бубрега

Боуманова капсула се наставља у проксимални изувијани канал, који прелази у Хенлеову петљу, а затим у дистални изувијани каналић. Дистални каналићи неколико нефрона се празне у сабирним каналићима који пролазе кроз срж бубрега и отварају се у бубрежној карлици. Укупна дужина свих нефронских тубула у оба бубрега је око 100–120 km.

Гломерул, Боуманова капсула и већина изувијаних каналића налазе се у бубрежној кори, док се Хенлеова петља протеже у срж. У близини гломерула налази се јукстагломеруларни апарат (ЈГАпарат), који игра важну улогу у регулацији крвног притиска и функцији бубрега.



Шематски приказ грађе нефрона

Уринарни тракт преноси урин из бубрега у спољашњу средину и обухвата мокраћоводе, мокраћну бешику и мокраћну цев.

Мокраћоводи су две дугачке, танке мишићне цеви које преносе урин из бубрега у бешику. Дугачке су око 25–32 cm. Косо уметање мокраћовода у зид бешике спречава повратак урина у супротном смеру.

Мокраћна бешика је мишићни резервоар који сакупља урин пре него што се избаци из тела. Њен капацитет је приближно 400–600 mL. Зид бешике састоји се од слузокоже, везивног ткива и три слоја глатких мишића који јој омогућавају да се значајно растегне. Када је празна, бешика је мала и наборана, а када је пуна, повећава се. Пажњење бешике назива се мокрење (микција) и контролише га унутрашњи и спољашњи сфинктер. Код деце је овај процес рефлексан, а како расту, постаје вољно контролисан центром који се налази у мозданом кори.

Мокраћна цев спроводи урин из бешике ван тела. Код жена је кратка (око 4 cm) и има само екскреторну функцију. Отвара се у предворју вагине, између малих усана, изнад вагиналног отвора код жена. Код мушкараца је мокраћна цев дужа (око 20 cm), пролази кроз простату и пенис и има двоструку функцију – служи за избацивање урина и пренос полних ћелија.

Активност

Мапирање „филтера“ тела

У групама од 4–5 ученика нацртајте дијаграм уринарног система, прецизно обележавајући органе и цртајући путању урина. Користите обојене стрелице да бисте јасно приказали цео процес.

Нека свака група објасни свој дијаграм разредут.

Питања за проверу знања

1. Шта ће се десити ако унесемо превише течности у организам?
2. Како је грађен бубрег?
3. Која је улога мокраћне бешике?
4. Шта је нефрон и које су његове компоненте?

Занимљива биологија

- Ваши бубрези пропуштају сву вашу крв кроз њих око 40 пута у само једном дану.
- Бешика одрасле особе може се растегнути и задржати између 400 и 600 милилитара течности. Она шаље сигнал мозгу да је време за мокрење када је пуна само око четвртине.

2.13 Функције бубрега и коже

Подсети се!

- Шта је филтрација?
- Како је грађен бубрег?
- Шта је урин и где се формира?

Формирање урина почиње у гломерулу и Боумановој капсули, које заједно чине **Малпигијево тешце**. Зидови гломеруларних капилара су решеткасти и пропустљиви за воду и мале растворене материје, али су непропустљиви за крвне ћелије и велике протеине. Пошто је аферентна артериола ширира од еферентне артериоле, у гломерулу се ствара висок крвни притисак, који је 3-4 пута већи него у другим капиларима. Овај повећани притисак омогућава течности и раствореним материјама из крви да пређу у Боуманову капсулу. Процес се назива **гломеруларна филтрација**, а резултирајућа течност се назива гломеруларни филтрат или примарни урин. Примарни урин садржи воду, јоне, глукозу, аминокиселине, уреу и део лекова.

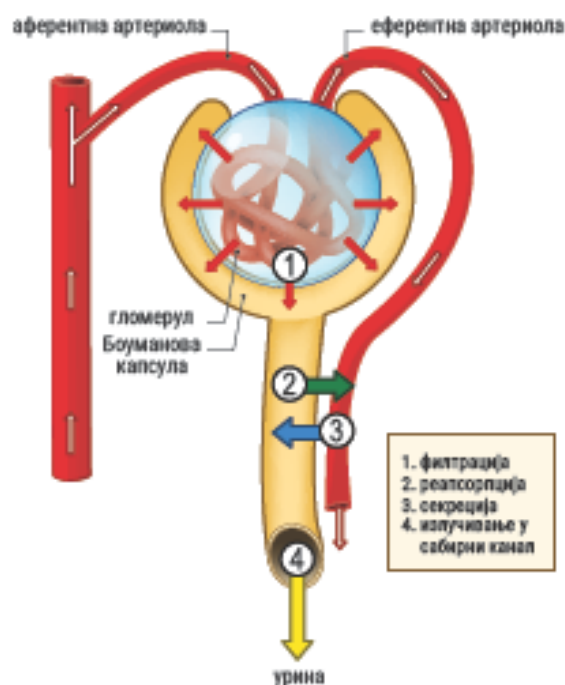
За 24 сата, око 1 700 литара крви протекне кроз бубреге, производећи 160–180 литара примарног урина, а само 1–1,5 литара коначног урина се излучује из тела. То значи да се већина филтрата враћа у крв.

Примарни урин прелази у бубрежне каналиће, где се одвија реапсорпција и секреција. Процесом **реапсорпције**, вода и корисне супстанце (глукоза, аминокиселине, јони) враћају се у крв. То је омогућено великом површином апсорпције нефрона, која износи око 40–50 m².

Поред филтрације и реапсорпције, коначни урин се формира и **тубуларном секрецијом**, у којој одређене супстанце прелазе из крви у тубуле. Посебно је важно излучивање јона водоника и калијума, што регулише киселинско-базну равнотежу тела. У дисталном извијаном каналићу, уреа, амонијак, креатинин, токсини и јони се излучују у филтрат (примарни урин). Преостала течност формира коначни (секундарни) урин, који се сакупља у сабирним каналима.

У сабирним каналима, под утицајем осмозе и хормонске регулације, део воде се поново реапсорбује, чинећи урин концентрованијим, а тело задржава воду.

Ако је концентрација супстанце у крви већа од нормалне, бубрези је филтрирају док се не достигне нормална концентрација, а вишак се излучује урином. Тако, када концентрација глукозе пређе 180 mg/dL (10 mmol/L), бубрежни



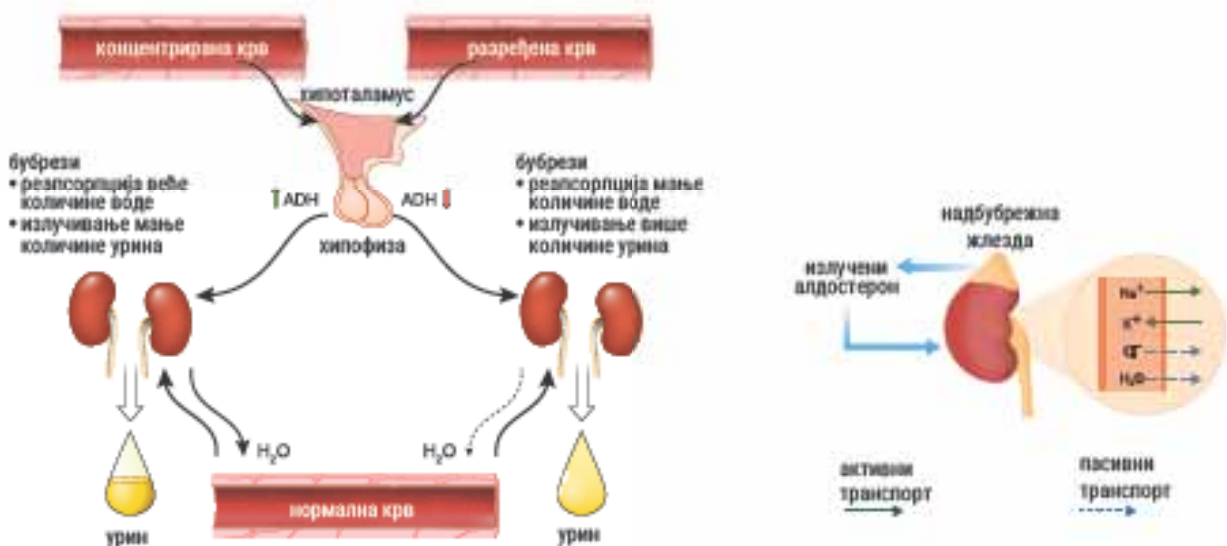
Стварање урина гломеруларном филтрацијом, секрецијом и реапсорпцијом у нефрону

каналићи је не могу у потпуности реасорбовати и она се излучује урином – стање које се назива **глукозурија**. Ово стање је најчешће узроковано неконтролисаним шећерном болешћу (*diabetes mellitus*).

Количину воде која се излучује урином контролише **антидиуретски хормон (ADH)** и **алдостерон**. ADH чини зидове дисталних и сабирних каналића пропуснијим за воду, омогућавајући делу воде да се врати у крв.

Лучење ADH се контролише путем система повратних спрега. Наиме, када крв постане концентриранија, хипоталамус производи већу количину хормона који се шаље у задњи режањ хипофизе и одатле се ADH ослобађа у крв. Он кроз крв доспева до дисталних и сабирних каналића и регулише повратак воде у тело. Крв се разблажује, што зауставља стимулацију хипоталамуса. Недостатак ADH узрокује нешећерни дијабет (*diabetes insipidus*) са прекомерним излучивањем воде и интензивном жеђју, слично дијабетесу мелитусу.

Алдостерон, који се производи у кори надбубрежне жлезде, такође делује у дисталним и сабирним каналићима. Овај хормон повећава реасорпцију натријума (Na^+) и стимулише лучење калијума (K^+), чиме се одржава равнотежа воде и електролита и крвни притисак.



Регулација количине воде помоћу ADH и алдостерона

Поред производње урина кроз процесе гломеруларне филтрације, реасорпције и секреције, бубрези такође имају многе важне функције, као што су:

- Излучивање отпадних производа – бубрези излучују крајње производе ћелијског метаболизма, вишак соли и токсине. На пример, уреа је главни отпадни производ разградње аминокиселина.
- Одржавање равнотеже воде – бубрези регулишу количину воде у телу, изједначајући дневне варијације уноса и губитка воде.
- Регулација ацидобазне равнотеже – бубрези одржавају стабилну pH вредност телесних течности излучивањем вишка киселина или база произведених током метаболизма или уноса хране.

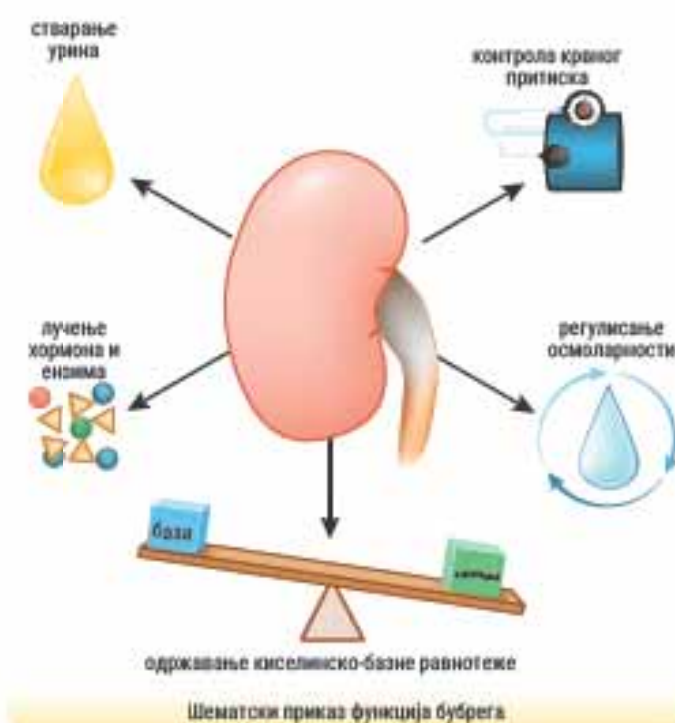
- Производња ренина – ензима који учествује у регулацији крвног притиска.
- Производња еритропоетина – хормона који стимулише производњу еритроцита у црвеној коштаног сржи.

УРИН

Урин је бистра течност светложуте боје која настаје услед присуства жучних пигмената. Код здраве особе, урин има благо киселу рН вредност (5-7) због присуства киселих фосфата. Коначни урин садржи 95 % воде, а преосталих 5 % припада сувим материјама, од којих је око 3 % органских молекула, а 2 % минералних соли. Следеће супстанце су растворене у урину:

- Азотни крајњи производи, који укључују уреу, мокраћну киселину и креатинин.
 - Уреа је непотребан производ метаболизма азота код сисара и људи, а производи се у јетри. У јетри се токсични амонијак добијен метаболизираним аминокиселина претвара у уреу, која се затим крвљу транспортује до бубрега и излучује урином.
 - Мокраћна киселина је крајњи метаболички производ разградње нуклеинских киселина и слабо је растворљива у води.
 - Креатинин је отпадни производ који настаје током разградње креатин фосфата у мишићима, а служи за брзо ослобађање енергије. Константно се производи, улази у крв и филтрира се бубрезима без реапсорпције, а излучује се урином.
- Електролити, као што су натријум хлорид и разне врсте сулфата и фосфата, излучују се урином у одређеним количинама како би се одржала њихова нормална концентрација у крви.
- Жута боја урина потиче од пигмента уробилина, који се формира током разградње хемоглобина из старих еритроцита. Интензитет жуте боје зависи од његове концентрације.

Испитивање урина је важан део процене функционалности бубрега и општег стања организма. Рутински тестови укључују испитивање боје, замућености, рН вредности и специфичне тежине урина. Одређена једињења која указују на болести такође се могу открити у урину.



Рутинска анализа урина

КОЖА КАО ОРГАН ЗА ИЗЛУЧИВАЊЕ

Поред бубрега, кожа такође учествује у процесу уклањања непотребних супстанци из тела, чија је улога углавном у излучивању дела воде и мале количине урее и соли.

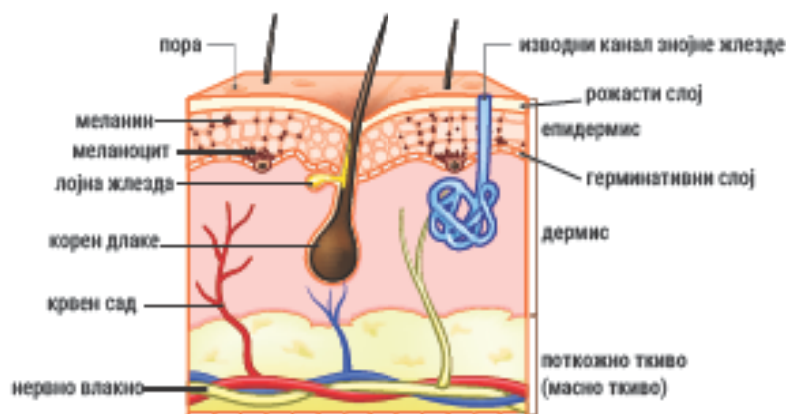
Кожа има неколико функција. То је спољашњи омотач који обавија тело као танак слој. Њена површина је око 1,5-2 m². Дебљина слоја коже варира у различитим деловима тела од 1 до 4 mm. Кожа је орган (углавном) јер садржи неколико врста ткива као што су: епително, везивно и нервно ткиво. С друге стране, може се назвати и покровним (интегументарним) системом јер обухвата жлезде, крвне судове, живце и поткожни слој, који сви заједно функционишу као систем. Назив потиче од речи интегумент што значи „покривач”. Термин кутанозни систем се такође односи на кожу.

Кожни систем се састоји од коже и поткожног слоја, који садржи структуре које се разликују од оних у кожи. Кожа се састоји од два главна слоја, епидермиса и дермиса.

Епидермис је површински слој коже. Његове спољашње ћелије се стално одбацују, а нове се стварају у најдубљем слоју, који се назива *герминативни слој*. Најгорњи слој епидермиса назива се *рожасти слој* и састоји се од мртвих, кератинизованих ћелија које штите кожу. Најдоњи слој епидермиса производи меланин, пигмент који одређује боју коже. На одређеним местима, као што су прсти на рукама и ногама и табани, кожа има избочине и удубљења која стварају отиске прстију. Ови отисци су јединствени за сваку особу и служе за идентификацију, а формирају се услед међусобног обликовања епидермиса и дермиса.

Дермис се назива „права кожа” и састоји се од еластичног везивног ткива. Богато је снабдевен крвним судовима и нервним завршецима, због чега је кожа осетљива и добро нахрањена. Дебљина коже није иста на свим деловима тела – на длановима и табанима кожа је дебља, а на капцима је веома танка и нежна. Већина кожних структура, као што су знојне и лојне жлезде и коса, налазе се у дермису или продиру у поткожне слојеве.

Дермис је уско повезан са поткожним слојевима. Поткожно ткиво је састављено од еластичног и влакнастог везивног ткива, као и масног (адипозног) ткива које служи као изолација и резерва енергије. Највећи крвни судови пролазе кроз поткожне слојеве и снабдевају кожу хранљивим материјама, а истовремено помажу у терморегулацији (одржавању телесне температуре). Неке структуре коже, као што су знојне жлезде и корен длаке, налазе се у поткожном ткиву. Овај слој је богат живцима и нервним завршецима који допуњују осетљивост дермиса и епидермиса.



Шематски приказ структуре коже у уздужном пресеку

Кожа има своју боју, која зависи од количине пигмента меланина и крви која тече кроз површинске крвне судове. Меланин штити тело од ултраљубичастих зрака и налази се и у коси и у ирис ока.

Како старимо, кожа губи еластичност, развијају се боре и „старачке“ смеђе мрље, поткожна масноћа се смањује, а знојне жлезде раде мање, што кожу чини сувом. Коса постаје тања, посиви или побели, а нокти се задебљају и губе боју.

Кожне творевине

Знојне жлезде су цевасте, лоптасте структуре које се налазе у дермису и поткожном ткиву. Сваки знојни канал се отвара на површини коже пором. Зној, који се састоји од воде, мале количине минералних соли и органских супстанци, помаже у регулисању телесне температуре испаравањем. Знојне жлезде су гушће распоређене у неким деловима тела, као што су глава, пазух и стопала.

Лојне жлезде су кесице које луче секрет (себум), који подмазује кожу и косу, одржава њихову еластичност и штити их од спољашњих агенаса. Канали лојних жлезда се отварају у фоликулама длаке. Ако се зачепе, формирају се лојне цисте или бубуљице.

Млечне жлезде су парне жлезде које се налазе у грудима. Код жена се развијају током пубертета и производе млеко током дојења.

Остале кожне жлезде су церуменске жлезде у ушном каналу (оне производе ушни восак), цилијарне жлезде на капцима и мирисне жлезде које се налазе испод пазуха, око гениталија и ануса и луче секрет специфичног мириса.

Влакна и нокти су *рожнате формације* коже. Расту из фоликула – задебљања на кожи која су некад повезана са танким глатким мишићима. Када се ови мишићи контрахују, коса се исправља и ствара испупчење на кожи. Нокти су тврди кератински израштаји на прстима које производе ћелије у слојевима епидермиса. Нове ћелије се стално производе у корену нокта.

Функције коже

Кожа има неколико функција, укључујући:

- **Заштитну улогу** – Кожа штити тело од спољашњих утицаја као што су ветар, вода, УВ зрачење и микроорганизми. Спољашњи слој епидермиса, састављен од ћелија кератина, ствара непропусну баријеру која спречава губитак воде и улазак патогена. Константна замена ових ћелија омогућава механичко уклањање микроорганизма са површине коже.
- **Регулација телесне температуре** – Кожа ослобађа топлоту кроз крвне судове и зној. На високим температурама, крвни судови се шире (вазодилатација), што ослобађа топлоту. На ниским температурама, крвни судови се скупљају (вазоконстрикција) да би сачували топлоту.
- **Сензорне функције** – Дермис садржи много нервних завршетака и рецептора за бол, додир, притисак и температуру, што кожу чини важним сензорним органом.
- **Апсорпција, секреција и регенерација** – Кожа може да апсорбује одређене супстанце и излучује штетне супстанце путем зноја и лојних жлезда. Има способност регенерације, тако да оштећени делови буду замењени новим епидермисом.
- **Синтеза витамина D** – Када је кожа изложена сунчевој светлости, посебно ултраљубичастим зрацима, у епидермису се из холестерола производи провитамин D3, који се затим претвара у витамин D3 (холекалциферол), који је важан за здравље костију, мишића и имунитета.

Због улоге коже у телу, њена хигијена и нега су веома важни. Правилна исхрана и добра циркулација помажу у одржавању здравља коже. Редовно чишћење, уклањање нечистоћа и третирање оштећених подручја одржавају површински слој благо киселим, што спречава раст бактерија. Посебно је важно темељно опрати руке сапуном, укључујући и испод ноктију, јер су то главни путеви уласка бактерија у тело.

Кожу такође треба заштитити од прекомерног излагања сунцу. Правилна заштита пре и током излагања сунцу смањује ризик од оштећења, спречава прерано старење и смањује могућност канцерогених промена.

Активност

Симулација бубрега

Формирајте групе од 4–5 ученика. Сваком ученику је додељена улога (гломерул, каналићи, сабирни канал, кожа) и треба да користи картице/знакове да покаже које се супстанце филтрирају, које се враћају у крв, а које се излучују. На крају, свака група објашњава како њихова улога доприноси пречишћавању крви и излучивању отпадних материја.

Питања за проверу знања

1. Објасните процесе филтрације и реапсорпције.
2. Наведите по један пример улоге бубрега и коже као органа за излучивање.
3. Која супстанца се реапсорбује под дејством ADH и како?
4. Зашто се кожа сматра системом?

Занимљива биологија

- Дијализа је процес у којем се отпадни производи уклањају из крви када бубрези не функционишу правилно. Крв пролази кроз машину са полупропусном мембраном, где се молекули попут уреје крећу са места веће концентрације на место ниже концентрације. Машина замењује функцију бубрега, а раствор у њој, назван дијализат, регулише размену супстанци.

2.14 Одржавање здравља система за излучивање

Подсети се!

- Која је основна функција бубрега?
- Шта ће се десити ако ниво воде у организму не може да се контролише?
- Шта ће се десити ако тело не може да отстрани штетне метаболичке супстанце?

Систем за излучивање и његово нормално функционисање су веома важни јер помажу телу да се реши отпадних производа и одржи унутрашњу равнотежу. Међутим, постоји огроман број нездравих навика или пракси које доводе до његовог оштећења, а самим тим и промена у телу у целини.

УТИЦАЈ РАЗЛИЧИТИХ ВРСТА ЗАВИСНОСТИ НА СИСТЕМ ЗА ИЗЛУЧИВАЊЕ

Зависности су феномен у којем особа развија јаку потребу да користи одређену супстанцу или се бави одређеним понашањем, иако то штети здрављу, односима или свакодневном функционисању. Оне се јављају постепено као резултат поновљеног излагања супстанци или навизи која изазива осећај задовољства, олакшања или „бекства“ од стреса.

Постоје различите врсте зависности које се најчешће деле на зависности од супстанци (као што су алкохол, никотин, дроге, лекови који се злоупотребљавају) и зависности у понашању (као што су неконтролисана употреба рачунара и телефона, коцкање, прекомерна исхрана или куповина). У зависности од тога како утичу на тело, зависности се деле на физичке – где се тело заправо навикне на њих и реагује одређеним симптомима (тремор, мучнина, раздражљивост) и психолошке – где постоји јака емоционална или ментална потреба за понављањем понашања како би се осећали безбедно, опуштено или срећно.

Зависности су посебно опасне код младих људи јер се њихов мозак још увек развија и много је осетљивији на спољашње утицаје. У овом узрасту се формирају навике, критичко размишљање и способност самоконтроле, па свака супстанца или понашање које ствара зависност може изазвати озбиљне поремећаје у учењу, памћењу, расположењу и социјалном развоју.

Зависности од супстанци могу довести до развоја хроничних болести срца, јетре, плућа, бубрега, оштећења мозга, поремећаја у хормонском и имунолошком систему. Психолошке зависности могу довести до анксиозности, депресије, нарушених друштвених односа и проблема са доношењем одлука. Навике стечене у младости веома често се настављају и у одраслом добу, где последице постају још израженије и теже их је превазићи.

Стога је изузетно важно разумети и знати да зависности нису само „лоше навике“, већ стања која ремете природну хомеостазу, утичу на развој и носе ризике који могу пратити особу током целог живота.

Алкохол је психоактивна супстанца која утиче на мозак и нервни систем, изазивајући опуштање или еуфорију. Честом употребом, мозак се навикава на њега и захтева веће количине за исти ефекат, што доводи до зависности. Дуготрајна употреба, названа алкохолизам, озбиљно угро-

жава физичко и ментално здравље, школски успех и свакодневно функционисање. Код младих људи, чија се тела и мозгови још увек развијају, алкохол нарушава учење, памћење, доношење одлука и контролу понашања. Зависност код тинејџера се развија брже него код одраслих.

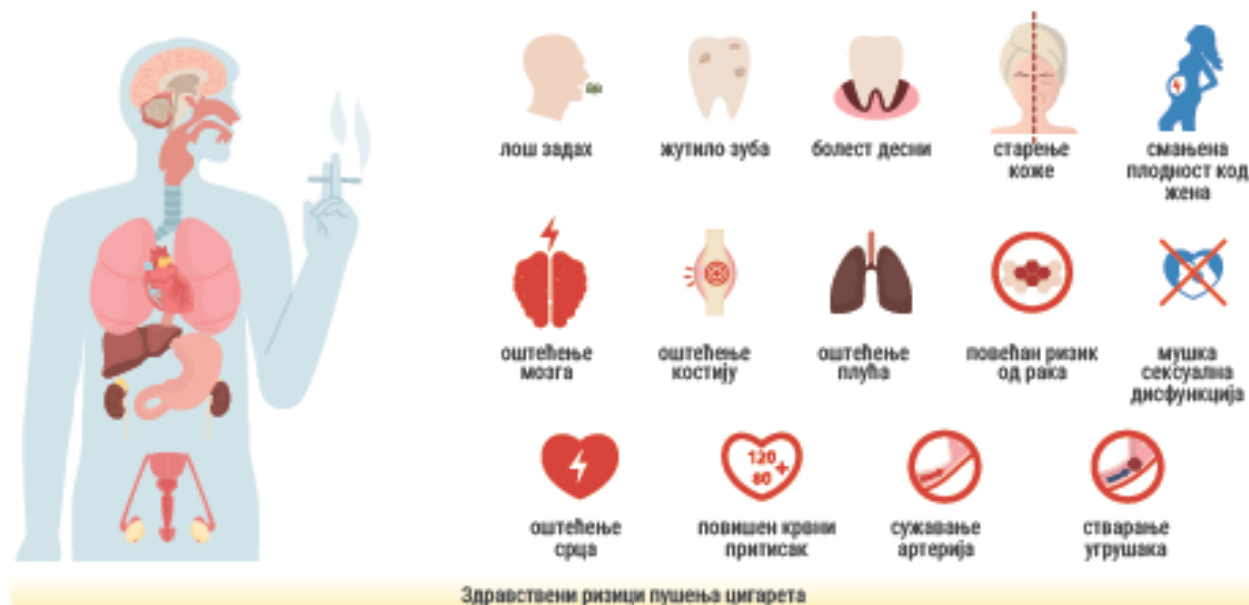
Алкохол такође ремети функционисање система за излучивање. Смањује дејство антидиуретичког хормона (ADH), што смањује реасорпцију воде у бубрежима. Резултат је производња већих количина урина, често мокрење и губитак воде и електролита, што узрокује жеђ, главобољу, умор и сува уста. Поред тога, алкохол повећава активност коже кроз знојење, што убрзава дехидрацију.

Због ових ризика, не постоји безбедна количина алкохола за тинејџере. Најбоља заштита је потпуно избегавање, што штити развој, здравље и поставља темеље за стабилан и успешан живот.

Пушење цигарета једна је од најопаснијих навика јер дуван садржи никотин, супстанцу која изазива велику зависност. Када се пуши, никотин брзо доспева до мозга и ствара краткотрајан осећај опуштености. Временом се мозак навикава на њега и жуди за још никотина, што доводи до зависности. Опасност не долази само од никотина, већ и од токсичног дима, који садржи преко 7 000 хемикалија, укључујући канцерогене. Оштећује плућа, срце, крвне судове и кожу, узрокујући хроничне болести, кашаљ, кратак дах, смањену отпорност на инфекције и повећан ризик од тумора.

Пушење оштећује бубреге сужавањем крвних судова и смањењем филтрације, а кожа постаје сува, брже стари и губи део своје заштитне функције.

За тинејџере (14–16 година), пушење је посебно штетно: мозак и тело се још увек развијају, а никотин нарушава учење, концентрацију, памћење и контролу импулса.



Најбоља превенција је да уопште не почнете са пушењем.

Електронске цигарете (е-цигарете) су уређаји који стварају пару која се удише уместо дима као обичне цигарете. Обично садрже батерију, грејач и мали резервоар напуњен течномшћу која се назива е-ликвид. Ова течност обично садржи никотин, ароме и разне хемикалије које се, када се загреју, претварају у аеросол (пару). Иако изгледају другачије од класичних цигарета, електронске цигарете и даље уносе супстанце у тело које му могу наштетити.

Важно је знати да електронске цигарете не штите у потпуности тело од штетних ефеката пушења. Можда садрже мање штетних супстанци од класичних цигарета, али и даље представљају ризик – посебно због никотина, који изазива велику зависност и повећава број откуцаја срца, оштећује кардиоваскуларни систем и утиче на развој мозга код тинејџера. Електронске цигарете оштећују бубреге смањењем протока крви и филтрирањем токсина који директно уништавају њихова ткива. Истовремено, ове канцерогене материје се акумулирају у бешици, што драматично повећава ризик од упале и рака. Многе студије показују да су тинејџери који користе електронске цигарете склонији да почну да пуше обичне цигарете у будућности. Из ових разлога, немојте користити електронске цигарете.

Зависност од **наркотичних средстава**, или зависност од дрога, је озбиљна хронична болест мозга код које особа наставља да користи дрогу упркос штетним последицама. Дроге делују на моздане структуре повезане са задовољством, мотивацијом и емоцијама, узрокујући нагли пораст допамина, „хемикалије награђивања“. Мозак се брзо навикава и захтева све веће дозе, што доводи до зависности. Дуготрајна употреба оштећује мозак, погоршава памћење, концентрацију, расположење и изазива психолошке поремећаје. Код младих људи, чији се мозак још увек развија, дроге ремете сазревање делова одговорних за учење, емоције и доношење одлука. То може довести до лошег школског успеха, ризичног понашања, лоше самоконтроле и оштећеног развоја личности.

Дрога се најчешће апсорбује кроз плућа, слузокожу или крв. Јетра метаболише лек, али метаболити су често токсични и оштећују јетру, бубреге и нервни систем.

Разне дроге могу директно или путем токсичних метаболита оштетити систем за излучивање, узрокујући упалу, оштећење нефрона и смањену филтрацију крви. Кожа такође пати, постаје сува, склона акнама или инфекцијама.

Апстиненција се јавља када особа која је дуго користила психоактивну супстанцу (никотин, алкохол, дроге или лекове) изненада престане или значајно смањи њену употребу. Тело, навикнуто на редовно присуство супстанце, не може одмах да се прилагоди, што узрокује физичке и психолошке симптоме познате као апстиненцијална криза. Криза се јавља зато што су мозак и нервни систем промењени дуготрајном употребом. Симптоми зависе од врсте зависности, али најчешће укључују: анксиозност, раздражљивост, јаку жељу за супстанцом, главобољу, знојење, убрзан рад срца, несаницу, стомачне тегобе, смањену концентрацију и промене расположења. Код јачих дрога попут хероина или неких лекова, апстиненцијална криза може бити озбиљна и захтевати медицински надзор.

Код младих људи, чији се мозак још увек развија, апстиненцијална криза може бити интензивнија. Изазива јаке емоционалне реакције – страх, панику, раздражљивост, тугу или агресију – и може довести до проблема са учењем, пажњом и контролом импулса. Суочавање са апстиненцијалном кризом захтева подршку и стручну помоћ. За младе људе, подршка породице и школе је кључна за суочавање са интензивним осећањима.

Допинг је употреба супстанци или метода које вештачки повећавају физичку снагу, издржљивост или спортске перформансе. Све више га користе млади људи који желе брже да повећају мишићну масу или да изгледају „јаче“, што је посебно опасно јер су њихови организми у развоју и осетљиви

су на хормонске и метаболичке поремећаје. Постоје различите врсте допинга и могу се поделити према свом дејству:

- Хормонски допинг – обухвата употребу стероида, тестостерона, хормона раста.
- Стимуланси – као што су амфетамини, кофеин у великим дозама или илегалне супстанце које повећавају будност и издржљивост.
- Крвни допинг – вештачко повећање броја црвених крвних зрнаца или употреба хормона еритропоетина, ради бољег снабдевања организма кисеоником.
- Допинг психоактивним супстанцама – употреба дрога попут кокаина или марихуане ради повећања храбрости, смањења бола или повећања мотивације.

Употреба допинга код младих је посебно ризична. Наиме, хормонски систем у овом узрасту није стабилан, па спољашњи хормони или стимуланси могу трајно пореметити раст, развој полних карактеристика, здравље костију и психолошку равнотежу. Код многих људи који су рано почели да узимају додатне хормоне, раст костију прерано престаје, што резултира нижом коначном телесном висином. Анаболички стероиди, стимуланси и друге супстанце које се користе као допинг оптерећују јетру и бубреге, јер ови органи морају да прераде токсичне метаболите. Допинг може изазвати повећано излучивање протеина и крви урином, оштећење нефрона и поремећај равнотеже воде и електролита. На кожи се појављују акне, упале и повећано излучивање, што је резултат хормонских промена и токсичности супстанци.

ЗДРАВЕ НАВИКЕ ЗА ЗАШТИТУ БУБРЕГА И КОЖЕ

Једна од најважнијих здравих навика за заштиту бубрега и коже је **редовно пиће воде**. Када је тело добро хидрирано, бубрези лакше филтрирају крв и производе урин. Зато је добро да тинејџери пију 6–8 чаша воде дневно. Ово такође омогућава кожи да остане еластична, чиста и хидрирана.

Друга важна навика је **смањење соли у исхрани**. Прекомерна со оптерећује бубрежни систем и може довести до задржавања течности и високог крвног притиска. Истовремено, здрава исхрана богата воћем, поврћем и интегралним житарицама обезбеђује витамине и минерале који штите и кожу и бубреге.

Избегавање алкохола, цигарета, електронских цигарета и лекова је кључно за заштиту система за излучивање.

Редовна физичка активност такође игра важну улогу. Кретање побољшава циркулацију и омогућава свим органима за излучивање да раде брже и ефикасније. Вежбање узрокује знојење коже, што помаже у елиминацији неких отпадних производа, а истовремено одржава поре чистим.

Још једна важна навика је **одржавање добре личне хигијене**. Редовно туширање и чишћење коже спречава развој бактерија, зачепљење пора и појаву упале.

За здраве бубреге, **редовно пражњење бешике** је такође важно. Дуго задржавање урина повећава ризик од ин-



Здрава навика редовног пића воде



Здрава навика смањења соли у исхрани

фекција, па је добро да ученици развију навику да не игноришу потребу за одласком у тоалет.

На крају, довољно сна и управљање стресом је неопходно. Лош сан и стални стрес нарушавају имунитет, што може ослабити функцију бубрега и учинити кожу осетљивијом и склонијом упалама.



Здрава навика довољног сна

Активност

1. Здрав систем за излучивање

Формирајте групе од по 3 ученика. Свака група добија списак супстанци (алкохол, цигарете, електронске цигарете, дроге) и кратке сценарије. Требало би да направите табелу: супстанца → утицај на бубреге → утицај на кожу → последице. Затим, предложите три здраве навике за заштиту система за излучивање. На крају, нека свака група представи табелу и здраве навике и разговара о закључцима.

2. Презентација о зависностима

Поделите се у групе од неколико ученика и изаберите тему: алкохол, дроге или допинг итд. Користећи алате вештачке интелигенције (ChatGPT, Google Gemini, Bing Copilot или Perplexity AI) припремите кратку презентацију (2–3 минута) са најважнијим последицама. На крају, сви разговарају о уобичајеним и различитим ефектима зависности.

Питања за проверу знања

1. Наведите по један пример улоге бубрега и коже као органа за излучивање.
2. Како алкохол, цигарете и дроге утичу на функционисање бубрега и коже?
3. Зашто су здраве навике попут довољног уноса воде и здраве исхране важне за заштиту система за излучивање?
4. Које штетне ефекте алкохол има на људски организам? Објасните зашто.

Занимљива биологија

- Многи спортисти су изгубили медаље или титуле због допинга. На пример, спринтер Бен Џонсон на Олимпијским играма у Сеулу 1988. и атлетичарка Марион Џоунс на Олимпијским играма у Сиднеју 2000. Бициклиста Ленс Армстронг је изгубио свој рекорд серије на Тур де Франсу, а атлетичарка Марсел Кајтер је дисквалификован са Светског првенства 2007. године.



2.15 Грађа и функција делова локомоторног система

Подсети се!

- Како се грудни кош помера током процеса вентилације плућа?
- Зашто су калцијум и његове соли важни као компоненте хране?
- Где се производе елементи који стварају крв?

Кретање је једна од основних функција човека и саставни део свакодневног живота. Иако често не размишљамо о томе, кретање је сложен процес у коме учествује више структура. Чврсти скелет пружа потпору телу, зглобови омогућавају везу и покретљивост између костију, а мишићи, причвршћени за скелет, својом контракцијом и опуштањем стварају силу потребну за **кретање**. Само својим заједничким и координисаним радом човек може да обавља свакодневне задатке, од ходања и трчања, преко писања, подизања предмета и одржавања правилног држања, до нормалне активности унутрашњих органа, који такође имају мишићно ткиво.

Локомоторни систем је систем костију, зглобова и мишића који заједно омогућавају човеку да се креће, стоји и обавља разне активности. Кости и зглобови граде **скелетни систем**, који представља непокретни (пасивни) део локомоторног система.

Мишићи одређују облик тела и његових појединачних делова, а заједно са тетивама граде **мишићни систем**. Ови делови представљају покретни (активни) део локомоторног система. Код одрасле особе, делови локомоторног система чине 60 % телесне масе (20 % скелета и 40 % мишића).

СКЕЛЕТНИ СИСТЕМ

Скелетни систем се састоји од костију, хрскавица и лигамената који, повезани једни са другима, функционишу као стабилна целина.

Кости имају неколико важних функција: пружају потпору и облик телу, штите важне органе (као што су лобања и кичмена можина), омогућавају кретање заједно са мишићима, резерва су калцијумових соли, а крвни елементи се производе у њиховој коштаног сржи. Скелет почиње да се развија у ембрионалном периоду. У раном развоју формира се хрскавичави скелет. Како развој напредује, хрскавично ткиво се постепено замењује костима. Неки делови скелета, као што су зглобне површине,



Шематски приказ различитих врста костију у људском скелету

гркљан, хрскавичави прстенови трахеје, ушна шкољка, предњи део носа и крајеви ребара, остају хрскавичави током целог живота.

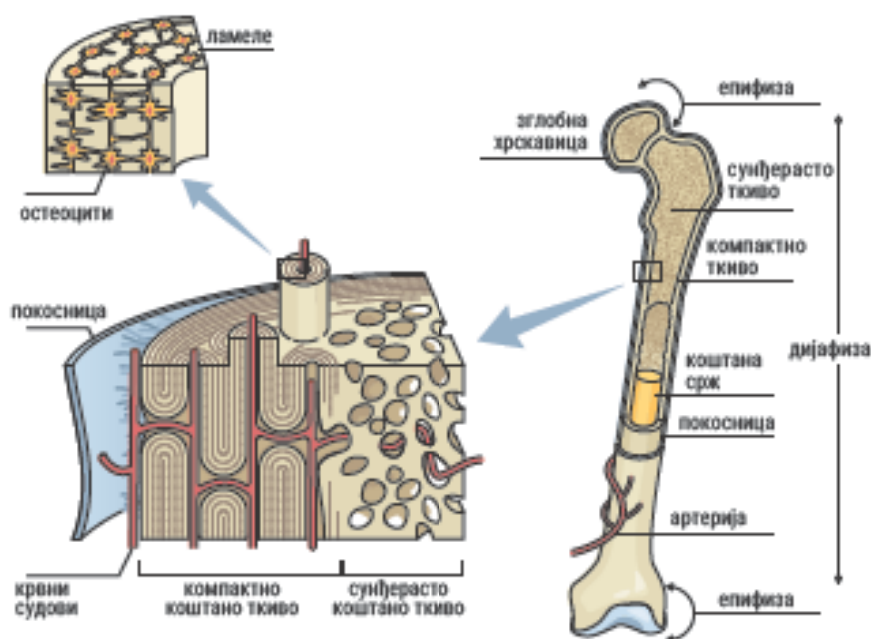
Код одрасле особе, скелет се састоји од 206 костију. Према свом облику, кости могу бити равне (лобања, ребра, грудна кост), кратке (кости шаке и стопала), неправилне (пршљенови) и дуге (бутина, надлактица). Дуге кости, које се налазе у рукама и ногама, имају издужено тело – дијафизу и два проширена краја – епифизе. Унутар дијафизе налази се канал испуњен коштаном сржи.

Кости су састављене од две врсте коштаног ткива: компактног и сунђерастог.

Компактно коштано ткиво је тврдо и густо и чини спољашњу љуску костију, као и тело дугих костију. Тврдоћу кости обезбеђују калцијумове соли, док јој органски део, назван осеин, даје еластичност. Код деце има више колагена, па су им кости еластичније, док код одраслих преовлађују минерали и кости постају чвршће.

Сунђерасто коштано ткиво има више празних простора и налази се на крајевима дугих костију и унутар других костију. Садржи коштану срж, која може бити црвена – у којој се стварају крвни елементи, или жута – састављена углавном од масти и налази се у каналу дугих костију. Ова структура омогућава костима да буду и јаке и лаке, али и да стварају крвне елементе и складиште енергију.

Споља, кости су прекривене покосницом, чији унутрашњи слој учествује у расту и обнављању костију. Крвни судови је снабдевају хранљивим материјама, а живци јој пружају осетљивост. Крајеви костију су прекривени хрскавицом, састављеном од хрскавичавог ткива. Она пружа еластичност и смањује трење између костију током кретања.



Шематски приказ грађе дугих костију

Зглоб је место где се спајају две или више костију. У зависности од покретљивости костију, зглоб може бити: покретљив, полупокретљив или непокретан.

Код покретних зглобова, проширени крај једне кости је у облику чаше и уклапа се у проширени, јабучасти део друге кости. Површине обе кости су заштићене глатким слојем хрскавице који се назива **зглобна хрскавица**. Између две спојене кости у покретним зглобовима налази се течност (синовијална течност) која спречава директан контакт између костију. Лигаменти и тетиве такође учествују у изградњи и стабилизацији покретних зглобова.

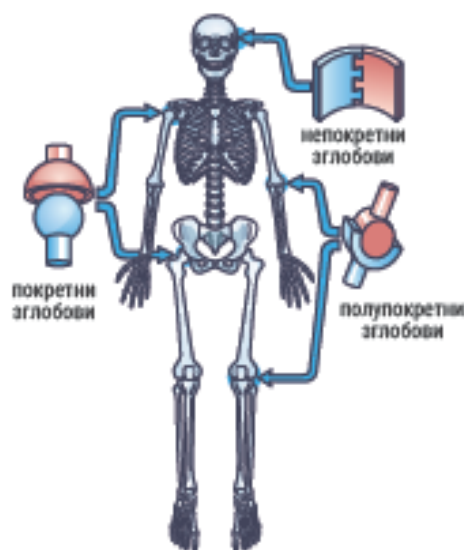
Лигаменти повезују суседне кости и јачају зглоб, ограничавајући прекомерно кретање. **Тетиве**, заузврат, повезују мишиће са костима и преносе мишићно дејство на зглоб. Лигаменти и тетиве су направљени од густог везивног ткива богатог колагенским влакнима.

Полупокретљиво зглобно повезивање је повезивање помоћу хрскавице између две кости. Ова врста везе се јавља између ребара и грудне кости, између пршљенова кичме и у карличном појасу.

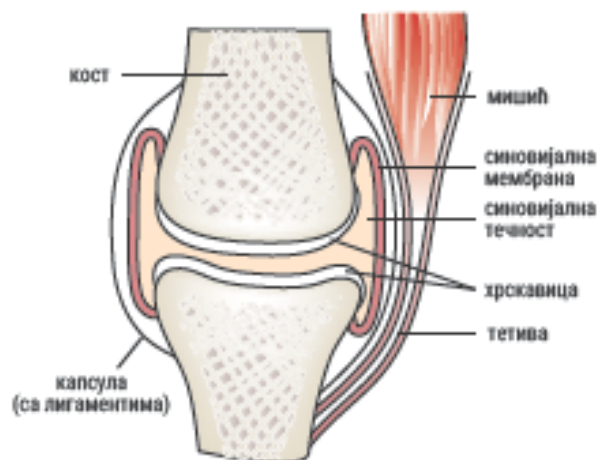
Непокретно повезивање је помоћу шавова. Две кости имају назубљене делове који се уклапају један у други. Овако су повезане кости главе које чине лобању.

Табела: Врсте зглобова

Према покрету	Материјал између костију	Примери
Непокретни	• без зглобног простора • влакнасто везивно ткиво између костију	• шавови између костију лобање
Полупокретни	• без зглобног простора • хрскавица између костију	• карлични зглобови, зглобови између пршљенова, између грудне кости и ребара
Покретни	• зглобни простор са течношћу	• клизни, висећи, седласти, кугласти и други типови зглобова



Шематски приказ врсте зглобова

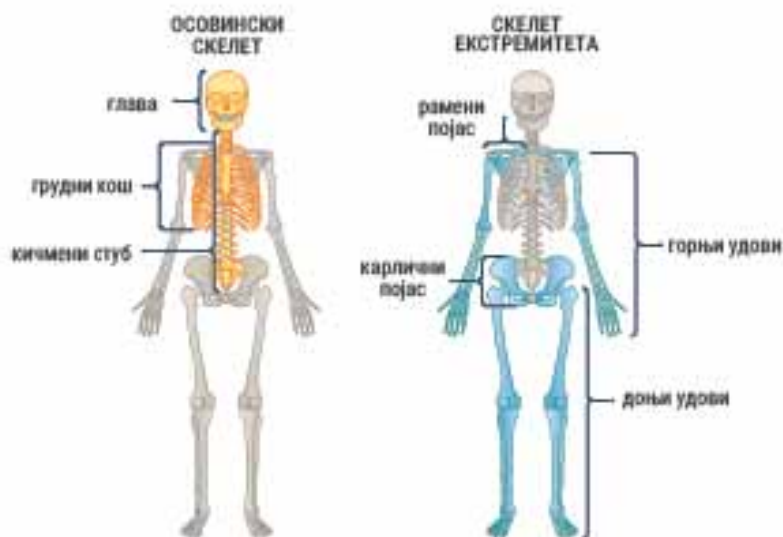


Структура покретног зглоба

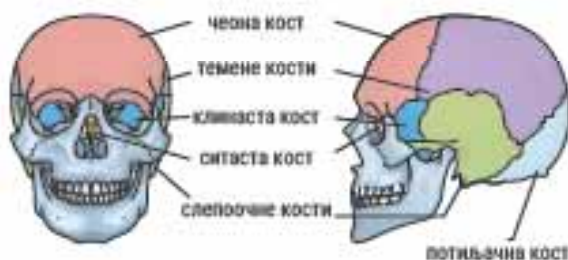
Скелет се може поделити у две основне групе костију:

1. Осовински скелет – који се састоји од костију главе и тупа.
2. Скелет екстремитета – који чини основу екстремитета, заједно са раменим и карличним појасом.

Кости главе чине лобању, која је подељена на два дела: кости свода лобање и кости лица. Кранијални део се састоји од неколико сраслих костију које чине лобању у којој је смештен и заштићен мозак. У његовој основи налази се отвор кроз који је повезан са кичменим стубом. Фацијални део се састоји од костију које граде вилице, нос и образе, при чему је доња вилица једина покретна кост лобање.



Основна подела скелета код човека

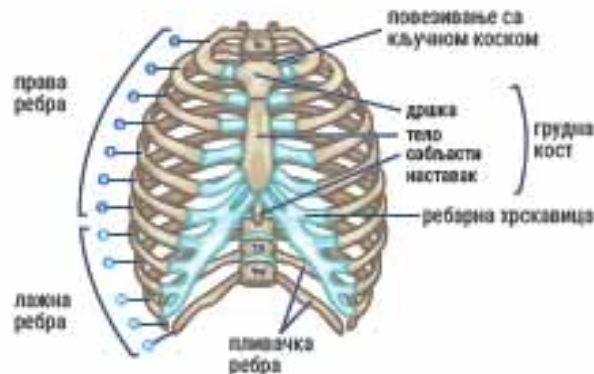


Лобања и кости лица (поглед са предње и бочне стране)

Кости тупа обухватају кичмени стуб и кости грудног коша.

Кичмени стуб се састоји од међусобно повезаних пршљенова, између којих се налазе хрскавични дискови који му дају еластичност и омогућавају кретање. Унутар њега се налази кичмени канал, у коме се налази кичмена мождина.

Грудни кош се састоји од грудне кости и дванаест пари ребара која штите срце и плућа и учествују у дисању.



Кости грудног коша

Активност

Биомеханика покрета

Радите у паровима како бисте истражили како кости и зглобови функционишу као „полуге“ у људском телу. Док један од вас изводи покрете лактом, раменом и коленом, други прецизно бележи кости укључене у процес. Анализирајте врсту зглобне везе и утврдите да ли је покрет ограничен у једном смеру или је слободан у свим правцима. Кроз ово посматрање, идентификујте кључне разлике између коленског и раменог зглоба. На крају, дођите до заједничког закључка о томе како локомоторни систем омогућава прецизност и снагу у сваком покрету који направимо.

Питања за проверу знања

1. Који су основни делови локомоторног система и која је улога сваког од њих (кости, зглобови, мишићи, тетиве, лигаменти)?
2. Објасните разлику између тетиве и лигамента.
3. Како кости и зглобови раде заједно да би омогућили кретање руке?
4. Опишите како су кости у људском скелету организоване.

Занимљива биологија

- Најмања кост у људском телу је чекић у уху, дугачак само 3–4 mm и тежак неколико милиграма, а игра важну улогу у слуху. Насупрот томе, бутна кост је дугачка око 45 cm и најјача је кост, способна да издржи оптерећење неколико пута веће од телесне масе.
- Кости су живе – стално се разграђују и обнављају. Сваких 7 до 10 година, у суштини имате потпуно нови скелет.

2.16 Грађа и функција делова мишићног система

Подсети се!

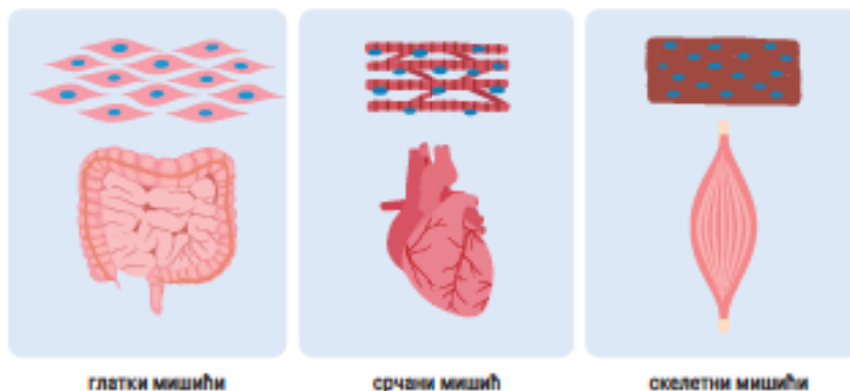
- Које врсте мишића постоје?
- Како мишићи учествују у покрету?

Мишићни систем представља активни део локомоторног система и сви покрети тела се остварују путем њега. Од укупне телесне масе човека, око 45 – 50 % је мишићна маса, при чему 40 % отпада на скелетне мишиће, док 5 – 10 % на глатке мишиће и срчани мишић.

Мишићи су у директном контакту са нервним системом, што омогућава координисане покрете тела. Мишићни систем је снабдевен богатом мрежом крвних судова кроз које се мишићне ћелије снабдевају хранљивим материјама и кисеоником, а уклањају се непотребни продукти метаболизма.

Постоје три врсте мишићног ткива: глатко, срчано и скелетно, које граде одговарајуће врсте мишића.

- Глатки мишићи се налазе у зидовима унутрашњих органа, као што су крвни судови, дисајни путеви и органи система за варење и уrogenиталног система. Глатки мишићи раде несвесно и стварају споре, ритмичне покрете који померају садржај кроз органе.
- Срчани мишић (миокард) такође ради невољно и омогућава ритмички рад срца. Састоји се од попречно-пругастих ћелија које имају много митохондрија и не умарају се, што омогућава стално пумпање крви.
- Скелетни мишићи (познати и као попречно-пругасти мишићи) су причвршћени за кости тетивама и омогућавају кретање тела. Њихове ћелије су дугачке, цилиндричне, са много језгара и имају попречно-пругасти изглед. Раде уз помоћ наше воље (свесно) и могу се брзо контраховати и опуштати. У људском телу постоји више од 650 скелетних мишића.



глатки мишићи

срчани мишић

скелетни мишићи

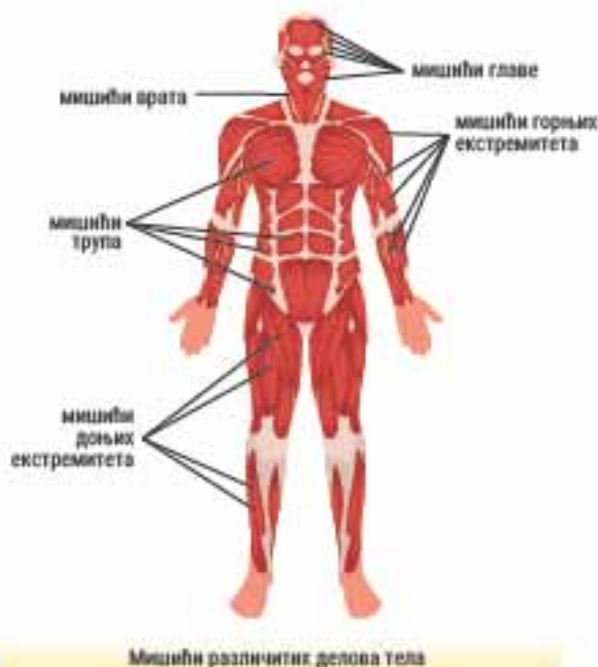
Врсте мишићног ткива и три врсте мишића

Мишићи имају различиту структуру, али најчешће делују у групама како би омогућили кретање тела. У зависности од њихове улоге и положаја, разликују се по величини и облику. Мишићи могу бити кружни (око очију и усана), равни (дијафрагма и мишићи леђа и трбуха), тракасти у врату или дуги и вретенасти попут мишића удова. Према броју глава, односно местима причвршћивања за кости, деле се на двоглаве (бицепс), троглаве (трицепс) и четвороглаве (квадрицепс) мишиће.

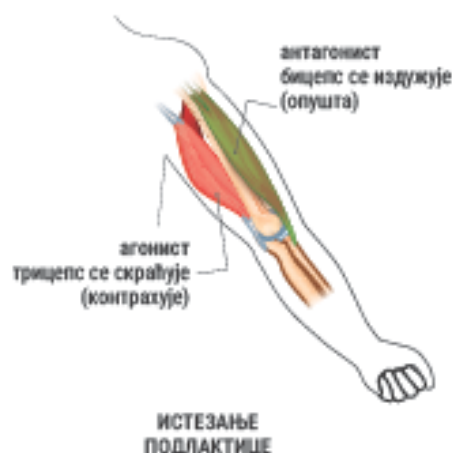
У зависности од тога где се налазе, мишићи могу бити: мишићи главе и врата, мишићи леђа и грудног коша, мишићи трбуха и карлице и мишићи удова.

Мишићи главе и врата омогућавају изразе лица, жвакање и кретање главе. Мишићи леђа и грудног коша пружају стабилност трупу, учествују у дисању и кретању рамена и руку. Мишићи трбушних мишића и карлице учествују у ротацији и бочном савијању трупа, као и у устајању из седећег положаја, ходању узбрдо и скакању. Мишићи руку омогућавају савијање и исправљање лакта и кретање шаке и прстију. Мишићи ногу омогућавају ходање, трчање и скакање.

Скелетни мишићи најчешће делују у групама ради координисаног покрета зглобова. Дакле, ако један мишић има главну улогу у одређеној активности (на пример, при савијању руке – агонист), други му помаже у тој активности, трећи делује на супротан начин (исправља руку – антагонист), а четврти одржава зглоб стабилним током ових активности.



Мишићи различитих делова тела



ИСТЕЗАЊЕ
ПОДЛАКТИЧЕ



САВИЈАЊЕ
ПОДЛАКТИЧЕ

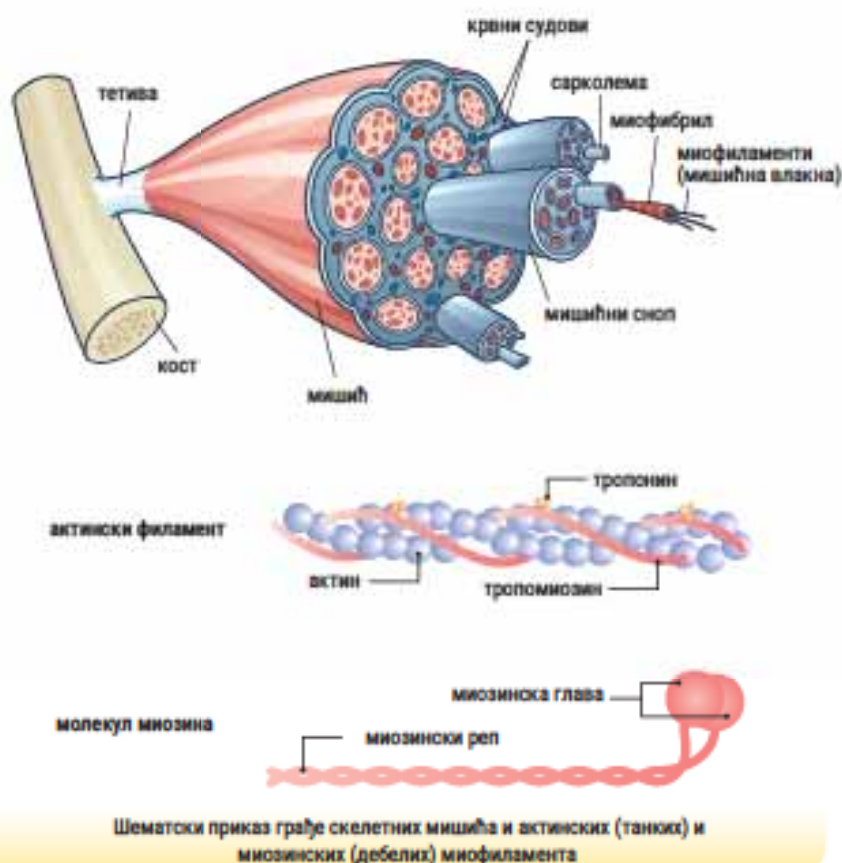
Заједничко дејство мишићног пара

Мишићи, као и све друге ћелије, осетљиви су на стимулусе који долазе кроз нервне завршетке из мозга. Имају способност контракције, односно могу се скраћивати или издуживати.

ГРАБА ЋЕЛИЈА СКЕЛЕТНИХ МИШИЋА

Мишићне ћелије у скелетним мишићима имају посебну структуру. Цитопlasма (саркоплазма) је богата гликогеном и миоглобином. Имају велики број митохондрија које обезбеђују енергију за рад, а такође имају и ендоплазматски ретикулум (познат као саркоплазматски ретикулум) у коме се налази велика количина калцијумових јона који су неопходни за контракцију мишића. Контракције су омогућене мишићним протеинима као што су актин, миозин, тропонин, тропомиозин итд.

Тakoђе је карактеристично присуство миофибрила који су састављени од актинских и миозинских влакана (миофиламената) чији распоред даје ћелијама пругасти изглед. Влакна су груписана у снопове који заједно чине мишић. Мишић је повезан са кости преко тетива, па се током контракције сила преноси на кост и изазива кретање.



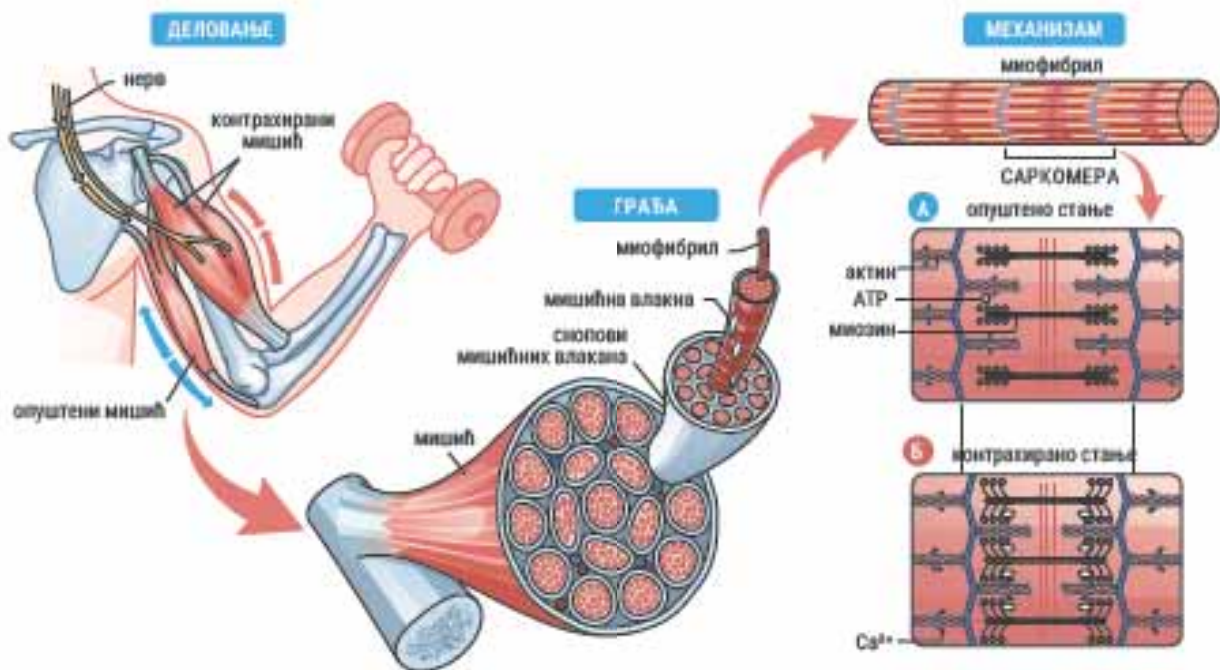
МЕХАНИЗАМ КОНТРАКЦИЈЕ МИШИЋА

Скелетни мишићи су обично под контролом наше воље.

Да би се контраховали, мишићне ћелије користе енергију у облику АТФ-а, добијену током ћелијског дисања.

Контракција мишића се дешава уз помоћ миофибрила, који су састављени од веома малих делова који се називају саркомере. Када се мишић контрахује, актински филаменти клизе између миозинских филамената, узрокујући скраћивање саркомера и покрет мишића. Стимулус за контракцију стиже до мишићних влакана преко нервних ћелија. Јони калцијума Ca^{2+} играју важну улогу у овом процесу.

Ова контракција траје много дуже и позната је као *тетанична* или грч мишића. Када мишићи изгубе способност контракције нормалном силом, јавља се *мишићни замор*. Ово се дешава када су резерве енергије (АТФ) исцрпљене, када постоји недостатак кисеоника или се млечна киселина накупила у мишићима. Мишићни замор успорава и слаби покрете и најчешће се јавља током интензивног рада, спорта или дуготрајних активности без одмора. Одмор, хидратација и правилна исхрана помажу мишићима да се брже опораве.



Шематски приказ механизма контракције мишића

Активност

Умор мишића

Управите се и испружите обе руке хоризонтално испред себе, длановима окренутим надоле. Останите у овом положају 60 секунди. Пазите на тренутак када ће вам рамена почети да се тресу, а мишићи надлактице да „горе“. Овај феномен се јавља зато што ваше мишићне ћелије брзо троше своје резерве енергије (АТФ) и почињу да се умарају, иако не дижете велику тежину.

Питања за проверу знања

1. Која је разлика у функцији различитих типова мишићних ћелија?
2. Зашто се кости не могу саме померати без учешћа мишића?
3. Опишите грађу мишића.
4. Како се контролише рад скелетних и глатких мишића?

Занимљива биологија

- Најмањи скелетни мишић код људи налази се у средњем уху, дугачак је око 1–2 mm и тежак мање од 1 mg. Највећи мишић је седални мишић (глутеус максимус), који може тежити преко 1 kg и кључан је за ходање и трчање. Најјачи мишић у смислу генерисане силе је жвакаћи мишић, који може развити силу од око 500–700 N при загризу.

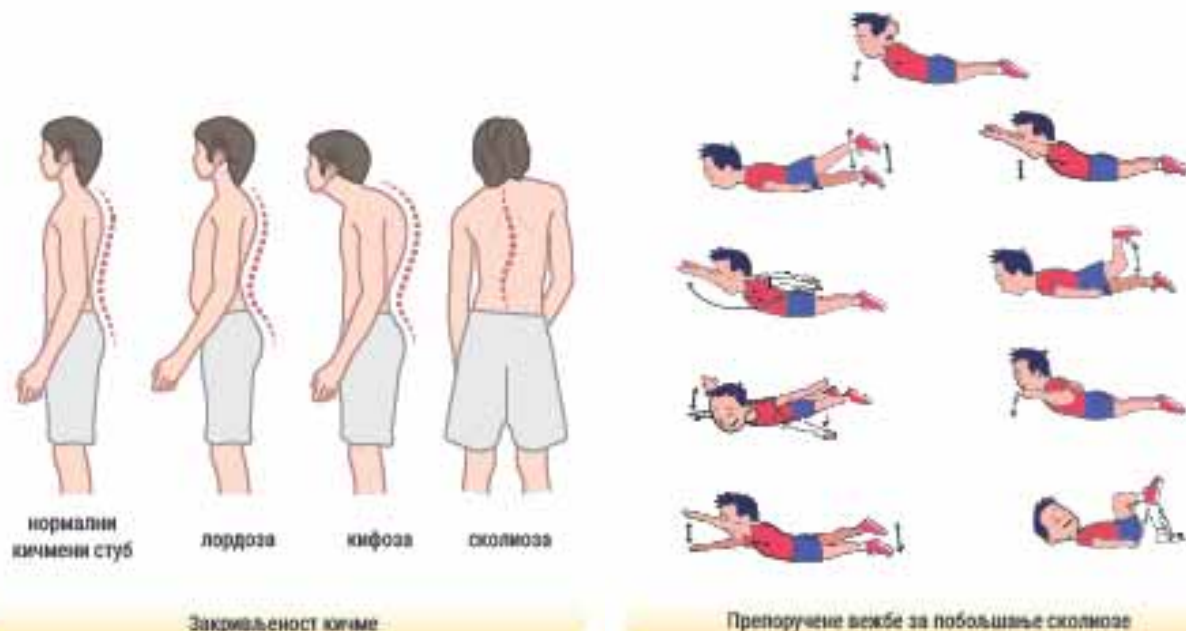
2.17 Одржавање здравља локомоторног система

Подсети се!

- Зашто код одређених повреда, повређено подручје се ставља у гипс?
- Зашто осећамо бол у мишићима током одређене повећане физичке активности?

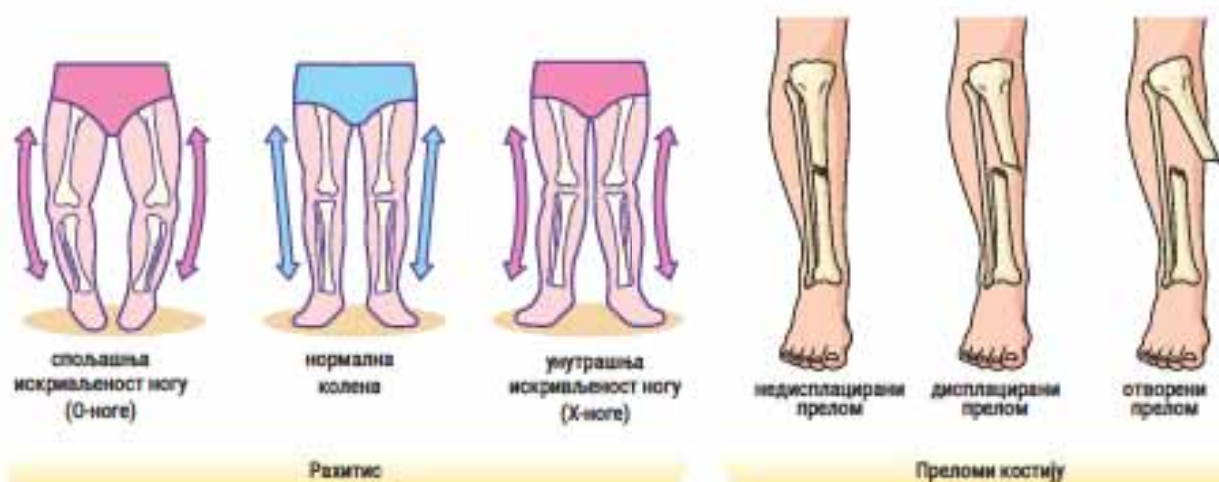
Здрав локомоторни систем омогућава правилно и координисано кретање, као и нормалан раст и развој код младих људи. Његов поремећај може довести до бола, смањене покретљивости и трајног оштећења. Само правилно развијене кости и мишићи омогућавају правилан раст и развој свих осталих органа у телу. Неправилности у кретању, седењу или ношењу терета узрокују одређене деформације кичме или стопала.

Честа појава код младих људи је искривљеност кичменог стуба. Тако је закривљеност уназад позната као **кифоза** (грба), док је закривљеност унапред позната као **лордоза**. Могућа је и бочна закривљеност кичменог стуба која се назива **сколиоза**. Најчешћи узрок таквих закривљености је неправилно седење.



Рахитис је ретка дечја болест коју карактерише низ промена на костима. Настаје као резултат недостатка витамина D, који регулише коришћење соли калцијума и фосфора. Без њих, кости остају меке и почињу да се савијају.

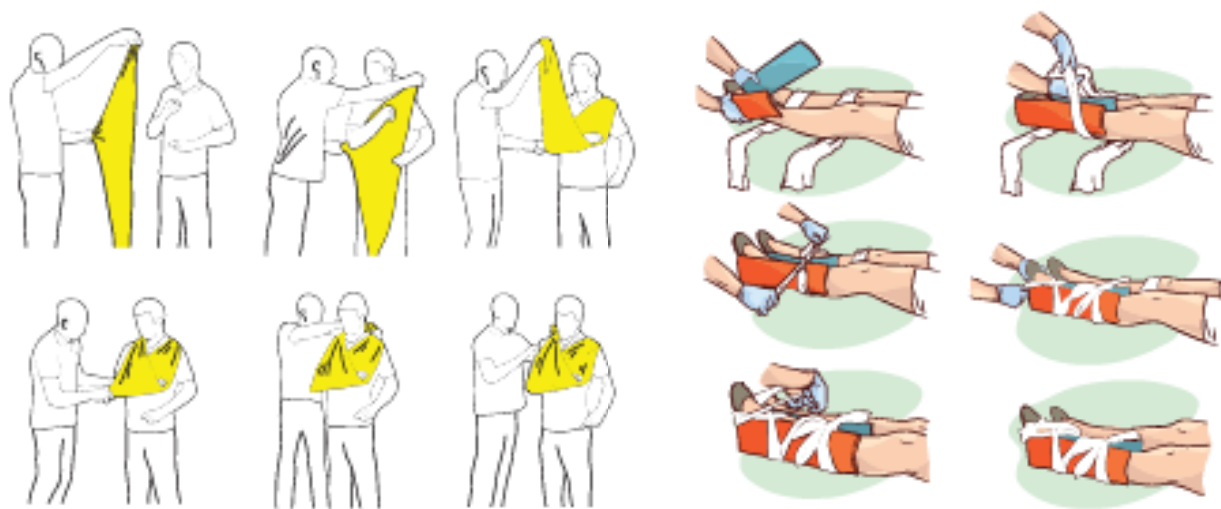
Многа механичка дејства могу изазвати преломе скоро сваке кости.



Веома важан поступак у пружању прве помоћи код прелома јесте заштита оштећених делова од покрета. То се постиже имобилизацијом, која се може извршити даскама, марамама и слично. У ситуацијама када људи имају повреде леђа, пажљивим и правилним пребацивањем на чврсте даске или врата, могу се спречити озбиљније повреде кичмене мождине. Прва помоћ увек треба да се пружи на месту несреће како би се контролисала и спречила даља оштећења и крварење.

Зглобови су спојеви који могу бити оштећени механичким дејством. У зависности од силе удара, може доћи до ишчашења или уганућа зглоба. Када се зглоб измести (ишчаши), кости излазе из зглоба, а при уганућу, зглоб се истеже кидањем или пуцањем лигамената.

Опште обољење мишића назива се грч и представља изненадно и несвесно стезање мишића. Бол се увек осећа током грча. Атрофија је оштећење или смањење величине мишића када се не користе, а то се јавља у екстремитетима најчешће код прелома костију. Мијалгија је позната као „бол у мишићима“ и односи се на упалу мишићног ткива. Равна стопала су општи поремећај свода



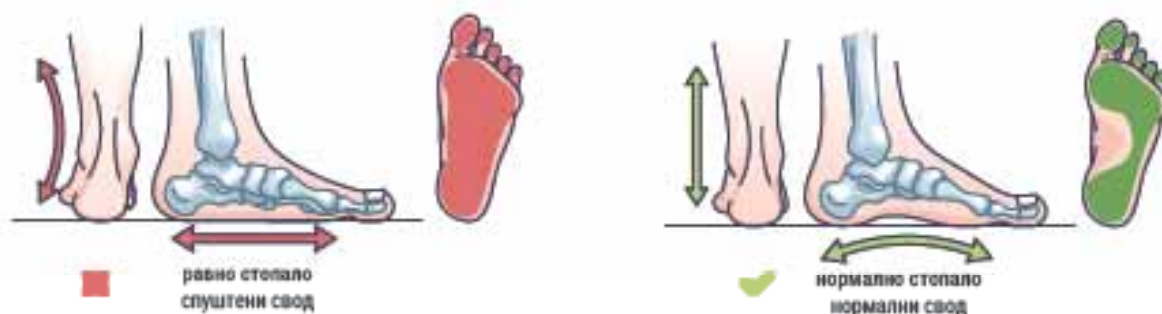
Имобилизација сломљене руке марамом

Имобилизација сломљене ноге даскама

стопала код којег постоји савијање надоле, што узрокује спуштање стопала према основи. Равна стопала, која су резултат слабљења мишића који подржавају свод, обично су праћена болом. Неправилна употреба мишића који одржавају свод (као што је вучење стопала при ходању) или недовољно телесно вежбање доприносе појави равних стопала. Ношење удобне обуће и ходање на прстима помажу у заштити од појаве равних стопала и других болних повреда стопала.



Нормални и атрофизирани мишић



Равно и нормално стопало

ЗДРАВЕ НАВИКЕ ЗА ПРАВИЛАН РАЗВОЈ И ФУНКЦИЈУ КОСТИЈУ И МИШИЋА

Правилан развој и здравље костију и мишића зависе од неколико навика које почињу у детињству и адолесценцији, када најбрже расту и јачају.

Једна од најважнијих навика је редовна и умерена физичка активност. Вежбе попут брзог ходања, трчања, пливања, плеса или бављења спортом стимулишу рад ћелија које граде кости – и повећавају квалитет и густину коштаног ткива. Ове вежбе, заједно са склековима или чучњевима, стимулишу раст и развој мишића. Ако млада особа није физички активна, кости постају слабије, мање густе и подложније преломима. Дуготрајно седење, посебно данас када млади људи проводе много времена испред рачунара или са мобилним телефоном, може довести до лошег држања и болова у леђима од раног узраста, док мишићи слабе, губе масу и долази до атрофије, чинећи особу мање отпорном и подложном повредама.

Подједнако важна је правилна исхрана богата хранљивим материјама које учествују у изградњи костију и мишића. Калцијум, који се налази у млеку, јогурту, сиру, бадемима, зеленом поврћу и неким врстама рибе, основни је „градивни материјал“ за кости. Да би се калцијум апсорбовао, потребан је и витамин D, који добијамо путем сунчеве светлости, али и путем јаја, рибе итд. Ако је исхрана сиромашна калцијумом и витамином D, кости постају крхке, а деца и тинејџери могу имати поремећаје у расту, лоше држање или повећан ризик од деформитета.

Храна богата протеинима, као што су јаја, месо, риба, млеко, јогурт, сир, махунарке и ораси, неопходна је за њихову изградњу и поправку. Након физичке активности, тело има повећану потребу за протеинима како би поправило оштећена мишићна влакна. Ако у исхрани недостају протеини, мишићи се спорије развијају, опоравак након вежбања је тежи, а тело почиње да разграђује сопствену мишићну масу. С друге стране, угљени хидрати су важни као извор енергије – без њих се мишићи брзо умарају и не могу да издрже дуготрајан напор. Унос витамина и минерала, посебно магнезијума, калијума и витамина В, неопходан је за спречавање грчева, одржавање функције мишића и правилну неуромишићну координацију.

Хидратација је још један важан фактор који се често занемарује. Коштано ткиво, иако изгледа чврсто и суво, садржи до 30% воде, што је важно за његов метаболизам. Пијење довољно воде одржава нормално функционисање ћелија које граде и обнављају кост. Недовољна хидратација може допринети брзом замору, смањеној физичкој издржљивости и споријем опоравку од повреда. С друге стране, мишићи садрже велики проценат воде, а недостатак течности доводи до грчева, смањења снаге и бржег замора. Током вежбања, тело губи воду знојем, па ако се она не надокнади на време, мишићи не могу ефикасно да раде, а ризик од повреда се повећава. Зато је важно пити воду током целог дана, а посебно пре, током и после физичке активности.

Коначно, правилан сан игра важну улогу за локомоторни систем у целини. Током сна, тело производи хормоне који су важни за раст и обнављање ткива, укључујући коштано и мишићно ткиво. Недостатак сна не само да нарушава раст, већ доводи и до слабљења мишићне снаге, смањене концентрације током вежбања и веће вероватноће од грешки и повреда.

Посебно је важно избегавати ризичне и нездраве навике. Пушење и алкохол негативно утичу на коштано ткиво и успоравају његов развој. Млади људи који често пуше или пију алкохол изложени су већем ризику од повреда, споријег зрастања прелома и губитка коштане и мишићне масе. Енергетска пића, када се конзумирају пречесто, могу утицати на минералну равнотежу тела и пореметити правилан раст костију. Лоше држање и прекомерно седење, погрбљена рамена, ношење торбе на једном рамену или неправилно седење – могу довести до искривљености кичменог стуба и хроничног бола.



умерена физичка активност



здрава храна и хидратација



одмор

Профилактичне мере за здрав мишићно-скелетни систем

Активност

1. Архитект сопственог тела

Истражите како ваши свакодневни покрети обликују „конструкцију“ вашег скелета и мишића. Направите списак навика и поделите их у две колоне – здраве (усправно држање, вежбање) и ризичне (тешки ранчеви, неправилно седење, превише времена испред екрана). Анализирајте последице сваке од њих и објасните шта се дешава на дужи рок. Како ношење ранца на једном рамену искривљује кичмени стуб? Зашто неактивност чини кости кртим? Предложите три специфичне превентивне мере за сваку навику (на пример: „правило од 90 степени“ при седењу) које ће помоћи вашем локомоторном систему да остане јак.

2. Дигитални мерач вашег кретања

Прикупите податке о свом дневном кретању (кораци и минути активности). Користите мобилни уређај или попуните кратку анкету о вашој активности у последња 24 сата. Унесите бројеве у апликацију са вештачком интелигенцијом (нпр. Google табеле са AI додатком или ChatGPT Advanced Data Analysis, Google Gemini, итд.). Замолите алат да израчуна просек и нацрта графикон ваше активности. Израчунајте исте податке ручно или у једноставном програму за табеларне прорачуне (Excel). Проверите да ли се резултати поклапају. Која метода је била бржа? Да ли вам је графикон вештачке интелигенције помогао да боље разумете колико је мишића било ангажовано?

Дискутујте на часу да ли су паметни уређаји и вештачка интелигенција добра мотивација за више кретања и како нам ови подаци помажу да заштитимо наш локомоторни систем од „рђања“.

Питања за проверу знања

1. Како редовна физичка активност утиче на развој и јачање костију и мишића код младих људи?
2. Зашто се лоше држање и дуготрајно седење сматрају нездравим навикама?
3. Како дуготрајна неупотреба мишића може довести до атрофије мишића?
4. Како избегавање ризичних понашања може допринети превенцији повреда локомоторног система?

Занимљива биологија

- Последњих деценија дошло је до смањења старосног распона људи чије кости постају порозније. Порозност настаје зато што се количина воде у костима смањује, а количина минерала повећава. Стога кости постају лакше и лако се ломе. Ова болест је позната као остеопороза.
- Глобално, сколиоза (искривљеност кичме $\geq 10^\circ$) јавља се код приближно 1,65 % деце и адолесцената до 18 година, са највећом инциденцом између 12–14 година.

2.18 Размножавање код људи – Мушки репродуктивни систем

Подсети се!

- Шта је ДНК, а шта су хромозоми?
- Како се наслеђују особине код живих организама?
- Шта настаје митозом, а шта мејозом?

Једна од најзанимљивијих карактеристика живих организама је способност размножавања (репродукције). Размножавање производи потомство слично родитељима и омогућава одржавање континуитета живота на Земљи. Код људи, сексуално размножавање ствара нови организам са јединственом генетском комбинацијом, што омогућава варијабилност, адаптацију и еволутивни напредак људске врсте. Размножавање код људи је полно са унутрашњом оплодњом.

Специјализоване ћелије које учествују у сексуалном размножавању називају се полне ћелије или гамети – *јајне ћелије* код женки и *сперматозоиди* код мушкараца. Процес стварања и сазревања гамета познат је као **гаметогенеза**. Током овог процеса долази до посебне врсте ћелијске деобе која се назива мејоза или редукциона деоба. Као резултат мејозе, из једне ћелије са диплоидним језгром ($2n$) добијају се четири хаплоидне ћелије (n), које су генетски различите и свака има 23 хромозома. То значи да људски гамети садрже половину броја хромозома у свом језгру у поређењу са било којом другом ћелијом у телу.

Биолошки значај мејозе није само у смањењу броја хромозома, већ и у стварању генетске разноликости. Током мејозе, ћелије које се стварају имају различити наследни материјал, због чега деца од истих родитеља нису потпуно идентична.

Репродуктивни системи мушких и женских јединки су морфолошки и функционално различити. Међутим, органи оба пола могу се поделити у две групе са истим функцијама: примарни (главни) и додатни (секундарни).

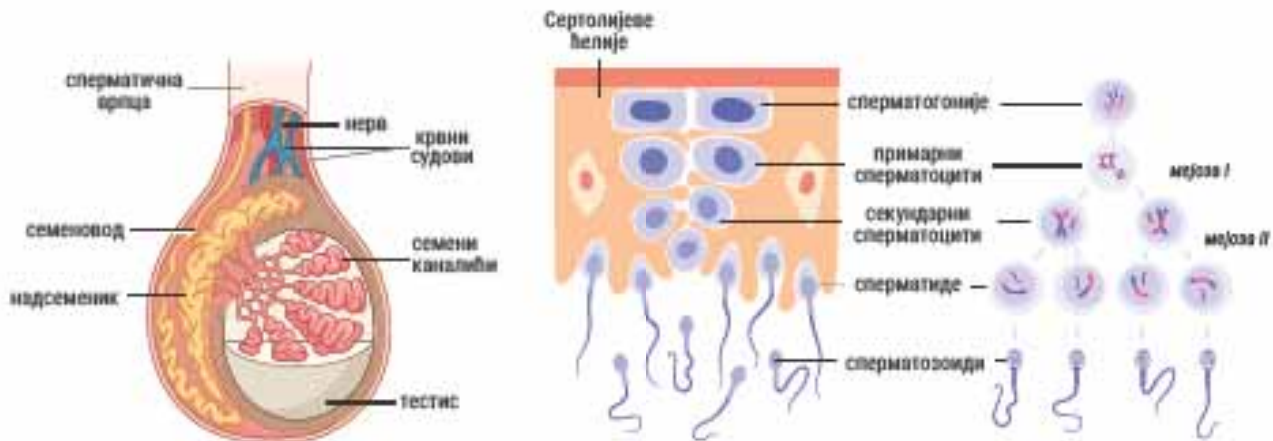
Примарни органи су полне жлезде (гонаде). Оне производе полне ћелије и полне хормоне. Мушке гонаде се називају тестиси, а женске гонаде се називају јајници. Додатни органи укључују низ канала кроз које се транспортују полне ћелије.

МУШКИ РЕПРОДУКТИВНИ СИСТЕМ

Мушке полне жлезде – **тестиси** налазе се у скротуму (тестикуларној кесици). То су органи јајета дужине око 4–5 cm. Из сваког тестиса излази *сперматична врпца*, кроз коју пролазе крвни судови, нерви и каналић за транспорт сперматозоида. Током ембрионалног развоја, тестиси се формирају у близини бубрега, а један до два месеца пре рођења спуштају се кроз ингвинални канал у скротум. Нормално спуштање оба тестиса је веома важно, јер се сперматогенеза одвија на температури неколико степени нижијој од телесне температуре коју обезбеђује скротум.

Углавном, тестиси су састављени од танких, спиралних, семиниферних тубула (семених каналића којима се сперматозоиди производе из ћелија герминативног епитела. Између тубула налазе се Лајдигове (интерстицијалне) ћелије које производе мушки полни хормон *тестостерон*.

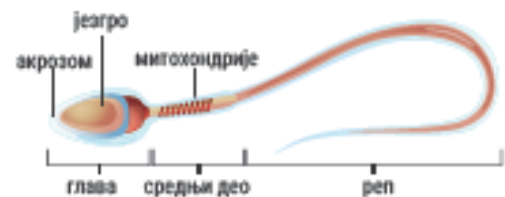
Производња сперматозоида (**сперматогенеза**) почиње у пубертету и наставља се током целог живота, све док се производи довољно тестостерона. Процес сперматогенезе одвија се у неколико фаза у којима ћелије мењају свој облик и изглед. Током развоја у семиниферним тубулама, сперматозоиде штите и помажу Сертолијеве ћелије.



Грађа тестиса и сперматогенеза у семеним каналићима

Сперматозоиди су веома мале и покретне мушке полне ћелије које се стално производе у тестисима. Имају елиптичну главу која садржи језгро са 23 хромозома и акрозом са ензимима који им омогућавају да продру у јајну ћелију. Средњи део (врат) има митохондрије и обезбеђује енергију, а реп му омогућава активно кретање ка јајној ћелији.

Тестостерон је мушки полни хормон који се производи у Лајдиговим ћелијама у тестисима и лучи се директно у крвоток. Његово лучење почиње током ембрионалног развоја (3–4 месеца трудноће) када учествује у развоју пениса и скротума. Овај хормон има две главне улоге: одржавање мушких полних органа и сперматогенезе и развој секундарних мушких полних карактеристика (дубљи глас, шира рамена, већа мишићна маса и повећана длакавост).



Сперматозоид

ПОМОЋНИ МУШКИ РЕПРОДУКТИВНИ ОРГАНИ

Помоћни репродуктивни органи код мушкараца формирају систем канала који транспортују сперматозоиде. Они почињу у семеним каналићима и настављају се у надсеменику (епидидимис) – снажно увијену цев, дугачку око 6 m, која се налази у скротуму где сперматозоиди сазревају и постају покретни. Надсеменик се наставља у семеновод, који пролази кроз ингвинални канал и спаја се са каналом семених мехурића иза бешике, формирајући ејакулаторни канал. Два ејакулаторна канала (на левој и десној страни) пролазе кроз простату и изливају се у уретру.

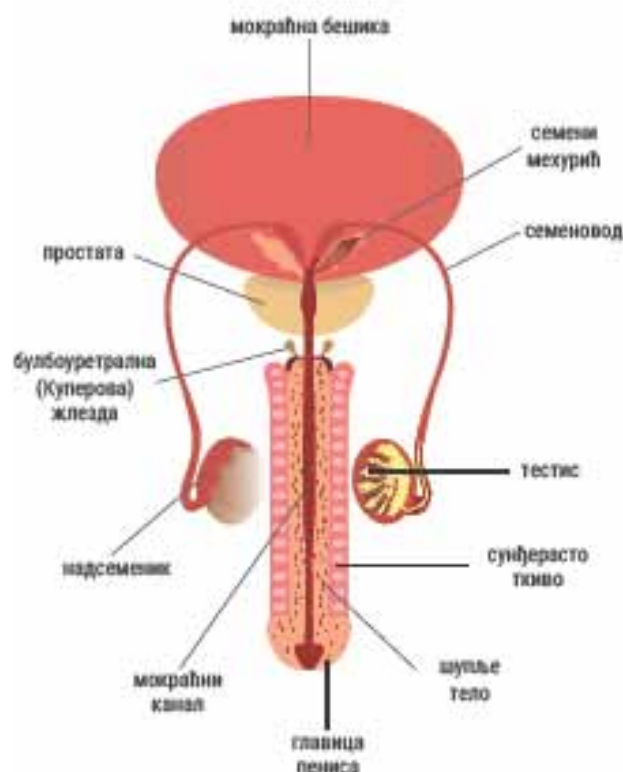
Семени мехурићи су увијене жлезде које се налазе иза бешике и луче густ, алкални секрет богат глюкозом, који обезбеђује енергију за сперматозоиде и чини велики део запремине сперме. Простата се налази испод бешике и окружује почетни део мокраћног канала. Она лучи алкални секрет који неутралише киселу средину у вагини, повећава покретљивост сперматозоида и садржи простагландине који олакшавају њихово кретање ка јајној ћелији. Булбоуретралне (Куперове) жлезде су парне, мале жлезде испод простате које луче мукозни секрет како би подмазале мокраћни канал и врх пениса пре ејакулације.

Сперматозоиди произведени у семиниферним тубулама сазревају у надсеменику, одакле улазе у мокраћни канал преко семеновода. Успут се мешају са секретима из семених мехурића, простате и булбоуретралних жлезда које производе семену течност.

Сперма је мешавина сперматозоида и разних секрета из посебних жлезда (семена течност). Секрети служе за исхрану и олакшавање транспорта сперматозоида, неутрализацију киселости у вагини и подмазивање репродуктивног система током сексуалног односа. Један ејакулат садржи око 2–5 mL семене течности са стотинама милиона сперматозоида.

Ејакулација је избацивање сперматозоида кроз мокраћни канал напоље. Контролишу је рефлексни центри у кичменој моздини који изазивају контракције глатких мишића у простати и скелетних мишића у карличном појасу. Ове контракције омогућавају избацивање сперме. Истовремено, сфинктер бешике се затвара, спречавајући мешање урина са спермом.

Пенис и скротум су спољашњи мушки генитални органи. **Пенис** је орган чија је улога да избаци урин и сперму из тела. Пренос сперме у женску вагину омогућен је ерекцијом која настаје због повећаног протока крви у сунђерастом ткиву пениса. Пенис се састоји од три сунђераста тела. Мокраћни канал се налази у сунђерастом ткиву, а на његовим странама налазе се два шупља тела која играју главну улогу у ерекцији. На врху, сунђерасто тело се шири и формира главицу пениса, која је прекривена кожом која се назива *препуцијум*.



Шематски приказ мушког репродуктивног система

КОНТРОЛА ОРГАНА МУШКОГ РЕПРОДУКТИВНОГ СИСТЕМА

Функција тестиса је под контролом хормона које лучи предњи режањ хипофизе – фоликулостимулирајући хормон (FSH) или *гонадостимулин А* и лутеинизирајући хормон (LH) или *гонадостимулин Б*. FSH стимулише Сертолијеве ћелије и производњу сперматозоида, што захтева присуство тестостерона. LH стимулише Лајдигове ћелије да синтетишу и луче тестостерон. Од пубертета, хипоталамус, преко гонадотропин-рилизинг хормона (GnRH), стимулише лучење FSH и LH из хипофизе. Њихова активност

је регулисана негативном повратном спрегом у зависности од нивоа тестостерона у крви. Током пубертета, лучење тестостерона значајно се повећава, а старењем, производња тестостерона, сперматозоида и семене течности постепено се смањује. Израженије промене се јављају након 40. године, мада се код малог броја мушкараца сперматогенеза може одржати и у каснијем добу, чак и до 80. године.

Активност

Грађа мушког репродуктивног система

Поделите се у мање групе да бисте идентификовали примарне и помоћне органе мушког репродуктивног система на датом шематском дијаграму. Прецизно означите тестисе, семеновод, простату и пенис, наводећи специфичну функцију сваког од њих. Објасните улогу помоћних жлезда у процесу размножавања и одржавања виталности сперматозоида. Представите како ови делови функционишу као повезана целина и како је овај систем прилагођен својој примарној сврси.

Питања за проверу знања

1. Који су главни мушки полни органи и која је њихова основна функција?
2. Наведите два помоћна мушка полна органа и објасните њихову улогу у репродукцији.
3. Коју улогу игра тестостерон у развоју и функционисању мушког репродуктивног система?

Занимљива биологија

- Када не би постојала мејоза, полне ћелије би садржале исти број хромозома као и остале телесне ћелије. То би значило да би језгра људских полних ћелија садржала 46 хромозома. Спајањем полних ћелија током оплодње, број хромозома би се удвостручио, а са сваком наредном оплодњом број би се удвостручио. Након одређеног броја генерација, у соматским (телесним) ћелијама би се нашао невероватно велики број хромозома (на пример, од 46 хромозома, после 10 генерација би било 23 552 хромозома).

2.19 Женски репродуктивни систем и менструални циклус

Подсети се!

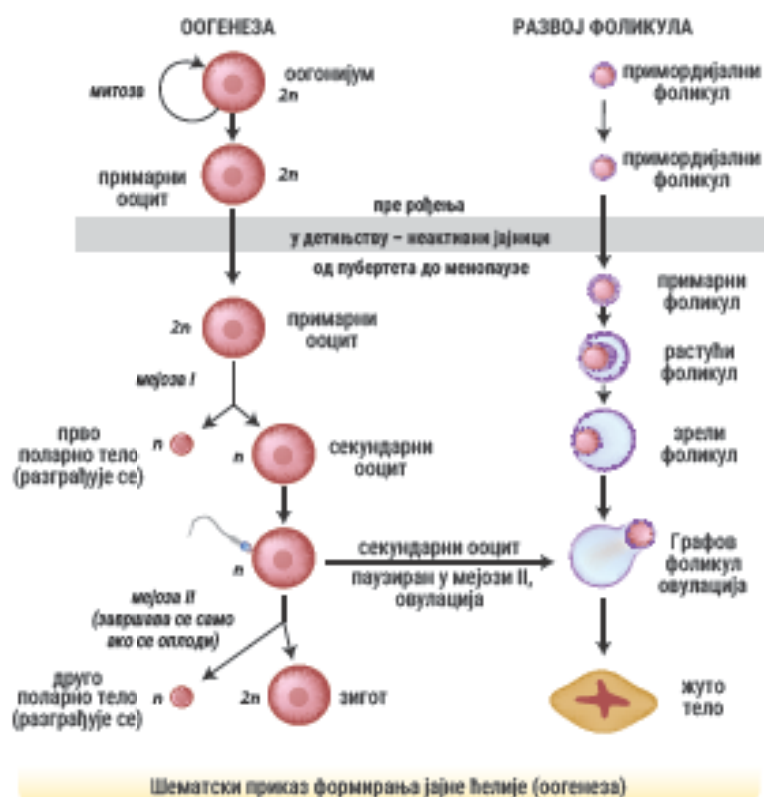
- Који су женски репродуктивни органи код биљака?
- Како се одвија оплодња код биљака?
- Шта је менструални циклус?

Главна функција женског репродуктивног система је да припреми тело за оплодњу и трудноћу. Примарни органи женског репродуктивног система су јајници, а додатни органи су јајоводи, материца и вагина, који су унутрашњи женски репродуктивни органи. Спољашње структуре женског репродуктивног система заједнички се називају вулва.

Женске јединке имају два јајника где се производе женске полне ћелије – јајне ћелије и женски полни хормони – прогестерон и естроген. **Јајници** су мала, спљоштена елиптична тела дужине око 4 cm, ширине 2 cm и дебљине 1 cm. Као и тестиси, јајници се спуштају током развоја, али само до карличног дела трбушне дупље. Тамо их држе лигаменти који их причвршћују за материцу и зид тела.

Процес производње и сазревања јајних ћелија назива се **оогенеза**. Код новорођене девојке, у јајницима се налази око 850 000 примарних ћелија које производе јајне ћелије. Током репродуктивног периода, обично се сваког месеца ослобађа само једна јајна ћелија.

Оогенеза почиње пре рођења формирањем примарних ооцита. У сваком менструалном циклусу, један примарни ооцит сазрева у Графов фоликул. Ово је фоликуларна фаза јајника у којој мејоза I производи секундарни ооцит и поларно тело које се распада. Секундарни ооцит започиње мејозу II, али се зауставља до оплодње. Графов фоликул затим пуца и секундарни ооцит се ослобађа из јајника – процес који се назива **овулација**. Током овулације, секундарни ооцит се ослобађа из јајника. Ако није оплођен, ооцит се распада. Ако је оплођен, ооцит завршава мејозу II и производи се зрела јајна ћелија и друго поларно тело.



Након овулације почиње друга фаза оваријалног циклуса, названа **лутеална фаза** или **фаза жутог тела**. Од остатака Графовог фоликула, прво се формира **хеморагично тело**, а затим **жуто тело**, које лучи прогестерон и естрогене hormone. Ако се јајна ћелија не оплоди, жуто тело се распада и претвара у везивно ткиво које се назива **бело тело**. Ако дође до оплодње и трудноће, жуто тело наставља да функционише и лучи прогестерон до четвртог месеца, а затим га преузима плацента, која подржава трудноћу лучењем хормона прогестерона и естрогена.

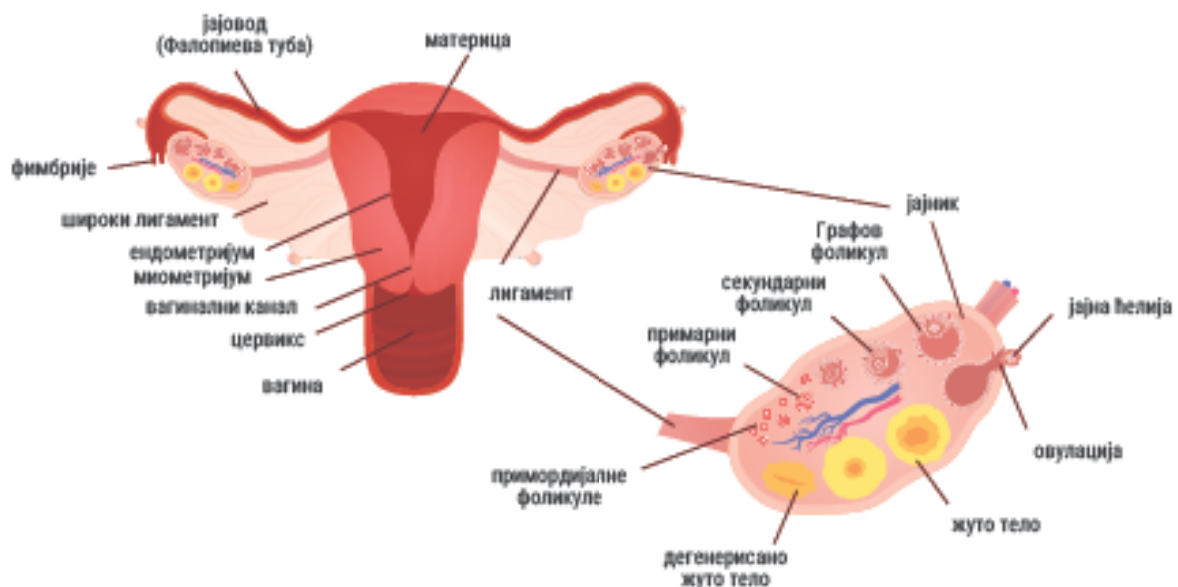
Поред егзокрине функције, јајници имају и ендокрину функцију. Они луче две врсте полних хормона: естрогене и прогестерон.

- Од естрогених хормона, најважнији је **естрадиол**, који стимулише развој секундарних полних карактеристика и раст и развој женских полних органа. Естрогени такође стимулишу развој млечних жлезда.
- Најважнија функција прогестерона је да стимулише секреторне промене у ендометријуму материце и припреми га за прихватање оплођене јајне ћелије.

Помоћни женски репродуктивни органи почињу јајоводима. **Јајоводи** су цеви кроз које се јајне ћелије транспортују из јајника у материцу. Називају се још и **Фалопијеве тубе**, а дугачки су око 12,5 cm. Јајоводи нису директно повезани са јајницима, већ јајна ћелија улази у тубу уз помоћ **фимбрија** – малих ресастих формација на ивицама јајовода, као и уз помоћ течности у карличној дупљи. Јајна ћелија се не може самостално кретати, па њено кретање ка материци зависи од цилија унутрашњег слоја и таласастих контракција мишићног зида јајовода. Путовање траје око 5 дана.

Материца је мишићни орган у облику крушке, дужине око 7,5 cm, ширине 5 cm и дубине 2,5 cm, у коме се развија фетус. У горњем делу се спаја са јајоводима, а у доњем делу се наставља у вагину. Шири и горњи део назива се **тело материце**, а доњи и ужи део – **грлић материце**. Унутрашња шупљина материце је обложена ендометријумом, који се мења током менструације. Материца је причвршћена широким лигаментима са обе стране за бочне зидове карлице и може се ширити током трудноће.

Вагина је мишићни канал дужине око 7,5 cm који повезује материцу са спољашњошћу. Грлић материце улази у горњи део, док унутрашња слузокожа омогућава значајно ширење, на при-



Женски репродуктивни систем и развој јајне ћелије

мер током порођаја. Вагина прима пенис током сексуалног односа. У близини вагиналног отвора налази се мембрана која се назива **химен**, која се кида током првог сексуалног односа. Са обе стране налазе се жлезде које луче секрет за подмазивање вагиналног канала.

Спољашњи делови женског репродуктивног система стварају такозвану **вулву**, која обухвата два пара **вагиналних усана** (лабије), **клиторис** и друге структуре. Подручје између спољашњих гениталија и ануса код жена и мушкараца назива се **перинеум**.



Надворешни органи на женском репродуктивном систему

МЕНСТРУАЛНИ ЦИКЛУС

Код жена, као и код мушкараца, репродуктивну функцију контролишу хормони хипофизе, чију активност, заузврат, контролише хипоталамус. Код жена, за разлику од мушкараца, долази до цикличних промена нивоа хормона које се понављају у сваком менструалном циклусу. Просечан менструални циклус траје око 28 дана (може варирати од 21 до 35 дана). Током циклуса, ендометријум материце пролази кроз три фазе: пролиферативну, секреторну и менструалну.

1. Пролиферативна (естрогена) фаза (од око 5. до 14. дана циклуса)

У овој фази, под утицајем FSH, фоликули у јајницима сазревају и луче естрогене. Ендометријум се згушњава и расте како би припремио материцу за могућу трудноћу. Након овулације, згушњавање престаје.

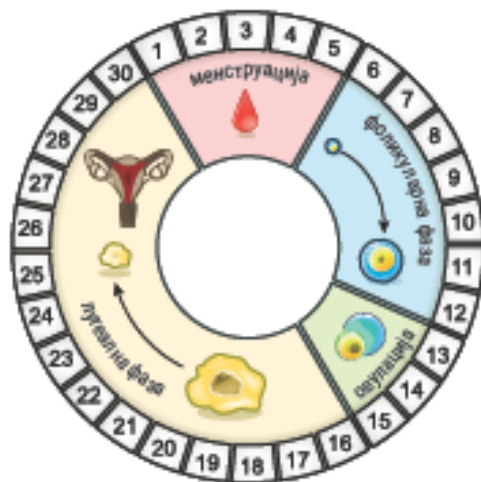
2. Секреторна (прогестациона) фаза (од око 15. до 28. дана циклуса)

Ова фаза почиње након овулације. У јајницима, жуто тело лучи велике количине прогестерона и мање количине естрогенских хормона. Ови хормони, посебно прогестерон, узрокују да ендометријум настави да расте, стварајући услове за имплантацију евентуално оплођене јајне ћелије и обезбеђујући почетну исхрану за развој ембриона.

3. Менструација (ако јајна ћелија није оплођена)

Током ове фазе, ниво хормона пада, ендометријум се разграђује и избацује из тела заједно са крвљу. Током нормалне менструације губи се око 35 mL крви, помешане са још 35 mL течности. Менструална крв обично није згрушана (коагулирана) већ је увек течна. Након 3 до 7 дана од почетка менструације (у просеку након око 4 дана), крварење престаје, јер је током овог времена ендометријум материце обновљен новим епителом.

Различите особе различито доживљавају менструацију, упркос чињеници да је то потпуно природан физиолошки процес. Уобичајено је да прву менструацију прати осећај слабости, бола и повећаног губитка крви. Треба знати да менструација није болест (патолошко стање), већ потпуно нормална физиолошка појава након достизања полне зрелости. Зато, током менструације, треба живети нормално. Међутим, треба избегавати дуготрајно ходање, скакање, подизање тешких предмета, избегавати могућност прехладе у том периоду итд. Током менструације, посебну пажњу треба посветити хигијени.



Шематски приказ менструалног циклуса

КОНТРОЛА ОРГАНА ЖЕНСКОГ РЕПРОДУКТИВНОГ СИСТЕМА

Ендокрина активност јајника, као и тестиса, регулисана је негативном повратном спрегом кроз хипоталамус-хипофизни систем. Хипоталамус производи гонадотропин-ослобађајући хормон (GnRH), који стимулише хипофизу да лучи FSH и LH. Ови хормони (такође названи гонадостимулини) стимулишу јајнике да стимулишу раст и развој Графовог фоликула и сазревање ооцита. Сазревање фоликула стимулише лучење естрогена, који припремају ендометријум за могућу трудноћу. У средини циклуса, високи нивои FSH, LH и естрогена стимулишу овулацију. Остаци фоликула формирају жуто тело које лучи прогестерон. На његово сазревање и активност значајно утиче висока концентрација LH у крви. Ако не дође до оплодње, жуто тело дегенерише и претвара се у жуто тело, а нивои хормона се смањују, што покреће менструацију.

Пубертет је период почетка полне зрелости и сексуалног живота, а менарха је прва менструација. Пубертет настаје као резултат повећаног лучења гонадотропних хормона из предњег режња хипофизе. Ово повећање је постепено: почиње око 8. године, а достиже максимум између 11. и 13. године, када се јавља прва менструација.

Менопауза или климактеријум односи се на период у животу жене када менструални циклус (менструација) престаје. То се обично дешава између 45. и 55. године. Разлог за почетак менопаузе је смањење или престанак функције јајника. Током овог периода, јављају се и атрофичне промене на нивоу материце, јајовода, вагине и вулве.

Иако се менопауза сматра нормалним стањем, смањење или одсуство полних хормона често изазива значајне психолошке и физиолошке промене. Неке од њих су: повећана раздражљивост, нервоза, валови врућине („топлота и црвенило“), краткотрајна вртоглавица, психолошки осећај недостатка даха, умор итд.

Активност

Навигација живота

Поделите се у групе од 3-4 ученика. Користећи вештачку интелигенцију, реконструишите пут којим сперматозоид и јајна ћелија путују до оплодње. Истражите зашто се производи велики број сперматозоида и шта то значи за успешну оплодњу. Упоредите одговоре вештачке интелигенције са подацима у уџбенику.

Питања за проверу знања

1. Који су главни полни органи код жена и која је њихова главна функција?
2. Наведите два помоћна полни органа код жена и објасните њихову улогу.
3. Како естроген и прогестерон учествују у менструалном циклусу?
4. Која је разлика у мејози код гамета жена у поређењу са мушкарцима?
5. Како и где се јајна ћелија креће након овулације?

Занимљива биологија

- Јајници луче естроген и прогестерон, који не само да припремају материцу за трудноћу, већ утичу и на телесну температуру. Током овулације, телесна температура жене расте за око 0,3–0,5 °C, што је знак да прогестерон већ делује.

2.20 Оплодња, трудноћа и ембрионални развој

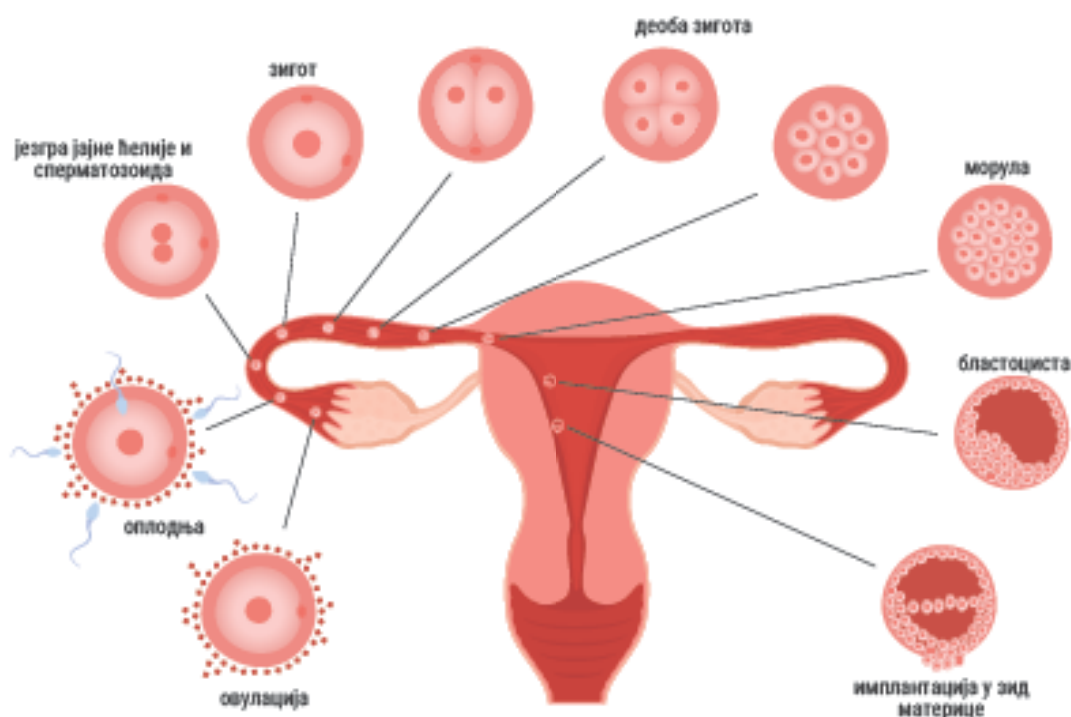
Подсети се!

- Колико хромозома има у јајним ћелијама и сперматозоидима? Зашто је ово важно?
- Шта је трудноћа и колико дуго траје код људи?
- Покретљивост сперматозоида и јајних ћелија је различита. Који је разлог за то?

ОПЛОДЊА

Током сексуалног односа, током ејакулације, велики број сперматозоида се ослобађа у вагину жене. Сперматозоиди могу преживети у женском репродуктивном тракту 3 до 5 дана, али јајна ћелија је способна за оплодњу само у кратком периоду од око једног дана. Након што сперматозоиди уђу у женско тело, започињу путовање кроз грлић материце, материцу и јајоводе. Током овог путовања губе део своје љуске и постају способни за оплодњу. Када стигну до јајне ћелије, сперматозоиди прво морају да продру кроз њену заштитну љуску. Само један сперматозоид успева то да уради.

Када сперматозоид продре у јајну ћелију, он се активира да заврши другу мејотичку деобу и постане секундарна ооцит спреман за спајање са генетским материјалом сперматозоида.



Шематски приказ овулације, оплодње и имплантације

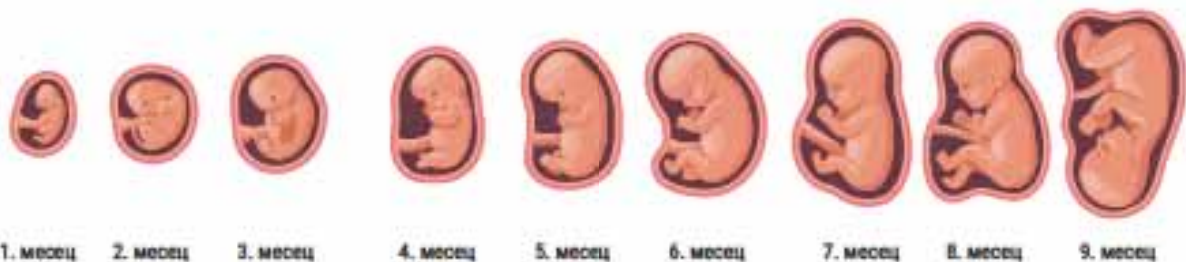
Након што се генетски материјал из две ћелије споји, ствара се **зигот** – ћелија са диплоидним генетским материјалом (46 хромозома). Зигот је прва ћелија новог организма која почиње да се дели и постепено се креће дуж јајовода ка материци. Крећући се кроз јајовод, зигот стално повећава број ћелија. Након само 3-4 митотске деобе, ствара се компактан сферни облик назван **морула**. Затим се унутра формира шупљина и ствара се **бластоциста** (након око 5–7 дана од оплодње). Бластоциста се имплантира у слузокожу материце, чиме почиње **трудноћа**. У наредном периоду почиње формирање основних слојева тела и зачетак органа, што означава почетак ембрионалног развоја.

ИНТРАУТЕРИНИ (ЕМБРИОНАЛНИ) РАЗВОЈ

Интраутерини развој код људи је сложен процес који траје око 40 недеља (280 дана) и подељен је у две фазе: ембрионални и фетални период. За правилан развој, плацента игра кључну улогу, формирајући се заједно са ембрионом и повезујући га са мајчином крвљу преко пупчане врпце. На тај начин фетус прима хранљиве материје и ослобађа се отпадних производа.

У ембрионалном периоду, сви главни органи и системи почињу да се формирају (*органогенеза*). До краја осме недеље, ембрион има примитивно срце, бубреге, јетру, удове и неуронску цев која је почетак мозга и кичмене мождине. У овој фази, развој је брз и драматичан, али је ембрион још увек мали (око 3 cm).

Од девете недеље почиње фетални период, а ембрион се назива **фетус**. Органи су већ формиран и настављају да сазревају. Фетус се налази у воденој овојници (амнионској течности) која га штити и омогућава слободно кретање. Током овог периода, развијају се мишићи, мозак и срце, појављују се покрети и рефлексии, а тело почиње да складишти масно ткиво. До краја трудноће, фетус је потпуно формирано људско биће, спремно за живот ван материце.



1. месец 2. месец 3. месец 4. месец 5. месец 6. месец 7. месец 8. месец 9. месец

ПРВИ ТРИМЕСТАР

ДРУГИ ТРИМЕСТАР

ТРЕЋИ ТРИМЕСТАР

Развој и положај фетуса у мајчиној утроби

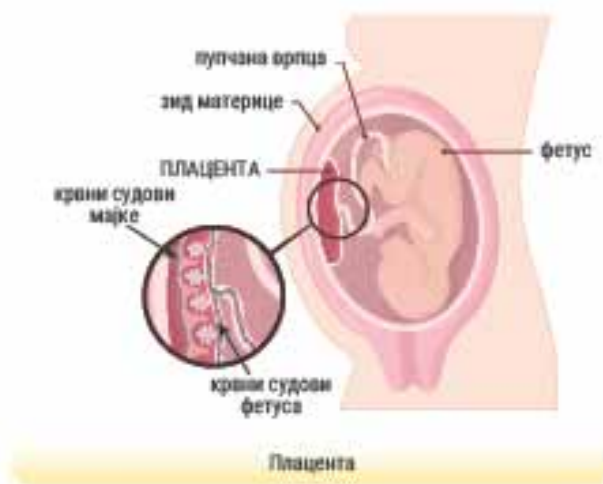
Плацента је привремени, али изузетно важан орган који се развија одмах након имплантације јајне ћелије у материцу. Она је веза између мајчиног тела и фетуса, омогућавајући размену хранљивих материја, кисеоника и отпадних производа. У њој се развија густо разгранати систем крвних судова, при чему се фетална крв и мајчина крв никада директно не мешају, а размена супстанци се врши кроз танку мембрану.

Плацента такође има ендокрину улогу. Она производи хормоне неопходне за одржавање трудноће, развој млечних жлезда и спречавање нове овулације. Поред тога, плацента делује као заштитна баријера, иако неке штетне супстанце (као што су алкохол, никотин, одређени лекови) могу да је пређу и утичу на фетус.

Током порођаја, плацента се такође избацује из мајчиног тела јер њена функција више није потребна. Зато се плацента назива привременим органом.

Пре порођаја, лучење прогестерона нагло опада. Истовремено, повећава се лучење окситоцина из задњег режња хипофизе, који делује на зид материце, изазивајући порођајне контракције. Током једне такве контракције долази до порођаја.

Нормална трудноћа је природна и физиолошка појава, тако да мајка може да живи готово по свом уобичајеном начину живота. Међутим, треба избегавати подизање тешких предмета, скакање и прекомерни физички или ментални стрес. Током трудноће, мајчино тело пролази кроз одређене промене, па срце ради интензивније, плућа обезбеђују више кисеоника, бубрези су активнији, а потреба за храном се повећава. За правилан развој фетуса, мајка треба да избегава алкохол и пушење, да има умерену физичку активност и да шета на свежем ваздуху.



ЛАКТАЦИЈА

До пубертета, млечне жлезде су слабо развијене. Током пубертета, хормони стимулишу млечне канале да се продужавају и гранају, а ткиво се обогаћује крвљу и масноћом, што доводи до увећања груди и потамњења подручја око брадавица. Током трудноће, млечни канали се још више развијају, производећи ћелије које производе млеко (лактоците).

Након порођаја, млеко које се производи се преноси кроз млечне канале који се спајају код брадавице. Период лучења млека из млечних жлезда назива се период лактације. Лучење и проток млека олакшава окситоцин, који изазива контракције млечних канала, а његово лучење се повећава када се брадавице стимулишу током дојења.

ПОСТЕМБРИОНАЛНИ РАЗВОЈ

Рођењем беба почиње самосталан живот, а период раста и развоја након рођења назива се **постембрионални развој**. Иако одвојена од мајке, беба је у првим месецима потпуно зависна од њене бриге. Овај период је посебно важан за правилан раст и развој и захтева одговарајућу негу, хигијену и исхрану, што смањује ризик од болести. У првим месецима беба се храни мајчиним млеком, које обезбеђује све потребне хранљиве материје.

Први зуби се обично појављују око петог до шестог месеца, а након осмог месеца дете показује покушаје да стоји и хода. Око годину дана живота већина деце прави прве кораке. У првој години дете прима вакцине ради заштите од заразних болести. Од прве до четврте године дете постаје сигурније у кретању, развија говор и интересовање за игру. Током овог и наредних периода важно је да дете учи личној хигијени, реду и здравим навикама.

Полазак у школу омогућава детету да развије већ стечене навике, али и да стекне нова знања, вештине и способности важне за његов даљи раст и развој. Дете треба да буде спремно да дочека пубертет, односно да зна шта овај период представља, зашто настаје и какве промене доноси. Током пубертета јављају се прве симпатије и емоционалне везе, што је нормалан део развоја. Због осетљивости овог периода, младима је потребно разумевање, подршка и позитивно окружење за правилан психолошки развој.

Након завршетка адолесценције, обично пред крај тинејџерских година, долази до већег усклађивања физичке и психолошке зрелости. Одрасли постају самосталнији и способнији да преузму одговорности, укључујући и оснивање породице. За здраву трудноћу и правилан развој потомства, важно је да будући родитељи буду физички и психички зрели, као и да имају одговарајуће услове за живот.

Зрелост за брак подразумева и одговоран однос према планирању породице, односно слободан и свестан избор броја деце. Планирање породице има важан утицај на здравље, развој и благостање породице. Породица је друштвена заједница заснована на браку, у којој владају једнакост, међусобно поштовање и брига о деци. Њена улога је стварање и одгајање потомства, задовољавање биолошких и емоционалних потреба, образовање и обезбеђивање услова за живот. Ментално здравље и хармонија у породици су од великог значаја за правилан развој детета. Родитељи својим понашањем дају пример деци, а позитивно породично окружење доприноси здравом социјалном и емоционалном сазревању.

Активност

Природна оплодња наспрам вантелесне оплодње

У малим тимовима истражите два пута до почетка новог живота – обратите пажњу на разлике између онога што природа чини и онога што савремена медицина омогућава кроз метод вантелесне оплодње (IVF). Фокусирајте се на то где се ћелије сусрећу, ко контролише услове за раст ембриона и где он расте.

Разговарајте о томе када је медицинска интервенција неопходна да би се помогло паровима да постану родитељи.

Питања за проверу знања

1. Како се оплодња дешава код људи и где се овај процес најчешће одвија?
2. Како прогестерон учествује у одржавању трудноће?
3. Шта је плацента, како се формира, која је њена функција и како се губи?
4. Који хормон стимулише процес порођаја?

Занимљива биологија

- Најчешће, оплодња подразумева спајање једне јајне ћелије и једног сперматозоида, али понекад могу настати близанци или више беба. Идентични (једнојајчани) близанци настају када се један зигот касније подели на два или више ембриона (што је изузетно ретко), тако да имају исте гене и исти пол. Неидентични (двојајчани) близанци настају када се две јајне ћелије ослободе у истом циклусу, сваку оплоди другачији сперматозоид; могу бити различитог пола и нису генетски идентичне. Када се три или више јајних ћелија оплоде, или када се зигот подели више пута, могу настати тројке или вишеструке трудноће.

2.21 Одржавање здравља репродуктивног система

Подсети се!

- Шта су полно преносиве болести?
- Како долази до трудноће? Којим данима менструалног циклуса може доћи до трудноће?
- Шта је контрацепција? Да ли знате неке контрацептивне мере?

Гениталије и органи за излучивање су међусобно повезани. Урин произведен у бубрезима избацује се из тела кроз мокраћни канал. Код мушкараца овај канал пролази кроз пенис, а кроз њега се избацује и сперма. Код жена је мокраћни канал одвојен и различит од вагине, али су отвори ова два канала близу један другом. Стога су отвори гениталних канала веома често места за разне могуће инфекције.

Да би се спречила појава гениталних инфекција, посебну пажњу треба посветити одржавању хигијене током менструалног циклуса код жена. Поред редовне хигијене, треба водити рачуна о коришћењу сопствених предмета за личну хигијену и сопствене одеће.

Репродуктивно здравље је важан део општег здравља сваке особе. Многи млади људи нису свесни да се трудноћа и сексуалне инфекције могу јавити чак и при једном незаштићеном сексуалном контакту. Недовољно знање о овулацији, менструалном циклусу и плодности често доводи до непланираних трудноћа које могу имати психолошке, здравствене и социјалне последице. Правилна употреба контрацептивних метода као што су кондоми, хормонске пилуле или други облици заштите помаже младима да доносе одговорне одлуке и планирају свој живот. Планирање породице није само избор када имати децу, већ и припрема за одговорно родитељство и стабилно окружење за раст новог живота.

ПОРЕМЕЋАЈИ У МЕНСТРУАЛНОМ ЦИКЛУСУ

Постоје различити разлози који могу довести до поремећаја нормалног менструалног циклуса. Најчешћи разлози су: поремећај у лучењу полних хормона, урођене абнормалности гениталија, разни медицински третмани, психолошки фактори, промене климе и надморске висине, али и многи други.

Одсуство менструалног циклуса познато је као аменореја. Ова појава може бити последица недовољног лучења полних хормона или урођене (конгениталне) абнормалности репродуктивних органа. Чести стрес и други психолошки фактори такође могу бити узрок аменореје. Аменореја, као нормална физиолошка појава, јавља се током менопаузе и током трудноће.

Још један поремећај у менструалном циклусу је појава дисменореје. Дисменореја се односи на болну или отежану менструацију. Чешће се јавља код младих жена, а узрок појаве може бити и недовољна зрелост материце.

Познати су случајеви или стања када неке жене доживљавају повећано (абнормално) крварење из материце, тј. прекомерно менструално крварење, пречесте менструације и крварење ван

менструације. Било које од поменутих стања може изазвати појаву озбиљне анемије, због чега је неопходно благовремено лечење и праћење стања. Крварење ван менструације такође може указивати на појаву промена на материци.

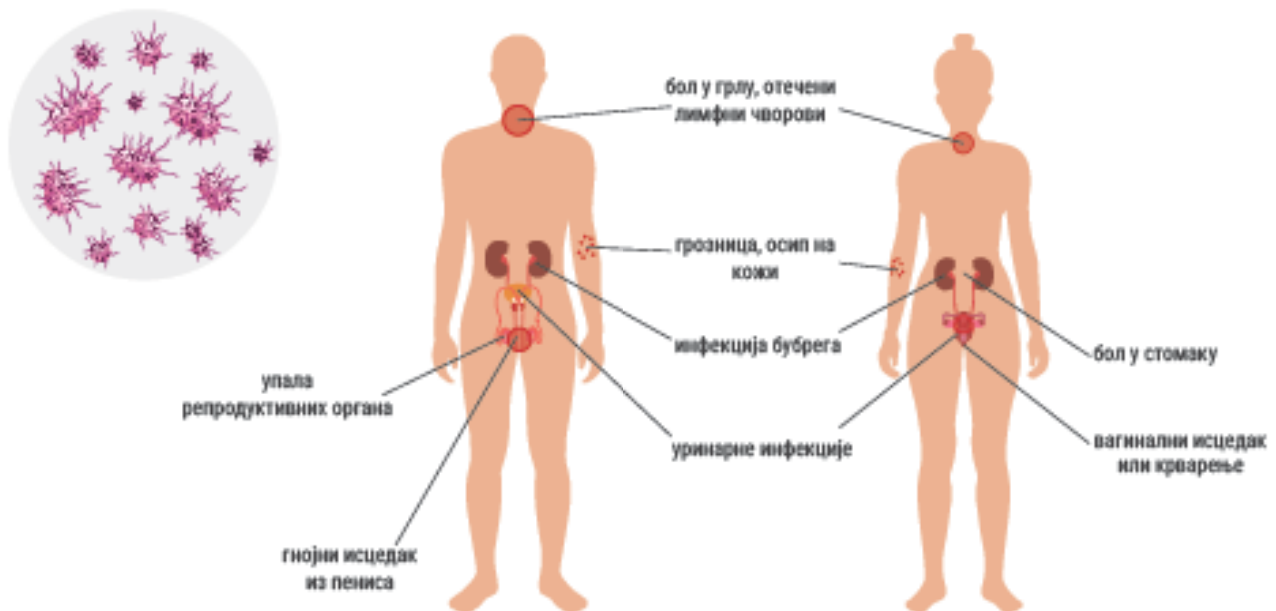
СЕКСУАЛНО ЗДРАВЉЕ

Здраво сексуално понашање подразумева свест, информисани избор и одговорност за себе и партнера. То укључује коришћење заштите, познавање сопственог тела, поштовање граница, комуникацију и избегавање ризичних ситуација.

Поред ризика од непланиране трудноће, незаштићени секс носи још једну озбиљну опасност, а то су **сексуално преносиве болести (СПБ)**. Многе од ових болести могу се пренети без видљивих симптома, што повећава важност редовних прегледа, тестирања и заштите.

Инфекције мушких и женских гениталних органа најчешће се јављају код људи који имају сексуални контакт са странцима и могу бити узроковане различитим врстама микроорганизама. Најчешће су хламидијске и гонококне инфекције. Ове полно преносиве болести код мушкараца се изражавају испуштањем гноја кроз мокраћног канала, што може бити праћено упалом и болом, посебно током мокрења. Још једна честа полно преносива болест је упорна, непријатна инфекција која се назива генитални херпес. Сифилис је полно преносива болест коју изазива бактерија из групе спирохета. Гонореја или трипер је полно преносива болест коју изазива бактерија.

СИДА или **синдром стечене имунодефицијенције** је озбиљна, тешка и смртоносна болест. Узрочник је вирус ХИВ-а. Преноси се сексуалним односом. Када вирус уђе у тело, напада посебну врсту белих крвних зрнаца и тиме напада имуни систем. Тако тело остаје беспомоћно и подложно бројним другим инфекцијама.



Гонореја је сексуално преносива болест коју изазива бактерија *Neisseria gonorrhoeae*

Пошто се ове болести преносе сексуалним контактом, болест код једног доводи до болести код другог партнера. Стога, лечење треба да буде истовремено за оба партнера. Ширење сиде и других полно преносивих болести подстакло је интересовање за производњу бољих кондома, укључујући и женске кондоме. Употреба кондома током сексуалног односа не само да штити од нежељене трудноће већ и смањује могућност инфекције.

КОНТРАЦЕПЦИЈА

Превремени сексуални однос ствара бројне проблеме за младе људе. Стога, заштиту од нежељене трудноће треба благовремено размотрити. Најбољи резултати заштите постижу се контрацепцијом. Присилни прекид трудноће - абортус, штетан је по ментално и физичко здравље жене. Поред тога, постоји могућност да након абортуса жена остане стерилна (неплодна).

Појам **контрацепције** подразумева употребу вештачких метода које ће спречити оплодњу јајне ћелије или њену имплантацију у ендометријум. Данас постоји неколико контрацептивних мера и метода. Употреба сваке од њих мора бити у консултацији са стручњацима.

Контрацептивне мере укључују *прекид сексуалног односа* пре ејакулације или одређивање плодних дана и *избегавање сексуалног контакта* током тих дана.

Контрацептивне мере са *механичком заштитом* (баријером) спречавају улазак сперматозоида у материцу. Таква средства су *кондоми* које користе мушкарци или *дијафрагма* коју користе жене.

Хемијска заштита је трећа врста заштите која се заснива на употреби средстава која убијају сперматозоиде. Таква средства су: лимунска киселина, млечна киселина, калијум перманганат итд. Ова група заштите обухвата препарате попут пена, крема, веросола и других који се убацују у вагину пре сексуалног односа. Интраутерини уреди (спирале) које се убацују у материцу жена и трају неколико година такође делују на сличан начин.

Хормонска контрацепција, или популарно назване пилуле за контролу рађања, спада у групу *биолошко-хормонске заштите*. Оне изазивају привремену неплодност код жена и промене у менструалном циклусу. Могу се наћи и у облику имплантата, фластера итд.



Различите методе контрацепције

Може се извршити и *вештачка стерилизација*, која узрокује трајни стерилитет, али је активан сексуални живот и даље присутан. Стерилизација код мушкараца се врши подвезивањем семеновода (вазектомија), а код жена подвезивањем или раздвајањем јајовода у близини јајника.

ЗДРАВЕ НАВИКЕ ЗА ОЧУВАЊЕ СЕКСУАЛНОГ И РЕПРОДУКТИВНОГ ЗДРАВЉА

Сексуално и репродуктивно здравље су важан део целокупног здравља особе и имају значајан утицај на физичко, емоционално и социјално благостање. Усвајање здравих навика од адолесценције доприноси правилном развоју полних органа, одржавању хормонске равнотеже и спречавању многих болести које могу имати дугорочне последице.

Једна од најосновнијих навика је одржавање правилне интимне хигијене. Редовно прање спољашњих гениталија млаком водом и одговарајућим, нежним производима помаже у спречавању инфекција и упала. Прекомерна употреба агресивних сапуна и парфимираних производа може пореметити природно заштитну средину коже и слузокоже, па их треба избегавати. Ношење чистог, памучног и удобног доњег веша смањује ризик од инфекција.

Одговорно сексуално понашање је кључно за очување репродуктивног здравља. Коришћење кондома током сексуалног односа једна је од најважнијих заштитних мера, јер не само да спречавају непланирану трудноћу, већ и значајно смањују ризик од полно преносивих болести. Започињање сексуалног живота требало би да буде резултат информисане одлуке, обостраног пристанка и осећаја сигурности. Избегавање честих промена партнера и понашање са поштовањем према себи и партнеру важни су аспекти здравог сексуалног понашања.

Редовни здравствени прегледи играју важну улогу у раном откривању проблема. Девојке, посебно након започињања сексуалног живота, треба да посете гинеколога, док дечки треба да потраже медицинску помоћ ако примете бол, оток или промене на тестисима. Самопреглед, како код мушкараца тако и код жена, помаже у благовременом откривању необичних промена.

Здрав начин живота директно утиче на функцију гениталија. Уравнотежена исхрана богата витаминима, минералима и протеинима, редовна физичка активност и довољно сна доприносе нормалном хормонском развоју и добром општем здрављу. Пушење, алкохол и употреба дрога негативно утичу на плодност и могу довести до поремећаја у репродуктивном систему, па их треба избегавати.

Заштита од инфекција је такође посебно важна. Вакцинација је ефикасна превентивна мера против одређених врста рака и гениталних инфекција. Благовремено лечење уринарних и гениталних инфекција спречава њихово ширење и појаву компликација које могу пореметити репродуктивно здравље.

На крају, брига о сексуалном здрављу подразумева и психолошку зрелост и одговорност. Поштовање личних граница, отворена комуникација, информисаност и доношење одговорних одлука кључни су за очување здравља гениталија и стварање здравог темеља за будуће репродуктивно и породично функционисање.



Редовни здравствени прегледи

Активност

Одговорно понашање за испуњен живот

Радите у малим групама како бисте анализирали ситуације из стварног живота везане за сексуално понашање и могуће ризике за адолесценте. Прочитајте сценарио и идентификујте потенцијалне опасности (на пример: изложеност полно преносивим болестима или ризик од нежељене трудноће). Које методе контрацепције би биле најефикасније у овој ситуацији? Разликујте методе које штите само од трудноће и оне које штите и од инфекција. Нагласите важност искрене комуникације, одлагања сексуалног односа до пуне зрелости и редовних лекарских прегледа. Представите своје закључке разреду, наглашавајући свест као најбољу превенцију.

Питања за проверу знања

1. Које су најчешће методе контрацепције и како се баријерне методе разликују од хормонских метода?
2. Зашто је планирање породице важно за здравље појединца и породице?
3. Које су неке од најчешћих полно преносивих болести и како се преносе?
4. Шта значи здраво и одговорно сексуално понашање за адолесценте?
5. Како коришћење заштите и информираност доприноси очувању репродуктивног здравља?

Занимљива биологија

- Употреба кондома је значајно смањила број ХИВ инфекција. Без њих, број заражених људи би био око 160 % већи. Само захваљујући њиховој правилној употреби, спречени су милиони нових инфекција широм света.

2.22 Грађа и функција нервног система

Подсети се!

- Како функционишу срчане и скелетне ћелије?
- Зашто трепћете када вам се нешто брзо приближи очима?

Замислите, пре него што додирнете врућу површину, ваша рука ће се повући пре него што уопште схватите шта се догодило! Такве брзе реакције показују како се тело стално прилагођава околини. Координација и реакције су омогућене заједничким радом нервног, чулног и ендокриног система. Нервни и чулни систем омогућавају брз пријем, обраду и пренос информација. Велики мозак и кичмена мождина координирају рад органа и стварају одговарајући одговор, често аутоматски – као рефлекс. Иако ови системи користе различите механизме, они раде у хармонији како би се тело заштитило, реаговало на време и одржало унутрашњу равнотежу (хомеостазу).

Све животиње, укључујући и људе, имају **нервни систем** који омогућава пријем и обраду информација из спољашње и унутрашње средине. Ћелије овог система стварају мрежу која омогућава брзе реакције и контролу бројних процеса у телу. Путем нервног система, човек успоставља контакт са околином и реагује на различите надражаје (стимулусе) као што су механички, термички, светлосни и други. Нервни систем прима ове надражаје, обрађује их и шаље одговарајуће команде органима и системима. На овај начин се одржава унутрашња равнотежа организма и његова лака прилагодљивост стално променљивом окружењу.

Нервни систем се може поделити анатомски – према својој грађи, или физиолошки – према својој функцији.

Према својој грађи, дели се на **централни нервни систем (ЦНС)** и **периферни нервни систем (ПНС)**. **Централни нервни систем** се састоји од **мозга** и **кичмене мождине**, који су заштићени са три мождане опне. **Периферни нервни систем** обухвата све нерве који се налазе изван мозга и кичмене мождине.

Према својој функцији, нервни систем може бити **аутономни нервни систем (АНС)**, који функционише без контроле наше свести. Он преноси нервне импулсе из ЦНС-а до унутрашњих органа, жлезда и глатких мишића. Овај систем се дели на **симпатички** и **парасимпатички нервни систем**. Оба дела аутономног нервног система функционишу антагонистички.

Поред аутономног нервног система, постоји и **соматски нервни систем** (који функционише под контролом свести), који се састоји од свих нерава који контролишу рад скелетних мишића.

С друге стране, нервни систем се састоји од **сензорних делова** који примају стимулусе из унутрашње и спољашње средине и **моторних делова** који омогућавају одговор на ове стимулусе. У мозгу се ове информације обрађују у посебним регионима одговорним за сензорну перцепцију, учење, памћење и емоције, формирајући одговарајући одговор.



Подела и међусобна повезаност нервног система

Основна структурна и функционална јединица нервног система је **нервна ћелија** или **неурон**. Тело неурона, као и све остале ћелије, садржи језгро и друге органеле. Међутим, за разлику од других ћелија, тело неурона има две врсте наставка: дендрите и аксоне.

- Дендрити су кратки и разгранати наставци неурона који подсећају на гране дрвета, по чему су и добили име (од грчке речи *dendron* – дрво). Они служе за пријем стимулуса и пренос нервног импулса до тела нервне ћелије.
- Аксон је дугачак наставак неурона који спроводи нервни импулс од тела ћелије до друге ћелије. Код многих неурона, аксон је обавијен **мијелински омотачом** који има изолациону улогу и убрзава пренос нервног импулса.

У периферном нервном систему, мијелин производе **Шванове ћелије**. Мијелински омотач није континуиран, али на одређеним местима постоје прекиди названи **Ранвијерови чворови** који омогућавају бржи пренос нервних импулса. Спољашња мембрана Шванових ћелија формира танак омотач који се назива **неурилема**. Она игра важну улогу у регенерацији неких периферних нерава након повреде.



Шематски приказ структуре нервне ћелије

Неурони у централном нервном систему немају мијелински омотач. Због недостатка неурилеме, регенерација нервних влакана у ЦНС-у је веома ограничена и настале повреде остају трајне. Између неурона у ЦНС-у налазе се посебне ћелије познате као **неуроглија**, које припадају заштитном ткиву ЦНС-а.

Аксони прекривени мијелином називају се **бела влакна** и чине **белу масу** која служи за преношење нервних импулса кроз ЦНС. На крајевима, аксони се завршавају разгранатим немијелинизованим завршецима преко којих успостављају везу са другим нервним или мишићним ћелијама. **Сива маса** је састављена од тела нервних ћелија и њихових дендрита који нису прекривени мијелином.

Функција неурона у периферном нервном систему је да стално примају информације из околине и носе их у ЦНС, али и да их одатле враћају као одговор на ЦНС одређеним органима у телу.

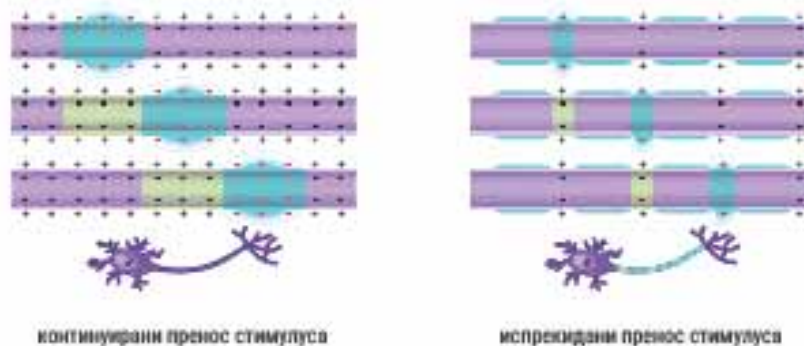
НЕРВНИ ИМПУЛС

Живе ћелије у мировању имају различите концентрације јона на унутрашњој и спољашњој страни ћелијске мембране. Због тога постоји разлика у електричном наелектрисању између две стране мембране. Наиме, унутрашњост је негативна, а спољашњост позитивна. Ова разлика у наелектри-

сању назива се **мембрански потенцијал**. Стога се каже да је ћелијска мембрана у мировању поларизована. Исто важи и за неуроне.

Када се неурон стимулише, мембрана постаје пропустљива за јоне натријума, који улазе у ћелију и мењају електрично наелектрисање. Ова брза промена мембранског потенцијала назива се **акциони потенцијал**, при чему унутрашњост ћелије постаје позитивна, а спољашњост негативна, процес познат као **деполаризација**. Након престанка стимулуса, мембрана поново успоставља почетни распоред јона, што се назива **реполаризација**. Овај процес траје врло кратко и омогућава ћелији да поново пренесе **нервни импулс**.

Мијелинизована нервна влакна преносе импулсе много брже од немијелинизованих. У немијелинизованим влакнима, импулс се шири споро и континуирано преко целе мембране.



Појава нервног импулса и стварање акционог потенцијала

ПРЕНОС НЕРВНИХ ИМПУЛСА - СИНАПСА

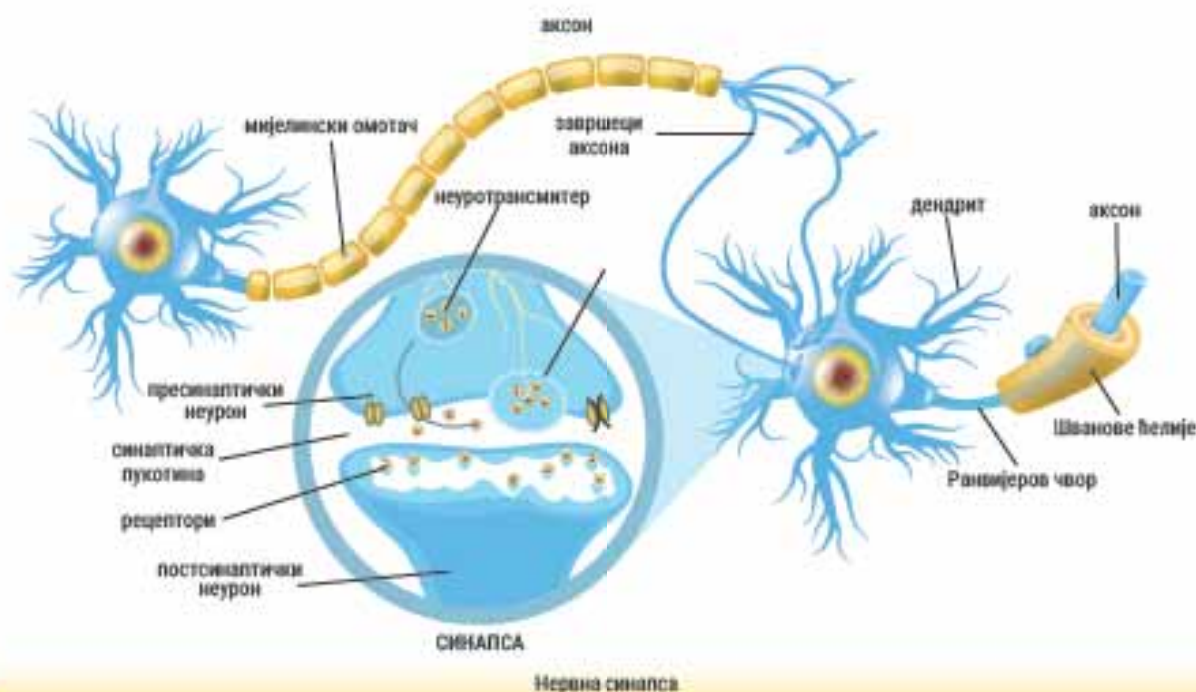
Неурони су независне ћелије између којих не постоји директан анатомски контакт. Пренос нервних импулса се одвија преко посебног места које се назива синапса. **Синапса** је функционална веза између две ћелије кроз коју се преноси нервни импулс.

Према месту где се налазе, синапсе могу бити **периферне** (у периферном нервном систему) и **централне** (које су део централног нервног система).

Према начину преношења стимулуса, деле се на електричне и хемијске. Код **електричних синапси**, импулс се директно и веома брзо преноси из једне ћелије у другу преко посебних веза између мембрана. Такве синапсе су ређе и налазе се у миокарду и у неким деловима мозга. **Хемијске синапсе** су најчешће. Код њих се на крајевима аксона налазе мала задебљања са везикулама испуњеним **неуротрансмитерима**. Када се стимулишу, ове супстанце се ослобађају у синаптичку пукотину и везују за специфичне рецепторе на мембрани следеће (постсинаптичке) ћелије. На овај начин, нервни импулс се преноси из једне ћелије у другу. Након преноса нервног импулса, неуротрансмитери се деактивирају или разграђују уз помоћ ензима, што враћа синапсу у стање мировања.

Од великог броја познатих **неуротрансмитера** (преко 100), неколико је од посебног значаја, као што су **адреналин**, **норадреналин** и **ацетилхолин**. **Ацетилхолин (ACh)** се ослобађа на неуромишићним спојевима – синапсама између нерва и мишићне ћелије. Његово дејство омогућава пренос нервног импулса и контракцију мишића.

Посебна врста синапсе која се назива **неуромишићна синапса** је спој између нервних и мишићних ћелија. Такве синапсе омогућавају контракцију мишића.



Нерв је сноп нервних влакана (аксона) који се налазе изван централног нервног система. У централном нервном систему, такви снопови се називају **трактови** и служе за пренос нервних импулса. Нерв се може упоредити са електричним каблом састављеним од многих жица, при чему свака жица представља нервно влакно заштићено везивним ткивом.

Неки кранијални нерви су само сензорни (аферентни) и преносе импулсе до мозга, док су други само моторни (еферентни) и носе импулсе из мозга до органа и мишића. Већина кранијалних нерава и сви кичмени нерви садрже и сензорна и моторна влакна и стога се називају мешовити нерви.

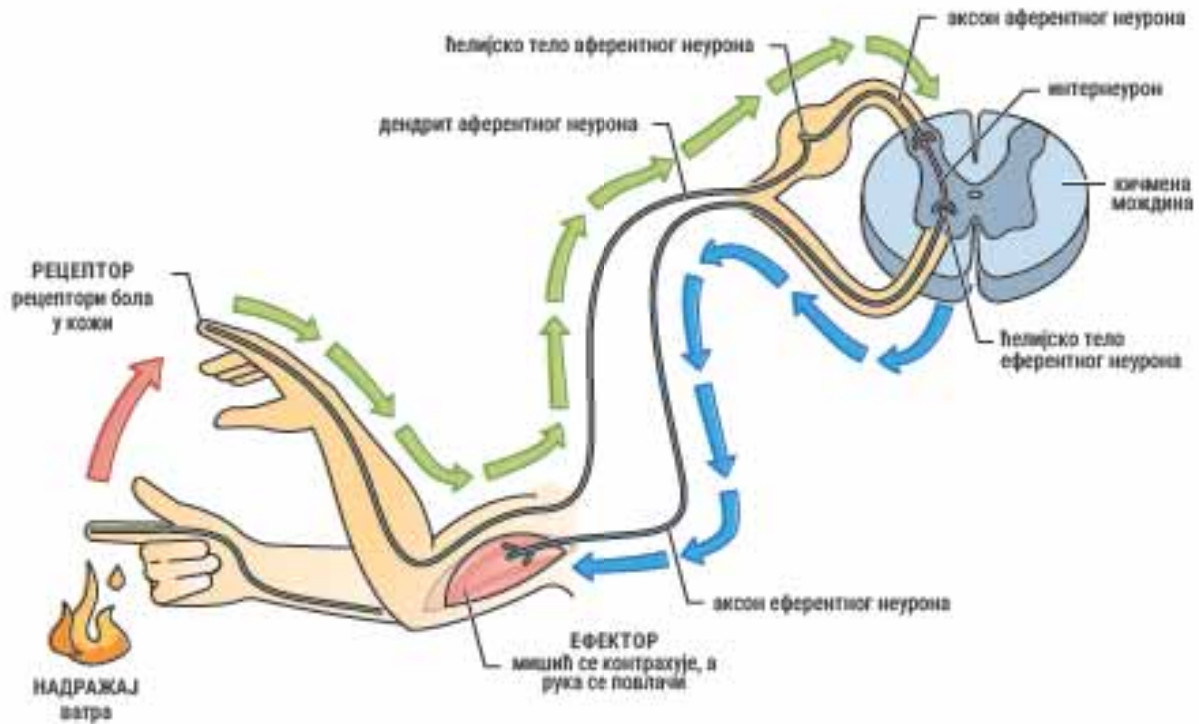


Аналогија структуре нерва са електричним каблом

РЕФЛЕКСНИ ЛУК

Нервни систем функционише као динамички систем који прима надражаје из унутрашњег и спољашњег окружења, обрађује их и ствара одговарајући одговор. Пут којим надражај стиже до нервног система и претвара се у реакцију назива се **рефлексни лук**. Типичан рефлексни лук се састоји од:

- **Рецептора** – специјализоване сензорне ћелије или краја дендрита који примају надражаје из окружења;
- **Сензорног (аферентног) неурона** – преноси нервни импулс до централног нервног система;
- **Интернеурона (централног неурона)** – налази се у мозгу или кичменој мождини и обрађује информације;
- **Моторног (еферентног) неурона** – преноси одговор из централног нервног система до органа који реагује;
- **Ефектора** – мишића или жлезде која прима одговор и спроводи реакцију.



Рефлексни лук и његови функционални делови (кожни сензорни рефлекс)

Све рефлексне реакције се деле на урођене (неусловљене) које постоје од рођења и стечене (условљене) које се стварају током живота. Урођене рефлексе контролише кичмена мождина и делови мозга испод можданске коре. Пример таквог рефлекса код људи је пателарни рефлекс (рефлекс колена) који се изводи путем једноставног рефлексног лука. Поред једноставних урођених рефлекса, постоје и сложене урођене реакције које се називају инстинкти, а које укључују више нервних центара и учешће можданске коре. Инстинкти могу бити одбрамбени, оријентациони, сексуални, везани за храну итд.



Шематски приказ рефлексног лука у пателарном рефлексу

Стечени (условни) рефлексни су реакције које се јављају током живота кроз поновљено понављање стимулуса, и на неки начин њихово постојање је условљено понављањем стимулуса. Условне рефлексе контролише можданска кора. Ако понављајући стимулус изостане, условни рефлекс се инхибира и губи се.

Активност

1. Пут информације

Нацртајте шему путање нервног импулса од тренутка када уђе у неурон до тренутка када се пренесе у суседну ћелију. Означите кључне делове на дијаграму и објасните њихове основне улоге. Својим речима опишите како сигнал путује од дендрита до аксона. Дискутујте шта се дешава ако се синапса поквари? Хоће ли мисао стићи до одредишта или ће доћи до „кратког споја“?

2. Пут брзе реакције

У малим групама анализирајте како се тело носи са изненадним ситуацијама као што је додиривање врућег предмета или гласне буке. Ваш задатак је да мапирате „пут поруке“ од тренутка шока до тренутка када тело реагује да би се заштитило. Изаберите један сценарио (врућ предмет или бука) и идентификујте рецептор који први прима информацију. Опишите како сигнал путује до одговарајућег центра у ЦНС-у. Објасните како центар говори мишићу да се контрахује или реагује.

Питања за проверу знања

1. Који су основни делови нервног система?
2. Од којих делова се састоји неурон и која је улога дендрита, ћелијског тела и аксона?
3. Шта је синапса и зашто је неопходна за пренос нервних импулса између неурона или између неурона и мишића?
4. Шта су рефлекси и од којих делова се састоји рефлексни лук?

Занимљива биологија

- Нервни импулс може да се креће брзином до 120 m/s, што је око 430 km/h – брже од аутомобила на аутопуту. Због тога мозак реагује готово тренутно, на пример када склонимо руку са врућег тела. Иако импулс путује изузетно брзо, пренос између два нерва се одвија путем хемијских сигнала, што показује колико је прецизно и савршено координисан нервни систем.

2.23 Централни нервни систем

Подсети се!

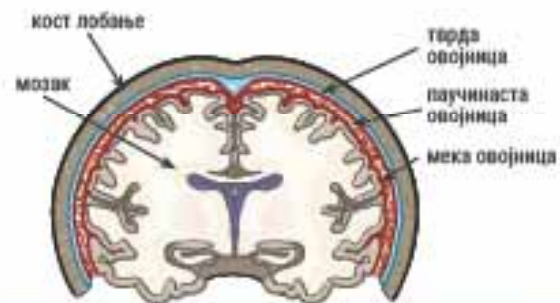
- Шта је рефлексни лук? Где се преноси примљени наддражај?
- Врло добро се сећате многих ствари које су вам се догодиле. Зашто? Где су оне сачуване?
- Шта су лобањска шупљина и кичмени канал?

Централни нервни систем је главни контролни центар тела и састоји се од густо повезаних нервних ћелија у својим мрежама. Он прима информације из спољашње средине и из свих делова тела, обрађује их и доноси одлуке за одговарајући одговор. У њему се одвијају сви свесни и несвесни процеси везани за размишљање, учење, кретање и одржавање виталних функција. На тај начин, централни нервни систем обезбеђује координацију и успешно прилагођавање организма променама у окружењу. Централни нервни систем чине кичмена мождина и мозак.

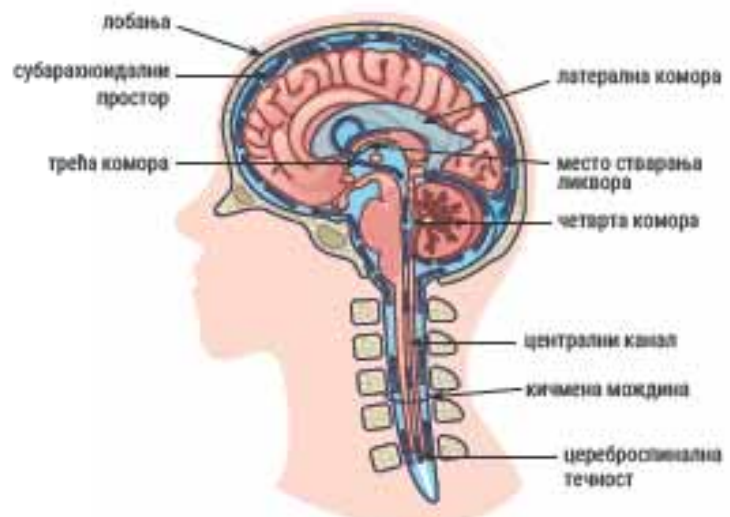
Поред заштите костима у лобањској шупљини и пршљеновима у кичменом стубу, централни нервни систем је додатно заштићен са три овојнице, цереброспиналном течношћу (ликвором) и посебним ћелијама микроглије. Ове структуре чине заштитни систем ЦНС-а.

Три овојнице (менинге) састављене од везивног ткива обавијају мозак и кичмену мождину, стварајући потпуно затворен простор. Спољашња је тврда овојница, најдебља и најјача од свих овојница. Најдоња је мека овојница која се повезује са нервним ткивом мозга и кичмене мождине, одржавајући контуре ових структура. Између ове две овојнице налази се средњи слој који се назива паучинаста овојница. Ова овојница је лабаво повезана са меком овојницом ретикуларним влакнима, стварајући просторе за кретање цереброспиналне течности.

Цереброспинална течност (ликвор) је бистра течност која циркулише у и око мозга и кичмене мождине. Њена примарна улога је да заштити нервно ткиво од шока, испоручи хранљиве материје и уклони отпадне производе из неурона. Цереброспинална течност се производи у четири коморе мозга и обнавља се неколико пута током дана. Највеће су две



Мождане овојнице у трансверзалном пресеку главе



Цереброспинална течност

латералне коморе у можданим хемисферама, које су повезане са трећом комором која окружује међумозак. Ова комора, кроз уски канал, прелази у четврту комору, која се налази испред малог мозга. Одатле, цереброспинална течност наставља у централни канал кичмене мождине.

Глија ћелије су група различитих ћелија у нервном систему које играју важну улогу у подршци неуронима. Оне пружају заштиту и исхрану можданом ткиву, учествују у уклањању отпадних производа и помажу у размени хранљивих материја.

КИЧМЕНА МОЖДИНА

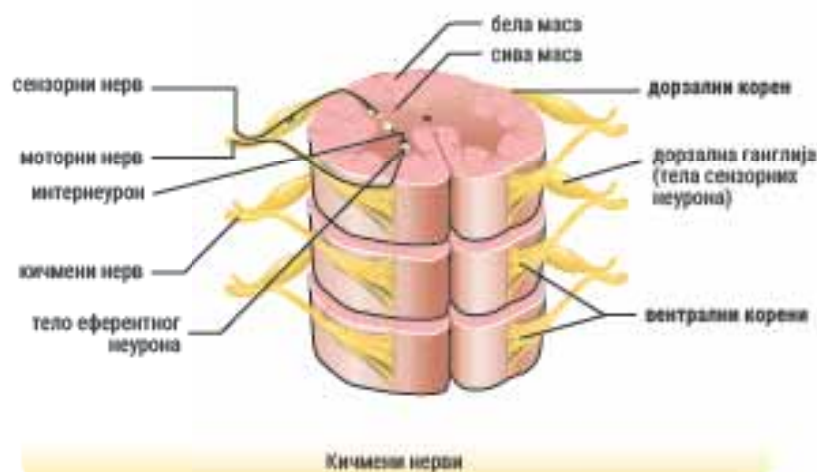
Кичмена мождина се налази у кичменом каналу, заштићена кичменим стубом и можданим овојницама. У кичменој мождини постоје две главне зоне: унутрашња сива маса и спољашња бела маса. Унутрашња сива маса садржи тела неурона, интернеурона, моторних неурона и ћелија неуроглије. Спољашња бела маса се састоји од снопова сензорних и моторних неурона који повезују кичмену мождину са кранијалним мозгом и другим деловима тела. У попречном пресеку, сива маса има облик слова Н, са два пара рогова: *дорзалним (задњим)* и *вентралним (предњим)*. У центру се налази централни канал испуњен цереброспиналном течношћу. Код ембриона, кичмена мождина испуњава цео кичмени канал, али код одрасле особе је краћа од канала и обично се завршава у горњем делу лумбосакралне регије.

Кичмена мождина не само да преноси поруке, већ је и центар за неке рефлексе. Садржи и центре за регулацију виталних функција као што су крвни притисак и дисање, али само као помоћне центре, пошто се главни контролни центри налазе у кранијалним деловима ЦНС-а. Кичмена мождина успоставља везу између спољашње средине и унутрашњости организма. Такву везу омогућавају кичмени нерви.

Из кичмене мождине излази 31 пар **кичмених (спиналних)**

нерава. Сваки кичмени нерв формира се од два корена: дорзалног (сензорног) корена, који преноси импулсе до кичмене мождине, и вентралног (моторног) корена, који преноси импулсе из кичмене мождине до мишића и жлезда. На дорзални корен налази се спинални ганглион, у коме се налазе ћелијска тела сензорних неурона. Спајање нерава из два корена ствара мешовити нерв, тако да су сви кичмени живци мешовити.

Веће предње гране кичмених нерава се спајају и формирају *нервне плексусе*. Најважнији су цервикални, торакални и лумбосакрални плексуси, који инервишу одговарајуће делове тела.



МОЗАК

На кичмену мождину се надовезује мозак који се налази у лобањи. Мозак функционише као целина, али се ипак може поделити на одвојене делове (мозгове) као што су: мождано стабло које се састоји од средњег мозга, моста (понса) и продужене мождине, затим мали мозак, међумозак и велики мозак.

Мождано стабло је веза између кичмене мождине и великог мозга. У горњем делу можданог стабла налази се *средњи мозак*. Испод њега су *мост* и *продужена мождина*. Мост је веза између средњег мозга и продужене мождине, а продужена мождина повезује мозак са кичменом мождином и пролази кроз широки отвор у основи лобање.

Продужена мождина се налази између моста и кичмене мождине. Овде се налазе центри који регулишу виталне функције у телу, као што су:

- респираторни центар који контролише контракције мишића за дисање;
- срчани центар, који помаже у регулисању срчаног рада;
- вазомоторни центар, који регулише контракције глатких мишића у зидовима крвних судова, чиме контролише проток крви и крвни притисак;
- центри за заштитне реакције попут кашљања, кијања, повраћања, сузења, као и центри за лучење пљувачке и других дигестивних сокова.



Шематски приказ делова ЦНС-а

Мост (понс) се налази између продужене мождине и средњег мозга, испред малог мозга. Састоји се од великих мијелинизованих нервних влакана. Он је важна веза између малог мозга и остатка нервног система. Одређене рефлексне радње, попут регулације дисања, интегрисане су у мост.

Средњи мозак се налази на средини испод великог мозга и међумозга. Повезан је нервним путевима са вишим центрима ЦНС-а и малим мозгом, а са друге стране, повезан је и са нижим центрима ЦНС-а, мостом, продуженом мождином и кичменом мождином. Прима импулсе из унутрашњег уха и учествује у регулацији положаја тела и мишићног тонуса.

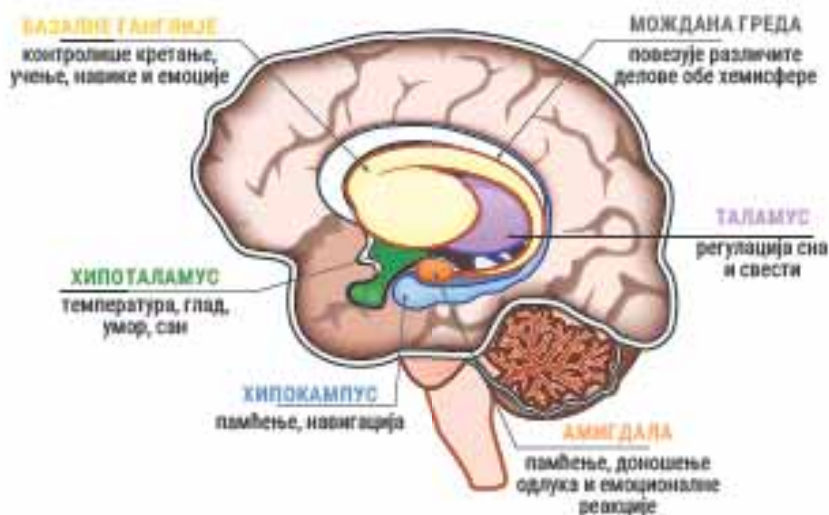
Мали мозак (церебелум) (*cerebellum* – мали мозак или мозочић) је подељен на две хемисфере повезане средњим делом који се назива *црв (vermis)*. Слично хемисферама мождане коре, спољашња зона малог мозга је сива масе, али је много жлебљенија, а унутрашњи део је углавном бела масе. Мали мозак учествује у координацији свесних покрета мишића, као и у одржавању мишићног тонуса и равнотеже.

Међумозак се налази између можданих хемисфера и можданог стабла. Међумозак обухвата таламус и хипоталамус. То је релејна станица у телу кроз коју сензорни импулси пролазе да би стигли до сиве масе мождане коре.

Хипоталамус се налази испод таламуса. Садржи ћелије које помажу у контроли телесне температуре, равнотеже воде, сна, апетита и неких емоција попут страха и сажаљења. Постоје и центри који регулишу инстинкте, преко којих учествује у адаптацији и преживљавању организама. Велики део центара аутономног нервног система је под контролом хипоталамуса. Ендокрини систем је такође под контролом хипоталамуса, контролишући рад хипофизе. Хипоталамус утиче на рад срца, контракцију и опуштање зидова крвних судова и друге виталне функције за тело.

Таламус је главна релејна станица у мозгу где се прима већина сензорних информација и преусмерава у одговарајуће делове мождане коре.

Дуж границе између великог мозга и међумозга налази се регион који се назива **лимбички систем** (лимбус – прстен).



Међумозак са таламусом, хипоталамусом и лимбичким системом

Овај систем је укључен у регулацију емоционалног стања и понашања. Такође укључује хипокампус (који изгледа као морски коњић), који се налази испод латералних комора мозга. Учествоје у процесима учења и стварања дугорочног памћења. Претходно научене ствари се тамо чувају. Такође садржи делове ретикуларне формације који контролишу свесно понашање и сан.

Још увек је мистерија како, колико и када спавамо. Сан је природна потреба тела и најчешће се јавља када су тело и мозак уморни. Сан одмара тело, поправља памћење и јача имуни систем.

Велики мозак (церебрум) је највећи од мозгова и подељен је на леву и десну мождану хемисферу. Свака хемисфера има четири главна режња (лобуса): *чеони (фронтални)*, *темени (паријетални)*, *слепочни (темпорални)* и *потиљачни (кципитални)*. Постоји и пети режањ, *остров (инсла)*, који се налази дубоко унутар хемисфера и није видљив са површине.

Спољашњи слој великог мозга је мождана кора, изграђена од сиве масе. Одговорна је за свесно размишљање, учење, памћење и вољне покрете. Кора је јако наборана и има вијуге (*гирусе*) и бразде (*сулкусе*) која повећавају његову површину. Испод кортекса налази се велика количина беле масе, која се састоји од мијелинизованих нервних влакана која повезују различите делове мозга. Најважнија веза у белој маси је мождана греда (*corpus callosum*), која је мост између леве и десне мождане хемисфере и омогућава размену информација између њих.

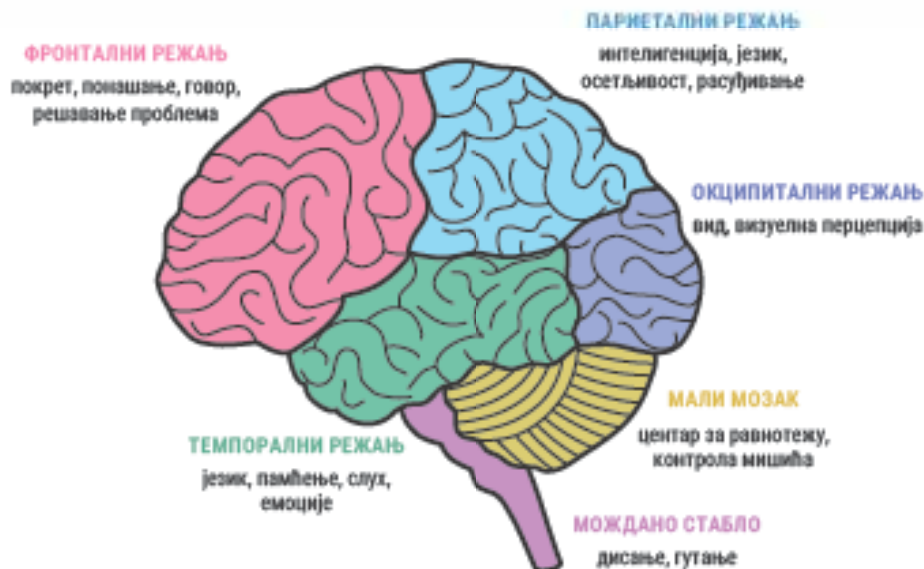
Дубоко у белој маси налазе се базалне ганглије. То су групе сиве масе које учествују у контроли и координацији покрета и одржавању мишићног тонуса. Њихово оштећење може довести до поремећаја кретања као што је Паркинсонова болест.

Мождана кора учествује у регулацији три основна процеса која су веома важна за људе, наиме: сензорног, моторног и интелектуалног. У можданој кори (у слоју сиве масе на површини сваке мождане хемисфере) долазе и анализирају се многи импулси. Феноменом названом памћење, велика количина информација се складишти у мозгу. Мождана кора такође има место за процесе као што су асоцијација, расуђивање и раздвајање, као и свесне и вољне радње.

Мозак такође учествује у контроли координисаног понашања.



Способност комуникације путем говора и писања је пример како различити делови мождане коре раде заједно. Моторни центри у фронталном режању контролишу покрете потребне за говор и писање. Брокина зона помаже у стварању и организовању говора. Памћење је сложен процес који се одвија у можданој кори. Информације се у почетку задржавају кратко време, а затим се могу пренети у дугорочно памћење. Многа сећања су повезана са можданом кором, што омогућава учење и подсећање на прошлост.



АУТОНОМНИ НЕРВНИ СИСТЕМ

Сви унутрашњи органи као што су срце, плућа, желудац, крвни судови итд., имају нервне завршетке и нервна влакна која примају или шаљу импULSE који нису под утицајем наше воље. Такви неурони припадају посебном нервном систему који се назива **аутономни нервни систем (АНС)**. АНС је подељен на симпатички и парасимпатички део.

Аутономна нервна влакна се налазе у мозгу, а и у неким кичменим нервима.

Аутономни нервни систем регулише функцију жлезда, глатких мишића, шупљих органа, крвних судова и срчаног мишића, а његове акције су аутоматске и максималне. Симпатички део (симпатикус) убрзава рад органа и подстиче реакцију „бори се или бежи“, као што је случај у случајевима стреса, опасности или заштите потомства. Истовремено инхибира рад органа који нису потребни у том тренутку, као што су екскреторни и дигестивни систем. Парасимпатички део (парасимпатикус) делује у супротном смеру од симпатичког. Већина органа прима и симпатичку и парасимпатичку стимулацију, а њихови ефекти су супротни (антагонистички), омогућавајући прецизну контролу телесних функција.

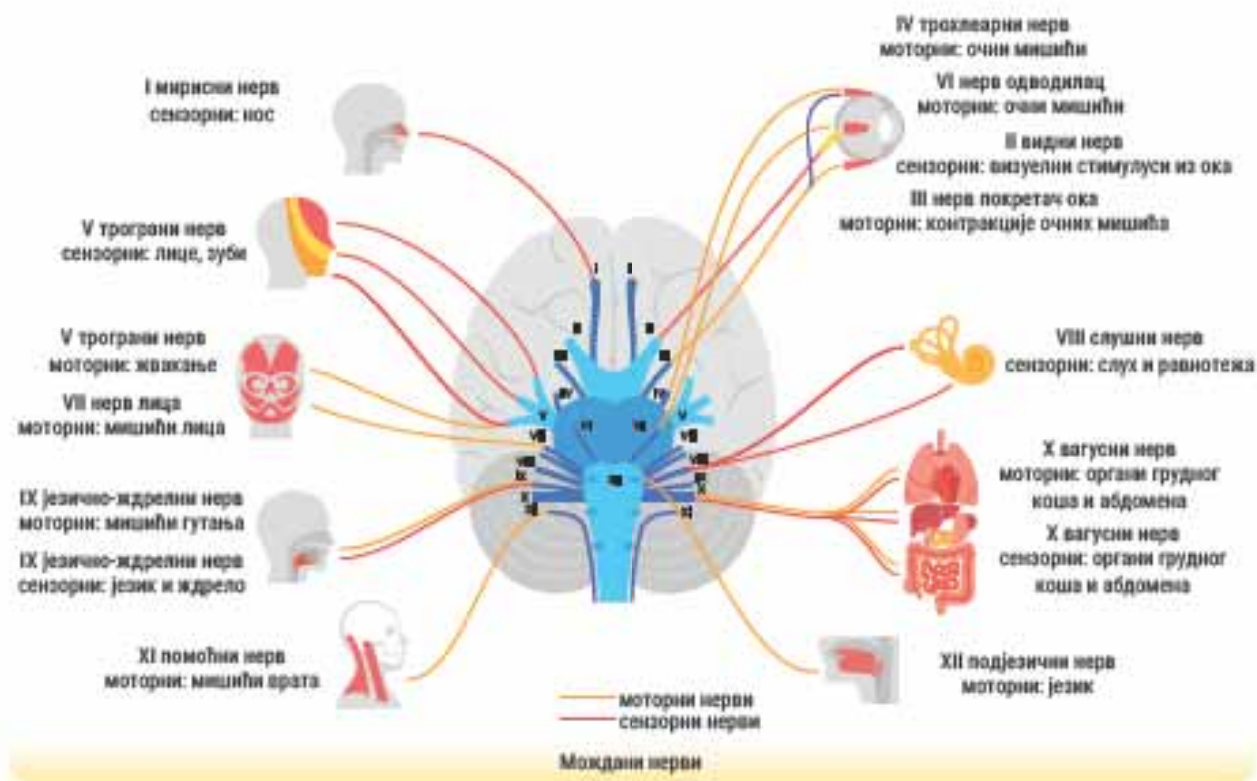
Табела: Утицаји симпатичког и парасимпатичког система на одређене органе

Утицај на	Симпатикус	Парасимпатикус
зенице очију	проширује	сужава
дигестивне жлезде	инхибира	стимулира
срце	повећава однос силе и удара	смањује однос силе и удара
bronхије у плућима	проширује	сужава
мишићи у дигестивном систему	смањује контракције	повећава контракције
мокраћна бешика	опуштање	сужење и пражњење
пенис	ејакулација	ерекција
крвни судови у скелетним мишићима	проширује	сужава
респираторни систем	проширује	сужава
дигестивни органи	сужава	проширује

Постоје 12 парова **мозданих (кранијалних) нерава**. Према врсти импулса које примају и преносе, кранијални нерви могу припадати једној од четири функционалне категорије:

- Специјални сензорни импулси – за мирис, укус, вид и слух.
- Општи сензорни импулси – за бол, додир, температуру, осећај дубоких мишића, притисак и равнотежу.
- Соматски моторни импулси – који настају услед свесне (вољне) контроле скелетних мишића.
- Висцерални моторни импулси – који контролишу жлезде и мишиће без учешћа воље (срчани мишић и глатки мишићи). Ови моторни путеви су део аутономног нервног система и део су парасимпатичког нервног система.

Неки од мозданих нерава (I, II и VIII) састоје се само од **сензорних (чулних) влакана**, док III, IV, VI, XI и XII имају или само **моторна влакна** или имају много више моторних влакана. Преостали V, VII, IX и X имају и сензорна и моторна влакна и називају се **мешовити нерви**.

**Активност****Мозак као контролор саобраћаја**

Радите у малим групама да бисте анализирали улогу централног нервног система у ситуацији изненадног звука из аутомобила. Идентификујте како мозак обрађује стимулус примљен од ушију и доноси одлуку о заштитној реакцији. Објасните функцију кичмене мождине као кључног проводника који омогућава да команде брзо стигну до мишића удова. Дискутујте о важности брзе и прецизне координације између ова два дела за избегавање опасности у свакодневном животу. На крају, представите своје закључке, истичући ЦНС као врховног контролора свих наших покрета.

Питања за проверу знања

1. Који су главни делови нервног система и која је њихова главна улога?
2. Како кичмена мождина и нерви омогућавају пренос информација?
3. Како нервни систем координира рад мишићног, респираторног и циркулаторног система?
4. Шта значи термин „антагонистичко дејство“ у контексту аутономног нервног система? Наведите два примера.

Занимљива биологија

- Када смо узбуђени, симпатички нерви шаљу сигнал срцу за мање од 0,1 секунде, што убрзава срчани ритам са око 70 на 100–120 откуцаја у минути. Ефекат траје само неколико минута док се тело смирује.
- Наш мозак генерише довољно електричне енергије да напаја малу ЛЕД лампицу. Управо тај „електрицитет“ омогућава командама да путују кроз тело невероватном брзином!

2.24 Чулни (сензорни) систем

Подсети се!

- Која људска чула знаш?
- Шта је наддражај (стимулус)? Које врсте стимулуса човек може да региструје?
- Како се информације о лепој музици примају, а затим певуше?

Чулни (сензорни) систем омогућава особи да опажа и разуме промене у спољашњем и унутрашњем окружењу. Сваки **наддражај** (стимулус), као што су светлост, звук, додир или мирис, претвара се у **електрични сигнал** који се преноси у централни нервни систем. Различити сензорни неурони носе информације до прецизно дефинисаних делова мозга где се оне обрађују и интерпретирају. Захваљујући томе, мозак разликује светло и таму, тих и гласан звук, нежан и груб додир и слично. На овај начин, сензорни систем помаже особи да правилно реагује на околину.

Надражаји који се региструју могу потицати из спољашњег, али и из унутрашњег окружења. Део који детектује стимулусе назива се **рецептор**. Рецептори могу бити:

- слободни дендрити сензорног неурона, као што су рецептори за бол (ноцицептори);
- трансформисани завршеци или завршеци-органи, као што су они за додир и температуру;
- посебне сензорне ћелије које су део посебних чулних органа.

Чула могу бити **специјализована** – смештена у одређеним органима, и **општа** – широко распрострањена по целом телу.

1. Специјализована су чула за:

- **вид** – са рецепторима у оку;
- **слух** – са рецепторима у унутрашњем уху;
- **равнотежу** – са рецепторима у унутрашњем уху;
- **укус** – са рецепторима на језику;
- **мирис** – са рецепторима у горњој носној дупљи.

2. Општа су чула за:

- **притисак, топлоту, хладноћу, бол и додир** – са рецепторима у кожи и унутрашњим органима,
- **чула положаја** – са рецепторима у мишићима, тетивама и зглобовима.

Чулни рецептори се такође могу поделити на основу врсте стимулуса на који реагују. **Терморецептори** се налазе у кожи и детектују промене температуре, **фоторецептори** у мрежњачи ока реагују на светлост, а **хеморецептори**, попут оних за укус и мирис, реагују на хемијске стимулусе. **Механорецептори**, с друге стране, реагују на механичке стимулусе као што су стискање, притисак или вибрација. Ови рецептори су одговорни, на пример, за свесни положај тела, као и за контролу тонуса мишићних влакана. Рецептори за притисак и додир у кожи су такође механорецептори. Ова врста рецептора су такође рецептори за слух и равнотежу.

ОКО ЈЕ ОРГАН ЗА ВИД

Око је сложен орган са деликатном структуром, заштићен од неколико додатних структура. Тако, кости лобање стварају зидове очних дупљи (шупљина) и служе као заштита за више од половине задњег дела очне јабучице. С друге стране, капак и трепавице служе за заштиту ока са предње стране, а сузне жлезде перу и чисте мале предмете који улазе у око, а такође садрже ензиме који штите

око од инфекција. Капци леже на очној јабучици са предње стране и служе за разградњу неких патогених бактерија које могу ући споља. Коњунктива је танка мембрана која покрива капак и предњи део беоњаче ока и штити га.

Мишићи ока су спољашњи и унутрашњи. Спољашњи мишићи причвршћују око за кости у очној дупљи, а унутрашњи регулишу количину светлости која улази у око и облик сочива.

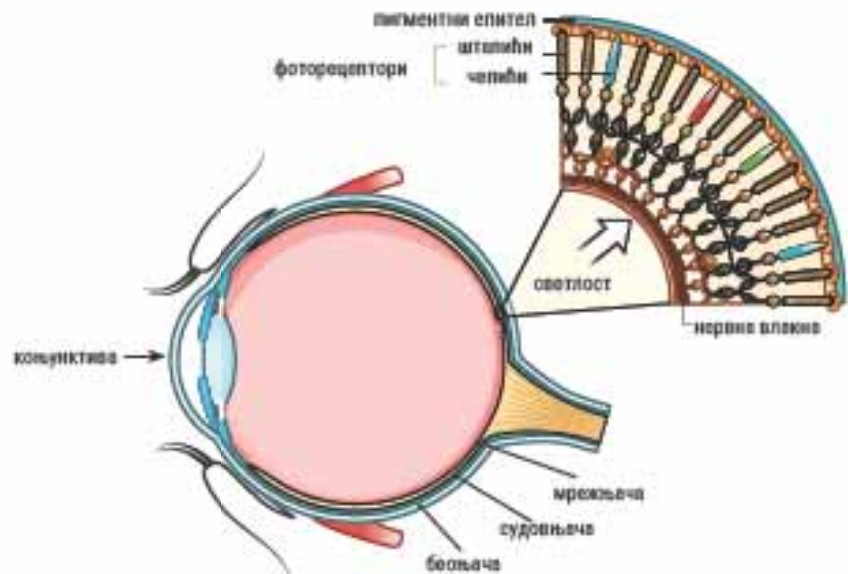
Очна јабучица има три слоја: спољашњи – склеру (беоњачу), средњи – судовњачу богату крвним судовима и тамним пигментом, и унутрашњи – мрежњачу. Мрежњача садржи **фоторецепторе** – штапиће и чепаће који примају светлост и стварају нервне сигнале за вид. *Штапићи* су бројни, веома осетљиви на светлост и омогућавају вид у слабо осветљеним просторијама и у црно-белој техници, а њихова функција зависи од витамина А. *Чепаћи* је мање, што омогућава јасан вид и вид у боји. Постоје три врсте чепаћа, осетљивих на плаву, зелену и црвену светлост. Недостатак витамина А може изазвати слаб вид у мраку, стање познато као ноћно слепило, и потребно је време да се око прилагоди када уђе у замрачену просторију.

Светлост улази у око и пролази кроз неколико провидних делова, где се прелама. Ови делови укључују рожњачу, очну водицу, сочиво и стакласто тело. Сочиво је еластично и мења свој облик како би омогућило јасан вид на различитим удаљеностима, процес који се назива акомодација.

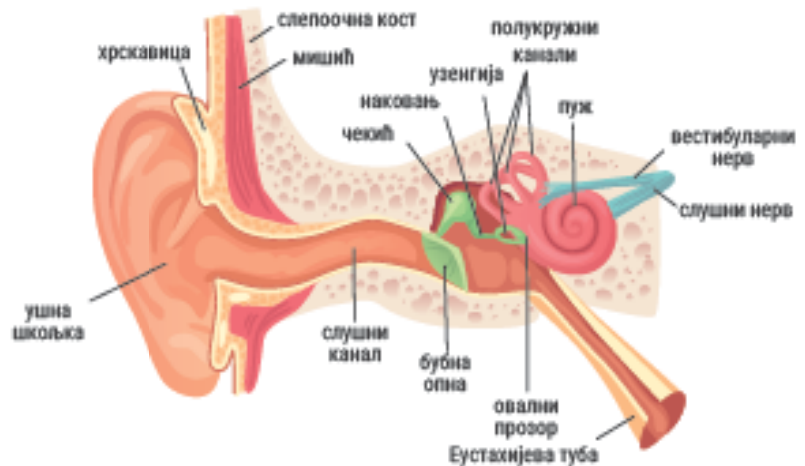
Нервни импулси из фоторецептора се преносе очним нервом до визуелног центра који се налази у потиљачном режњу мождане коре, где се обрађују.

УХО – ОРГАН ЗА СЛУХ И РАВНОТЕЖУ

Ухо је чулни орган за слух и одржавање равнотеже. Може се поделити на три главна дела – спољашње, средње и унутрашње ухо. Спољашње ухо се састоји од ушне шкољке и спољашњег слушног канала, чија је улога да сакупља и усмерава звучне таласе ка бубној опни. Бубна опна је преграда између спољашњег слушног канала и средњег ува. Средње ухо је испуњено ваздухом и садржи три ситне кости – чекић, наковань и узенгију.



Шематски приказ грађе ока са фоторецепторима

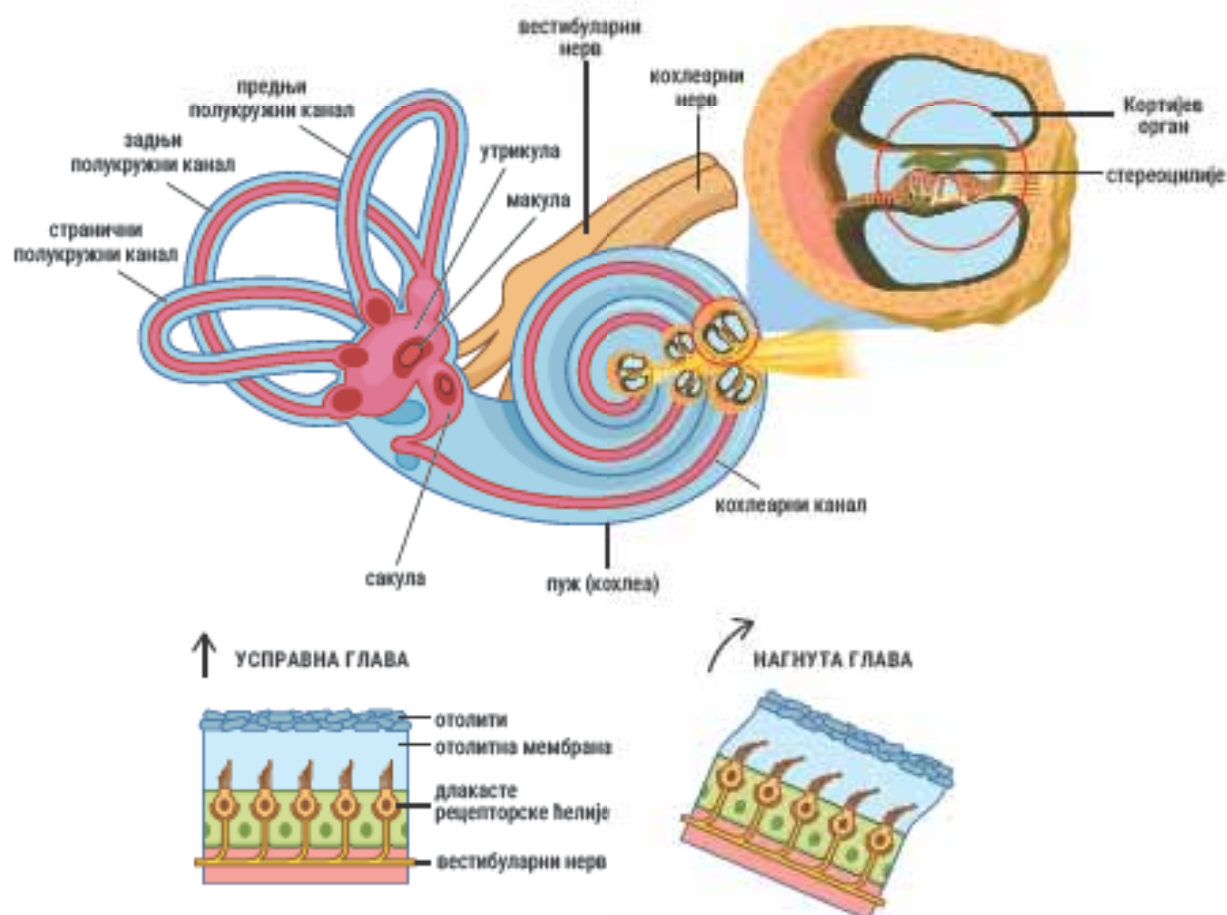


Шематски приказ грађе и саставних делова уха

које појачавају звучне таласе. Преко Еустахијеве тубе, средње ухо је повезано са ждрелом. Узгенија је повезана са овалним прозором кроз који звук пролази у унутрашње ухо. Унутрашње ухо је најсложенији део и састоји се од предворја, пужа (кохлеје) и три полукружна канала. Садрже течности (перилимфу и ендолимфу) које стимулишу рецепторске ћелије и омогућавају слух и равнотежу.

Кортијев орган је орган слуха и налази се у каналу пужа у унутрашњем уху. Садржи чулне длакасте ћелије које на својој горњој површини имају длачице зване стереоцилије. Чулне ћелије длачице су повезане са слушним (кохлеарним) делом VIII можданог нерва. Звучни таласи кроз спољашњи слушни канал изазивају вибрације бубне опне, што се преноси кроз слушне кошчице до течности у унутрашњем уху. Кретање ендолимфе надражује ћелије длачице које стварају нервне импULSE који се преносе до темпоралног режња у мозгу, где се звук доживљава.

Унутрашње ухо такође садржи рецепторе за равнотежу, који се налазе у утрикули, сакули и полукружним каналима. Утрикула и сакула садрже длакасте рецепторске ћелије смештене у отолитну мембрану, а такође садрже и ситне кристале зване отолити. Утрикула је осетљива на хоризонталне покрете, а сакула на вертикалне покрете, при чему померање отолитне мембране доводи до стварања нервног импULSE. Полукружни канали омогућавају детекцију ротационих покрета главе. Заједно, ове структуре чине **вестибуларни апарат**, који омогућава мозгу да добије информације о положају тела и одржи равнотежу.



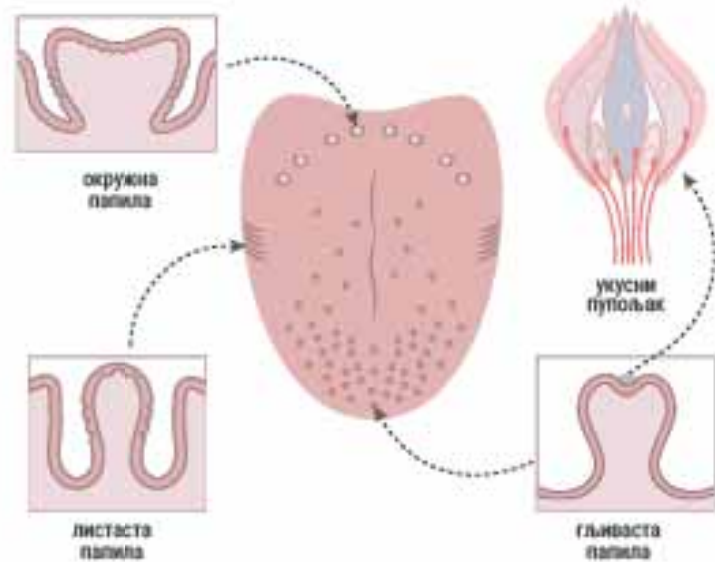
Шематски приказ грађе унутрашњег уха и рецептора за равнотежу и слух

ДРУГА ПОСЕБНА ЧУЛА

Чуло укуса се остварује путем рецептора укуса који се углавном налазе на језику. **Рецептори укуса** су груписани у **укусне пупољке** који се налазе унутар **укусних папила** (квржице) на површини језика.

Људи разликују пет основних укуса: слатко, кисело, слано, горко и умами. Раније се сматрало да се сваки укус прима у посебном делу језика, представљано такозваном „мапом укуса“. Данас је познато да се сви укуси могу детектовати на целој површини језика, иако неки региони могу бити осетљивији на одређене укусе.

Нервни импулси за укус се преносе до мозга путем неколико можданих нерава. Обрада информација о укусу одвија се у **центру за укус у можданој кори**, који се налази у близини потиљачног и чеоног режња. Овај центар је повезан са другим сензорним подручјима у кори, као и са центрима у продуженој мозджини који учествују у рефлексном лучењу пљувачке.



Папилае укуса на језика и чулни пупољак

Рецептори за мирис налазе се у **мирисном (олфакторном) епителу** који се налази у горњем делу носне дупље. Мирисне дражи су обично у гасовитом стању, тако да би се створио стимулус потребно је да се растворе у слузи носа. Нервни импулси из мирисних рецептора се преносе преко **мирисног нерва** директно до мирисног центра у мозгу, без претходног проласка кроз таламус. Чуло мириса је уско повезано са чулом укуса. Мирис хране игра важну улогу у стимулисању апетита и у рефлексном лучењу дигестивних сокова, што припрема дигестивни систем за варење.

Рецептори укуса и мириса су хеморецептори јер реагују на хемијске супстанце – рецептори мириса су прави неурони, док су рецептори укуса ћелије епителног порекла које преносе сигнале до сензорних нерава путем синапси.



Чуло мириса са мирисним епителом и рецепторна ћелија мириса

ОПШТА ЧУЛА

За разлику од специјализованих чулних рецептора који се налазе на релативно малом подручју, општи чулни рецептори су распоређени по целом телу. То укључује рецепторе за притисак, топлоту, хладноћу, бол, додир, простор и равнотежу.

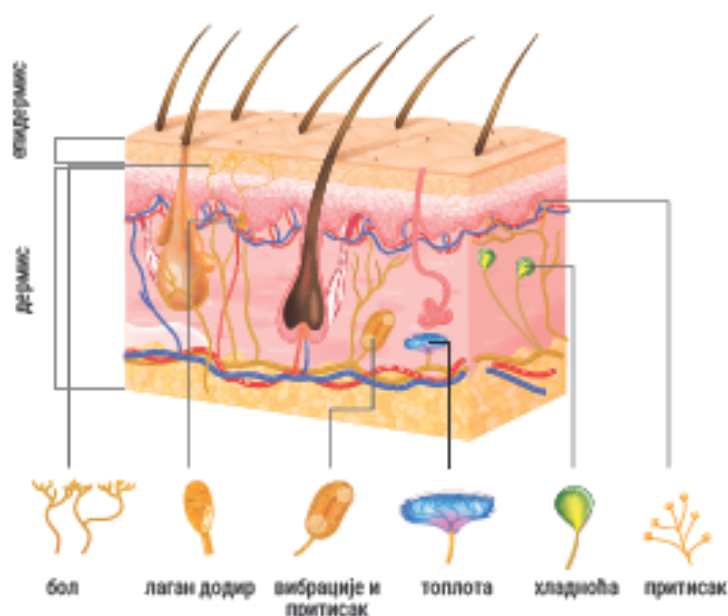
Осећај за притисак је осећај осетљивости коже. Њихови сензорни завршеци-органи налазе се у дубоким поткожним ткивима.

Осећај за температуру почиње посебним рецепторима за топлоту и хладноћу. Топли предмети стимулишу само рецепторе за топлоту, а хладни предмети стимулишу само рецепторе за хладноћу. Рецептори за топлоту, хладноћу и притисак се веома брзо адаптирају.

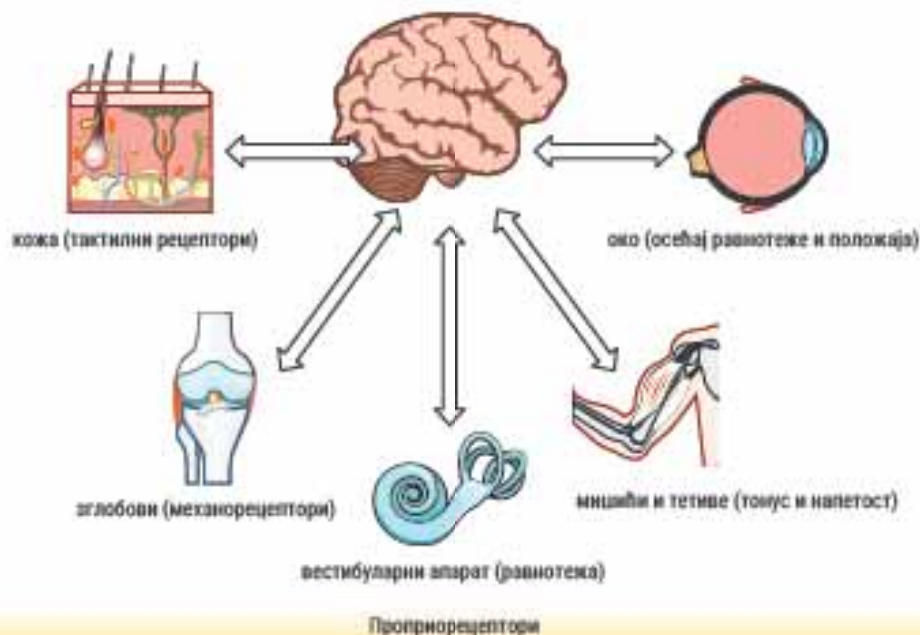
Рецептори за додир су сићушна, округла тела која се називају тактилне корпускуле. Налазе се углавном у дермису, а у већем броју су груписани на врховима прстију на рукама и ногама, на уснама и на врху језика, због чега су ови делови веома осетљиви на додир. Друга подручја, као што су надлактица и задњи део врата, имају мање рецептора и мање су осетљива на додир.

Бол је веома важан заштитни осећај. То је аларм за поремећену хомеостазу у телу. **Рецептори за бол** су веома распрострањени. Налазе се у кожи, мишићима, зглобовима, а много мање у већини унутрашњих органа (укључујући крвне судове). Рецептори за бол су разграната нерва влакна која се називају *слободни нервни завршеци*. Адаптација на бол је спора.

Преко рецептора који се налазе у мишићима, тетивама и зглобовима, добија се *осећај за одређивање положаја* и промена у локацији делова тела у односу на друге. Ови широко разгранати завршеци-органи називају се **проприоцептори**. Информације примљене од ових рецептора су неопходне за координацију мишића и важне су за активности као што су ходање, трчање и неки сложени покрети, као што је свирање музичких инструмената. Нервна влакна носе импулсе од ових рецептора до кичмене мождине и горе у мозак до делова који учествују у регулацији моторичке функције. *Мали мозак* је главни координациони центар за ове импулсе.



Рецептори за дубоки притисак, топлоту, хладноћу, бол, додир у кожи

**Активност****Пут надражаја**

Поделите се у мале групе. Свака група ће имати задатак да опише шта се дешава када особа додирне врућ предмет, види одређену слику или чује одређени музички комад. Требало би да опишете пут стимулуса од рецептора, кроз сензорни нерв, кичмену мождину или мозак, до моторног одговора. У свом опису треба да укључите термине рецептор, неурон, синапса, нерв, рефлекс или свесни одговор. На крају, укратко представите свој сценарио.

Питања за проверу знања

1. Опишите рефлексни лук који почиње терморецепторима.
2. Шта је вестибуларни апарат?
3. Која је улога средњег уха у процесу слуха?
4. Коју улогу играју рецептори у оку, уху и кожи у пријему информација из околине?
5. Како рецептори коже, слушни рецептори и фоторецептори шаљу информације централном нервном систему?

Занимљива биологија

- Зашто видимо у боји? Максимална апсорпција цис-ретинала у родопсину штапића је 500 nm. Насупрот томе, „плави чепићи“ имају максималну апсорпцију на 420 nm; „зелени чепићи“ на 530 nm; а „црвени чепићи“ на 560 nm. Мозак перципира све боје које особа може да види комбинаваном активношћу система ова три чепића.

2.25 Одржавање здравља нервног и чулног система

Подсети се!

- Како је изграђена синапса?
- Коју улогу играју неуротрансмитери?
- Који су наркотици, а који допинг средства?

Нервни и сензорни системи нам омогућавају да примамо информације из околине, размишљамо, учимо, крећемо се, реагујемо и преживљавамо у различитим ситуацијама. Захваљујући њима, комуницирамо, прилагођавамо се променама, осећамо задовољство, бол, звук, вид и мирис и доносимо одлуке.

Ако је нервни систем оштећен, то може довести до успореног размишљања, проблема са памћењем, нестабилности, тешкоћа са кретањем и оштећене координације. Сигнали које очи, уши, кожа и нос шаљу у мозак помажу телу да се оријентише у простору, избегне опасности и реагује на време. Оштећење чулног система доводи до смањене способности вида, слуха, осећаја додира или температуре, што може озбиљно утицати на безбедност и свакодневне активности. Стога је брига о нервном и чулном систему од највеће важности, посебно током адолесценције, када се мозак и живци још увек развијају и сазревају.

НАВИКЕ И ФАКТОРИ КОЈИ МОГУ ОЗБИЉНО ОШТЕТИТИ НЕРВНИ И ЧУЛНИ СИСТЕМ

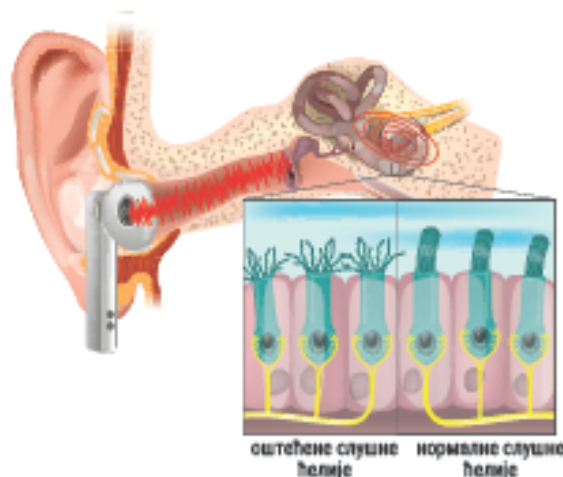
Слушни рецептори у унутрашњем уху се не регенеришу. Гласна музика (посебно на слушалицама) доводи до трајног губитка слуха и тинитуса.

Прекомерни унос шећера, масне пржене хране и недостатак витамина успоравају размишљање и оштећују нервно ткиво. Дехидратација такође брзо ремети пажњу и расположење.

Хронични недостатак сна може довести до ослабљене концентрације, промена расположења, лошије сензорне функције, споријег времена реакције и главобоље.

Дуготрајни стрес повећава хормон кортизол, који може оштетити центар за учење и памћење у мозгу.

Дроге мењају начин на који неурони шаљу, примају и обрађују сигнале. То може довести до трајних промена у комуникацији

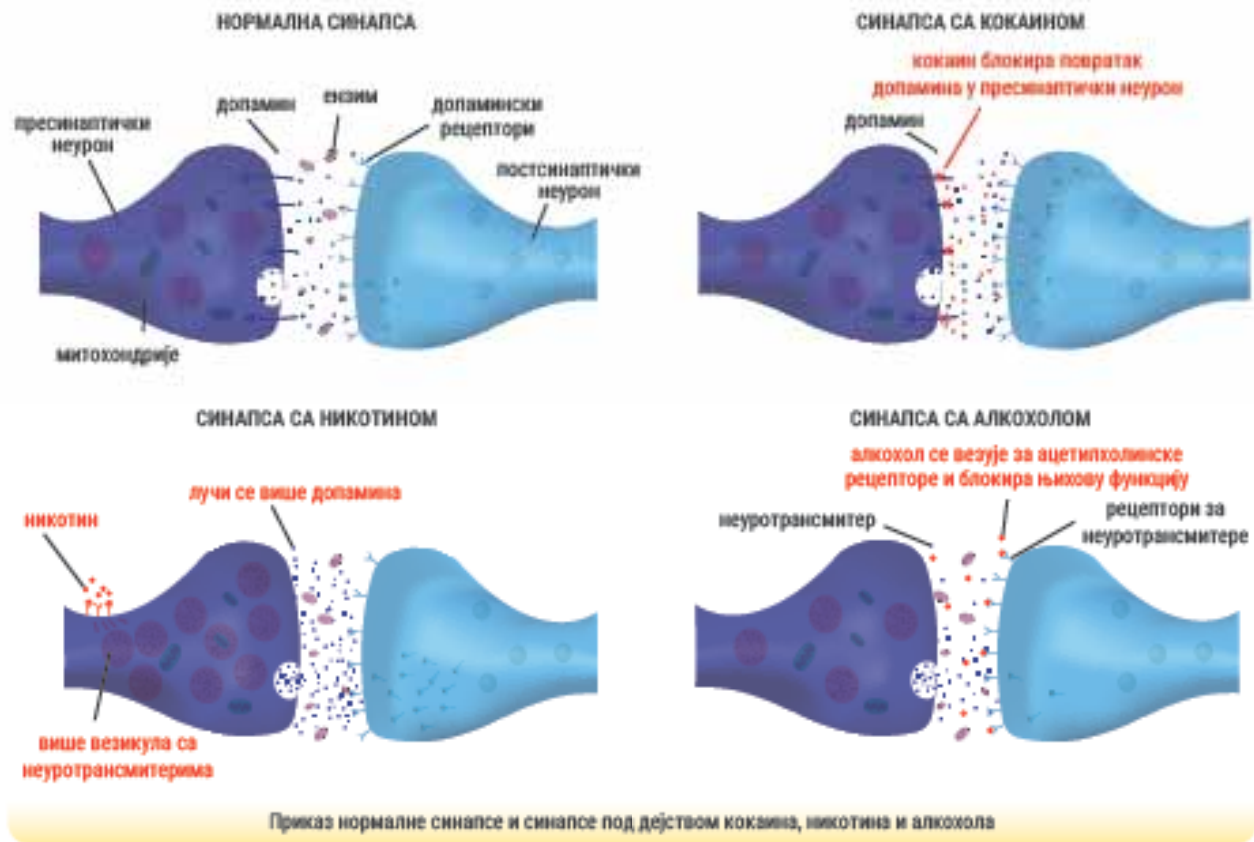


Гласна музика доводи до уништавања рецептора слуха

мозга, оштећеног памћења, лоше концентрације, зависности и психолошких проблема. Многе психоактивне супстанце директно уништавају синапсе и нервне ћелије.

Алкохол успорава пренос нервних импулса и смањује координацију. Дуготрајна употреба алкохола узрокује оштећење можданог ткива, проблеме са равнотежом, губитак осетљивости, оштећење памћења, оштећење вида и слуха итд. Штавише, код младих људи мозак је осетљивији, па су последице још веће.

Никотин сужава крвне судове и смањује проток крви у мозгу. То може проузроковати лошије снабдевање кисеоником, успорене нервне реакције, оштећење рецептора мириса и укуса и већи ризик од можданог удара у будућности.



ЗДРАВЕ НАВИКЕ КОЈЕ ОДРЖАВАЈУ НЕРВНИ И ЧУЛНИ СИСТЕМ

Током сна, мозак обнавља своје ћелије, организује информације и одржава здраве нервне везе. Адолесцентима је потребно 8 до 10 сати сна дневно. Недостатак сна доводи до смањене концентрације, успореног размишљања и раздражљивости.

Умерено вежбање побољшава проток кисеоника и хранљивих материја у мозак. Активности попут трчања, пливања, бављења спортом или чак брзог ходања побољшавају расположење, пажњу и памћење, а истовремено јачају координацију између нервног и мишићног система.

Мозак најбоље функционише када прима омега-3 масне киселине (риба, ораси), витамине В групе (житарице, месо, зелено лиснато поврће), антиоксиданте (воће, поврће) и довољно воде. Ови хранљиви састојци и вода побољшавају функционисање неурона и пренос импулса.

Предуго гледање у екране оптерећује вид, изазива умор, главобоље и оштећену концентрацију. Препоручује се пауза сваких 20–30 минута, ограничавање времена проведеног испред екрана пре спавања, правилно осветљење у соби итд.

Ношење kacиге приликом вожње бицикла или тротинета штити мозак и кичмену мождину. Ношење заштите за очи приликом рада са оштрим или хемијским материјалима смањује ризик од повреда. Избегавање гласне музике штити слушне ћелије у уху од трајног оштећења.

Умерен стрес може помоћи, али дуготрајан стрес оштећује нервне ћелије. Технике попут дубоког дисања, ходања, спорта и хобија смирују нервни систем.

Активност

Чувари командног центра

Поделите се у групе од 3–4 ученика. Свака група ће имати задатак да размисли о утицају свакодневних навика на функционисање нервног и чулног система. Свака група треба да изабере две здраве и две нездраве навике (на пример: довољно сна, физичка активност, прекомерна употреба мобилних телефона, алкохол, гласна бука) и да објасни: како ове навике утичу на функционисање нервног система (пажња, реакције, координација), како утичу на чула (вид, слух, равнотежа, укус) итд. Свака група треба да предложи специфичне стратегије за побољшање здравља нервног система. На крају, свака група треба да представи своје закључке.

Питања за проверу знања

1. Зашто су адекватан сан и редовна физичка активност важни за правилно функционисање нервног система?
2. Како употреба дрога, алкохола и никотина може негативно утицати на неуроне и пренос нервних импулса?
3. Опишите како исхрана утиче на чулни систем.
4. Како бука може оштетити слух?

Занимљива биологија

- Људска кожа може да детектује неправилности величине и до 0,005 mm путем својих рецептора за додир. У ствари, индустрија луксузних аутомобила и даље користи руке искусних људи да процени колико је возило полирано, јер су прсти ефикаснији од најсофистициранијих инструмената у откривању микроскопских неправилности.
- Хероин напада мозак и оштећује нервне ћелије, па особа постепено постаје зависна од њега како би преживела. Временом, мозак и тело се „програмирају“ дрогом, а мисли, памћење и емоције су озбиљно оштећени. Зависник се понаша као да је тело ту, али је мозак заробљен дрогом.

2.26 Ендокрини систем

Подсети се!

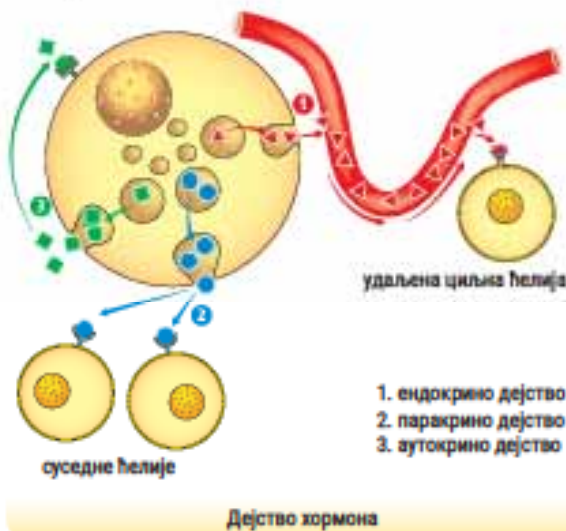
- Шта је хомеостаза, шта је повратна веза и каква она може бити?
- Шта је неуротрансмисер, где се производи и како функционише?

Људско тело стално одржава своје стабилно, повољно стање захваљујући сложеним регулаторним механизмима. У овој „скривеној контроли“ најважнију улогу играју нервни и ендокрини систем, који шаљу сигнале ћелијама путем посебних молекула.

Ендокрини систем се састоји од појединачних ћелија, група ћелија (острваца) или органа који производе регулаторне хемикалије зване хормони. Хормон може деловати на саму ћелију која га је створила (аутокрино), близу места стварања (паракрино) или се излучити у крв, а затим деловати на веома великој удаљености од места где се ослобађа (ендокрино). Ендокрине жлезде, за разлику од екзокриних жлезда, луче своје производе — хормоне — директно у крв или лимфу.

Ендокрини систем, заједно са нервним и циркулаторним системом, омогућава да се различити делови тела повежу у јединствену целину. Уз помоћ ових система, бројне функције различитих ткива, органа и других система у телу су повезане и регулисане. Таква регулација се назива **неуро-хуморална регулација**. Нервни систем углавном контролише брзе реакције и активности, као што су, на пример, контракције мишића и активност црева. За разлику од нервног система, деловање ендокриног система је много спорије и одвија се током дужег временског периода путем хемијских стимулатора.

Иако се разликују по начину деловања, нервни и ендокрини систем су уско повезани и заједнички учествују у регулацији телесних функција. Важан пример ове везе је **хипофиза** — ендокрина жлезда која регулише активност великог броја других жлезда, а чији је рад под контролом хипоталамуса, дела нервног система. Додатни доказ о вези између два регулаторна система је чињеница да неке биолошки активне супстанце могу имати двоструку улогу — и као хормони и као неуротрансмисери. Такав пример је **норадреналин**, који се излучује у крв као хормон из коре надбубрежне жлезде, али се такође ослобађа као неуротрансмисер на нервним завршечима. Својим деловањем, норадреналин координира рад срца, јетре и крвних судова, посебно у условима стреса, омогућавајући телу да се брзо и ефикасно прилагоди. Поред тога, одређени неурони могу лучити хормоне, познате као **неурохормони**, који се ослобађају у крв и делују ендокрино. Пример таквог хормона је **антидиуретички хормон**, који се синтетише у неуронима хипоталамуса и утиче на функционисање бубрега путем крви.



Ови примери јасно показују да нервни и ендокрини систем не делују одвојено, већ функционишу као интегрисани регулаторни механизам који одржава хомеостазу тела.

ХОРМОНИ

Хормони су хемијске супстанце које се производе у ендокриним жлездама и директно луце у крв. Они се транспортују крвотоком до различитих делова тела и делују као хемијске поруке које регулишу рад одређених ћелија и органа. Реч хормон потиче из грчког језика и значи „стимулирати“, али данас је познато да не повећавају сви хормони активност – неки је могу и смањити.

Хормони играју важну улогу у регулисању раста, метаболизма, репродукције и понашања. У зависности од места деловања, могу бити општег или специфичног дејства. Хормони са општим дејством, као што су хормон раста, хормони штитне жлезде и инсулин, утичу на више ткива и органа. Хормони са специфичним дејством делују само на одређене органе, на пример, тиреостимулишући хормон (TSH) који делује на штитну жлезду.

Ћелије или ткива на која одређени хормон делује називају се **циљне ћелије**. Они имају специфичне рецепторе на својој мембрани или унутар ћелије који могу да „препознају“ само одговарајући хормон. Када се хормон веже за рецептор, он покреће реакцију у ћелији као што је повећање активности, промена у метаболизму или производња одређених протеина.



Везивање хормона за рецепторе на циљним ћелијама

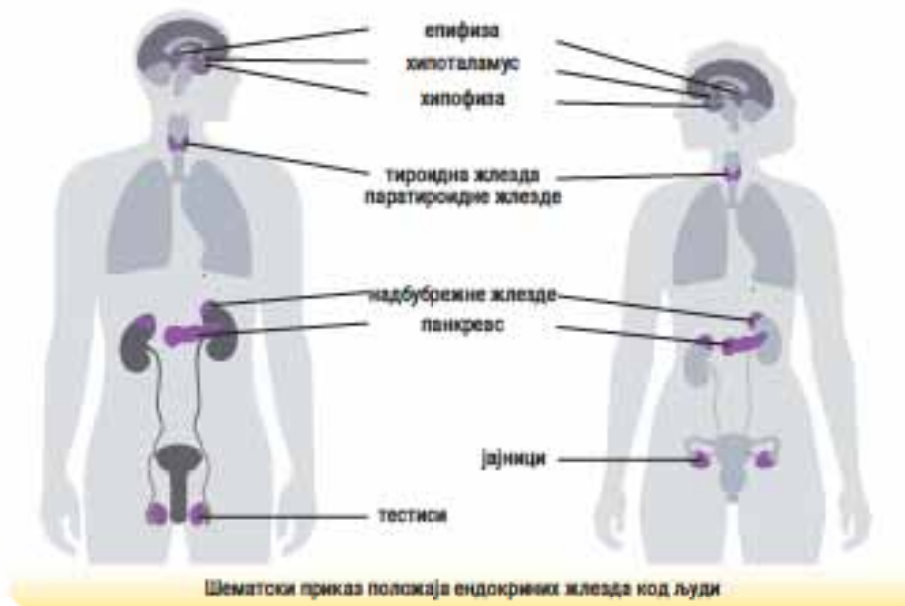
Хормони такође делују у веома малим количинама, али су од великог значаја за правилно функционисање организма. Неки од њих се након свог дејства разграђују, а неки остају у крвотоку дужи време.

Ниво (концентрација) хормона који се луце у нормалним условима одржава се у одређеним границама. То се постиже механизмом негативне повратне спреге. Лучење неких хормона може бити ритмично. То значи да постоји одређени максимум и одређени минимум током 24 сата. Такав је пример хормона коре надбубрежне жлезде. Максимално се лучи ујутру, након буђења, а минимално током ноћи (пре спавања). Хормон раста се лучи ритмички, са најинтензивнијим током ноћи, посебно током дубоког сна, а значајно се смањује током дана. Други пример, али за месечни ритам, су хормони који учествују у регулацији менструалног циклуса код жена.

ЕНДОКРИНЕ ЖЛЕЗДЕ

Најважније ендокрине жлезде су: хипофиза, штитна жлезда, параштитна жлезда, надбубрежна жлезда итд. Остали органи, поред ендокрине, имају и екзокрину функцију, као што је панкреас, где поред

хормона, део њега производи и сокове који се луче у дигестивни тракт и учествују у процесима варења. Постоји велики број органа који, поред своје основне функције, производе и хормоне. Ту спадају: хипоталамус, тимус, срце, бубрези, желуцац, танко црево, јетра, кожа, полне жлезде, па чак и масно и коштано ткиво.



Шематски приказ положаја ендокриних жлезда код људи

ХИПОФИЗА

Хипофиза је релативно мала, али веома важна жлезда. Величине је трешње и тежи око 0,5 грама. Налази се у коштаном удубљењу у облику седла у основи лобање. Повезана је хипофизном дршком са хипоталамусом, делом међумозга. Готово све секрете које лучи хипофиза контролише хипоталамус.

Хипофиза је сложена ендокрина жлезда састављена од три различита дела, како по функцији тако и по структури:

- предњи део (аденохипофиза);
- задњи део (неурохипофиза);
- средњи део.

Средњи део хипофизе код људи је веома мали и готово безначајан. Међутим, код неких животиња је много већи и има важну функцију. Овде се производи **меланотропни хормон (MSH)**, који регулише производњу меланина у кожи. Меланин је одговоран за боју коже.

Неурохипофиза је продужени део хипоталамуса. То је нервно ткиво, па отуда и име. Нервна влакна и нервни завршеци који чине неурохипофизу потичу из хипоталамуса. Хормони неурохипофизе се синтетишу у хипоталамусу и луче дуж нервних завршетака аксона у неурохипофизи. Испоставља се да је она, у ствари, својеврсни резервоар за ове хормоне. На лучење хормона неурохипофизом утичу нервни импулси који долазе из хипоталамуса.

Неурохипофиза лучи два хормона: антидиуретички хормон (ADH), познат и као вазопресин, и окситоцин.

- Антидиуретички хормон утиче на смањење диурезе (смањено излучивање урина). Када се веже за рецепторе на ћелијама у секундарним бубрежним каналићима, изазива повећану реапсорпцију воде из примарног урина у крв. Недостатак овог хормона изазива болест познату као нешећерни дијабетес (дијабетес инсипидус).

У нормалним условима, повећана количина воде у телу изазива смањење, а смањена количина изазива повећање лучења овог хормона. У већим количинама, овај хормон такође има вазопресорни ефекат на периферне крвне судове, што резултира повећањем крвног притиска. Управо због овог ефекта познат је и као *вазопресин*.

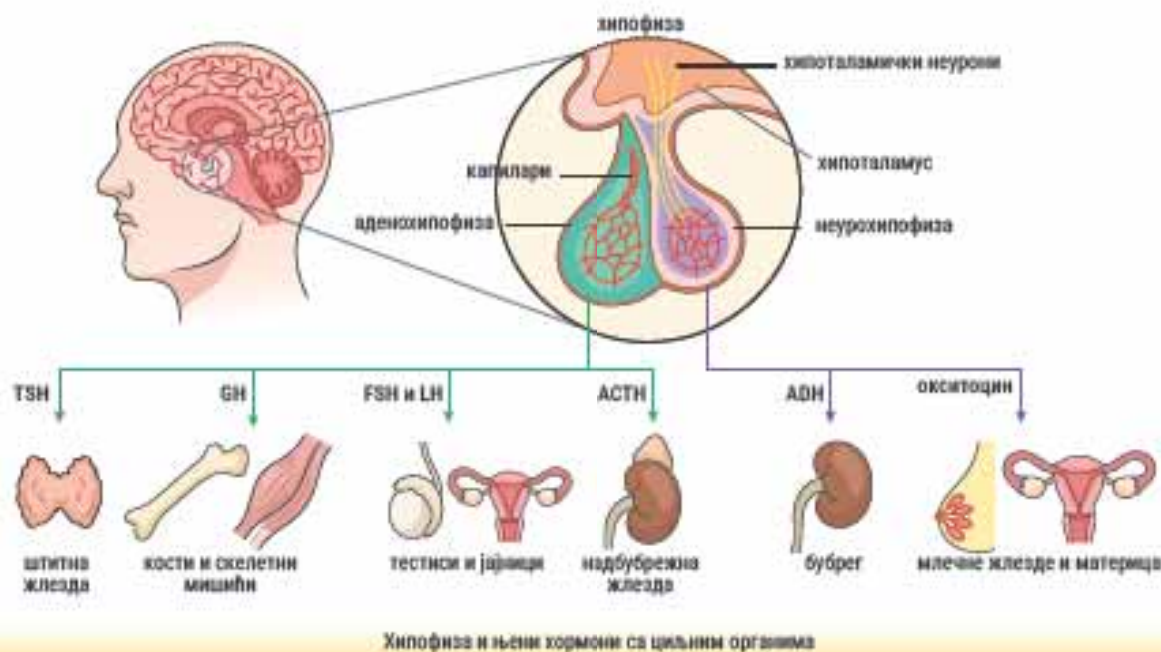
- Окситоцин изазива контракцију материце, што олакшава путовање сперматозоида до јајне ћелије. Током порођаја изазива контракцију мишића материце, што олакшава порођај. Окситоцин делује на канале млечних жлезда током дојења, што помаже у истискивању млека у уста новорођенчета.

Хормони **аденохипофизе** називају се тропни или стимулишући хормони. Сви они су протеини и имају стимулативни ефекат на функцију других ендокриних жлезда у телу. На тај начин, они директно или индиректно учествују у контроли многих функција у телу. Зато се аденохипофиза сматра главном жлездом, односно неком врстом „проводника“ у ендокрином систему. Следеће стимулишуће хормоне синтетише и лучи аденохипофиза:

- Соматотропни хормон (STH) или хормон раста (GH) делује директно на већину ткива у телу у којима стимулише синтезу протеина неопходних за раст.
- Тиреотропни хормон (TSH) или тиротропин регулише функцију штитне жлезде и има стимулативни ефекат на синтезу и лучење хормона штитне жлезде.
- Адrenокортикотропни хормон (ACTH) регулише функцију коре надбубрежне жлезде, тј. синтезу и лучење хормона који се називају кортикостероиди.
- Пролактин (PRL), познат и као лактотропни хормон (LTH), стимулише млечне жлезде да синтетишу и луче млеко код жена.
- Гонадотропни хормони утичу на гонаде (полне жлезде). Они регулишу раст, развој и функцију репродуктивног система и код мушкараца и код жена. Постоје два гонадотропна хормона:
 - Фоликулостимулирајући хормон (FSH), који стимулише развој јајних ћелија у јајницима и сперматозоида у тестисима, такође познат као гонадостимулин А;
 - Лутеинизирајући хормон (LH), који изазива овулацију код жена и лучење полних хормона и код мушкараца и код жена, такође познат као гонадостимулин Б.

Лечење хормона из аденохипофизе готово у потпуности контролише хипоталамус негативном повратном спрегом. У хипоталамусу се синтетишу и луче посебни хормони који се називају *ослобађајући (релизинг) хормони*. Наиме, за сваки стимулишући хормон из аденохипофизе постоји посебан ослобађајући хормон из хипоталамуса, који стимулише његову производњу. Хипоталамус такође производи хормоне који инхибирају ослобађање одређених хормона из аденохипофизе. Откривена су три таква хормона: соматостатин (хормон који инхибира хормон раста – инхибира лучење хормона раста), затим фактор који инхибира пролактин и инхибира лучење пролактина (касније је утврђено да је овај хормон неуротрансмитер допамин) и хормон који инхибира лучење MSH.

Хипоталамус прима „информације“ из скоро целог нервног система и у зависности од тога производи сопствене хормоне. Стимулишући и инхибиторни хормони који се производе у хипоталамусу преносе се до аденохипофизе кроз посебан циркулаторни систем који се назива *портални систем хипофизе*. На овај начин, ендокрине ћелије могу бити стимулисане да производе одговарајуће хормоне.

**Активност****Истраживање хормона хипофизе**

Поделите се у групе од неколико ученика. Нека свака група изабере један од хормона које лучи хипофиза. Истражите његову производњу, регулацију и шта се дешава када тело лучи превише или премало хормона. Презентујте својим школским друговима.

Питања за проверу знања

1. Која је разлика између хормона и неуротрансмитера?
2. Објасните како хормон норадреналин може деловати и као хормон и као неуротрансмитер у нервном систему.
3. Која је улога хипофизе у регулацији хомеостазе воде?
4. Како хипоталамус повезује неуронску регулацију са лучењем хормона хипофизе?
5. Која је разлика између аденохипофизе и неурохипофизе?

Занимљива биологија

- Хипофизна жлезда је веома мала, али контролише скоро све — од тога колико растемо у висину до тога како се наше тело носи са стресом или жеђи!

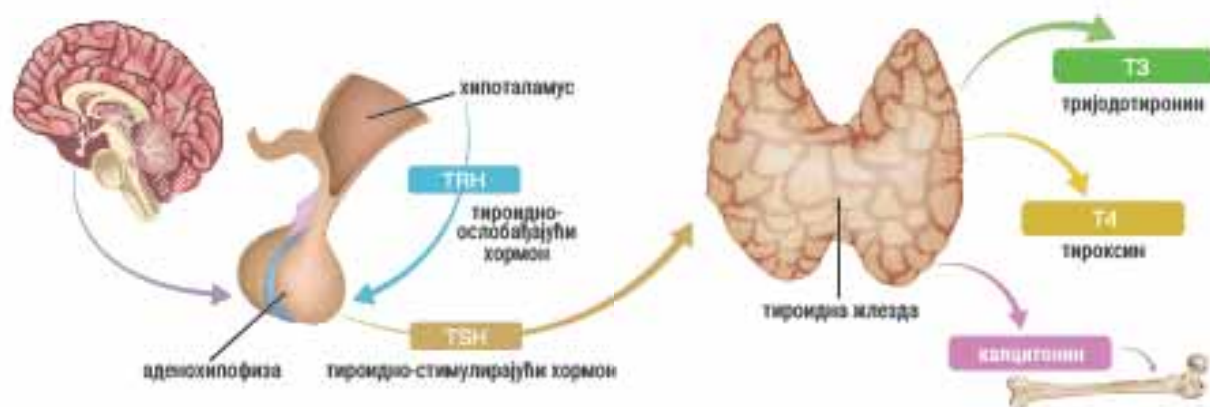
2.27 Остале ендокрине жлезде и њихови хормони

Подсети се!

- У ком делу централног нервног система се налази хипоталамус?
- Како су повезани хипоталамус и хипофиза?
- Шта су хормони?

ТИРОИДНА (ШТИТНА) ЖЛЕЗДА

Тироидна (штитна) жлезда има облик сличан штиту и налази се одмах испод гркљана, са обе стране трахеје. Тежи од 30 до 60 грама. Састоји се од два режња (левог и десног) који су повезани ужим жлезданим делом, који се назива истмус. Ткиво штитне жлезде састоји се од великог броја фоликула (мехурића) који су испуњени колоидом (протеинском масом). У њима се синтетишу и акумулирају тироидни хормони. Сваки фоликул је обложен жлезданим ћелијама – тироцитима. Споља, цела штитна жлезда је прекривена везивним ткивом.



Шематски приказ штитне жлезде и њеног положаја

Штитна жлезда синтетише два липофилна хормона – тироксин (T4) и тријодотиронин (T3). Тироксин се сматра главним хормоном, јер се лучи око четири пута више од тријодотиронина. Њихова биосинтеза захтева јод, који се уноси храном или водом, и аминокиселину тирозин.

Физиолошки ефекти тироидних хормона су разноврсни. Ови хормони учествују у расту, развоју и функцији нервног система, повећавају производњу топлоте, утичу на рад срца и дисање, као и на варење и коришћење хранљивих материја. Када је тело изложено хладноћи, лучење тироидних хормона се повећава, што доводи до интензивније производње топлоте и одржавања нормалне телесне температуре.

Тироидни хормони стимулишу синтезу протеина, посебно током периода раста и развоја, чиме доприносе нормалном расту и обнављању ткива. Повећавају коришћење глукозе и разградњу

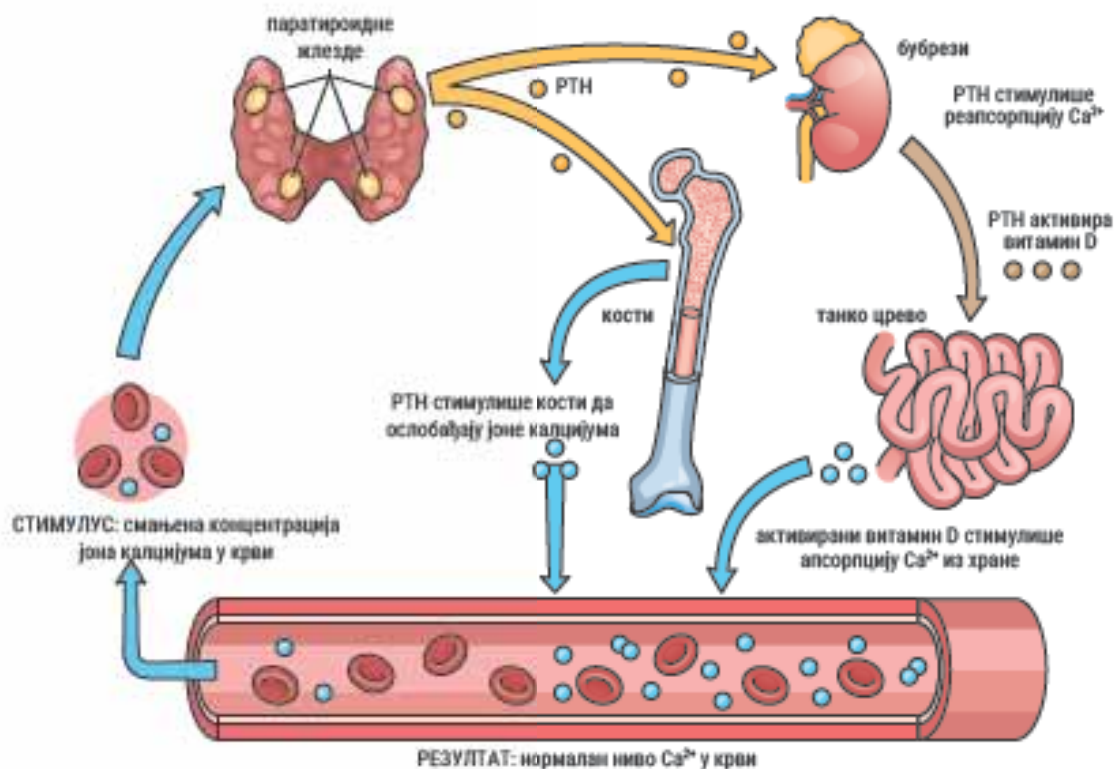
гликогена. Истовремено, стимулишу разградњу масти, што доводи до смањења резерви масти и убрзања укупног метаболизма. Повећавају базални метаболизам и потрошњу кисеоника у ћелијама, што резултира општим убрзањем метаболичких процеса у организму.

Синтеза и секреција тироидних хормона регулисане су по принципу негативне повратне спреге. То значи да повећана концентрација тироксина у крви има инхибиторни ефекат на секрецију тироидно-ослобађајућег хормона из хипоталамуса. Као резултат тога, секреција тироидно-стимулирајућег хормона из аденохипофизе се смањује, што смањује стимулацију штитне жлезде за синтезу и секрецију тироидних хормона.

Калцитонин (тирокалцитонин) је трећи хормон који лучи штитна жлезда. Има протеинску структуру и хидрофилан је, и има супротан ефекат од паратиroidног хормона. Доводи до смањења Ca^{2+} у крви стимулишући уградњу Ca^{2+} из крви у кости.

ПАРАТИРОИДНЕ ЖЛЕЗДЕ

Паратиroidне жлезде су два пара жлезда које се налазе на задњем делу режњева штитне жлезде. Ове жлезде луче паратиroidни хормон (PTH) или паратхормон. PTH се синтетише и ослобађа као одговор на смањење Ca^{2+} у крви. Ово смањење не може бити одрживо дуго времена јер значајан пад Ca^{2+} у крви може изазвати оштећену функцију мишића, укључујући срце, као и неправилно функционисање нервног и ендокриног система. Паратиroidни хормон стимулише повећање Ca^{2+} у крви. С друге стране, PTH такође учествује у активацији витамина D.



Шематски приказ паратиroidне жлезде и регулација јона калцијума

Витамин D је липофилни витамин који се може унети храном, али се може синтетизовати и у кожи из деривата холестерола под утицајем сунчеве светлости. Завршни корак активације стимулише паратироидни хормон. Активни облик витамина D учествује у регулацији хомеостазе калцијума и фосфора. Овај хормон стимулише апсорпцију Ca^{2+} у цревима и тиме помаже у повећању нивоа Ca^{2+} у крви.

Два хормона (паратироидни хормон и калцитонин) и витамин D раде заједно и тако обезбеђују релативно константну количину Ca^{2+} у крви и довољно Ca^{2+} за формирање костију, као и за многе друге функције.

НАДБУБРЕЖНЕ ЖЛЕЗДЕ

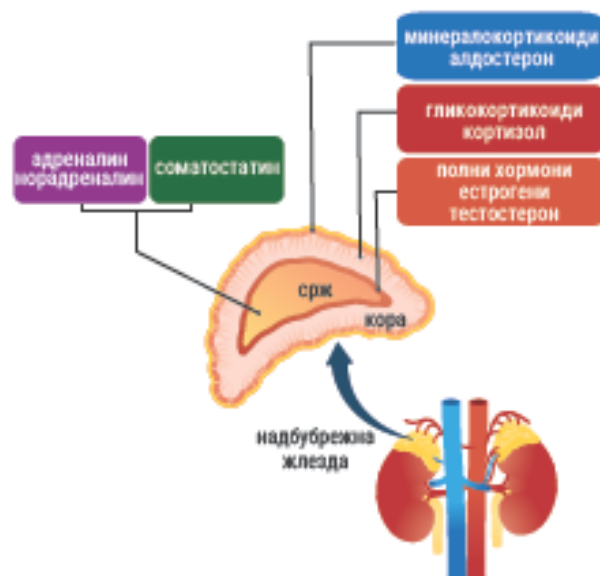
Надбубрежне (адреналне) жлезде су две релативно мале жлезде, тежине око 4 – 6 g свака. Налазе се одмах изнад бубрега. Унутрашњи део се назива срж или медула, а спољашњи део се назива кора или кортекс надбубрежне жлезде.

Срж надбубрежне жлезде производи два хормона: адреналин и норадреналин, познати као катехоламини. Код одрасле особе се лучи више адреналина (око 80 %), а мање норадреналина (око 20 %). Ове супстанце се не производе само у надбубрежним жлездама, већ их ослобађају и симпатичка нервна влакна, због чега уклањање сржи жлезде није опасно по живот. Адреналин и норадреналин се називају и хормони стреса или хормони „борбе или бекства“, јер се луче у условима стреса, страха, беса или опасности и помажу телу да брзо реагује.

Адреналин убрзава метаболизам, повећава концентрацију глукозе у крви, убрзава рад срца и подиже крвни притисак. Он сужава крвне судове у неактивним органима и шири их у активним деловима тела. Такође узрокује ширење бронхиола, што олакшава дисање. Норадреналин има сличан ефекат, али израженије сужава крвне судове у већини делова тела и има снажан утицај на повећање крвног притиска.

Из **коре надбубрежне жлезде** се луче три главне групе хормона: **глюкокортикоиди**, **минералокортикоиди** и мале количине **полних хормона**. Сви они припадају групи **стероидних хормона**, због чега се називају **кортикостероиди**.

- **Глюкокортикоиди** играју важну улогу у метаболизму угљених хидрата. Учествују у производњи глукозе и помажу у одржавању енергетске равнотеже у организму. Такође штите организам у условима стреса и смањују инфламаторну реакцију, због чега се користе и као лекови. Најважнији глюкортикоид је кортизол (хидрокортизон). Њихово лучење се регулише путем негативне повратне спреге са хипоталамусом и хипофизом.
- **Минералокортикоиди** регулишу равнотежу воде и минерала у организму, посебно натријума и калијума. Делују на бубреге, где повећавају реапсорпцију натријума и подстичу излучивање калијума. Најважнији хормон у овој групи је алдостерон.



Надбубрежна жлезда и њени хормони

- Полни хормони које лучи кора надбубрежне жлезде присутни су у малим количинама и углавном су андрогени.

ПАНКРЕАС

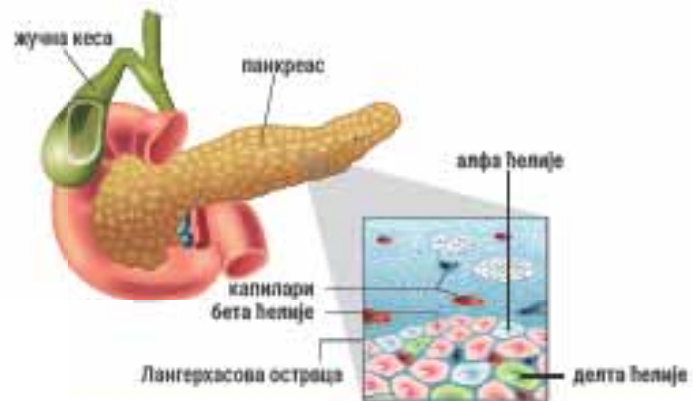
Панкреас (гуштерача) је жлезда са двоструком функцијом: екзокрином (производи панкреасни сок који се лучи у танко црево и учествује у варењу хране) и ендокрином функцијом. Ендокрини део панкреаса састоји се од малих група (острваца) специјализованих ћелија, названих **Лангерхансова острваца**. Они синтетишу три хормона: инсулин, глюкагон и соматостатин. Инсулин синтетишу такозване бета ћелије, глюкагон алфа ћелије, а соматостатин делта ћелије.

Главни ефекат инсулина је регулација нивоа глукозе (шећера) у крви (гликемија). Има хипогликемијски ефекат, тј. смањује концентрацију глукозе у крви, стимулишући њен улазак из крви у ћелије, њено коришћење за енергију и складиштење као гликоген у јетри и мишићима.

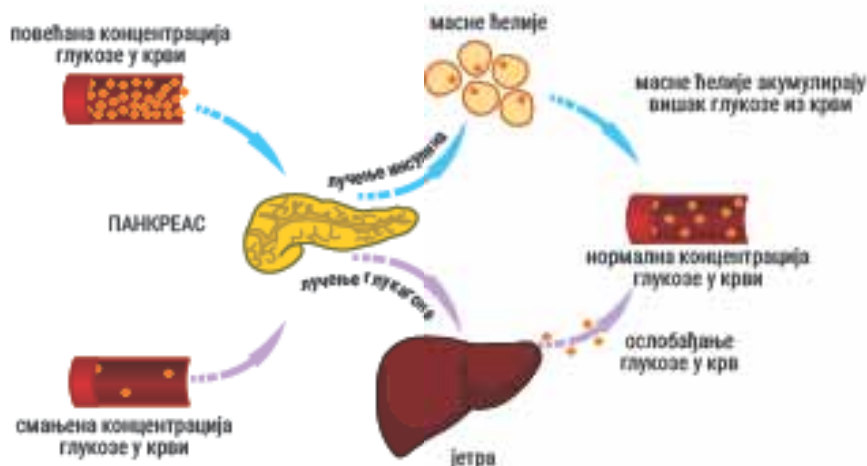
Глукагон има супротан ефекат од инсулина. Повећава ниво глукозе у крви разградњом гликогена у јетри. У условима гладовања, такође учествује у стварању глукозе из других супстанци, чиме обезбеђује енергију телу.

Соматостатин смањује лучење неких хормона, укључујући хормон раста.

Лучење инсулина и глюкагона регулисано је нивоом глукозе у крви, а нервни систем такође утиче на лучење инсулина, при чему парасимпатикус повећава његово лучење, а симпатикус смањује.



Ендокрини део панкреаса – Лангерхансова острва са три врсте ћелија



Шематски приказ регулације нивоа глукозе у крви (гликемија)

ПОЛНЕ ЖЛЕЗДЕ

Полне жлезде имају двоструку функцију: егзокрину и ендокрину. Егзокрина функција се састоји у стварању полних ћелија (сперматозоида и јајних ћелија). Ендокрина функција се састоји у синтези и лучењу полних хормона.

У мушким полним жлездама (тестиси) синтетишу се мушки полни хормони (познати и као **андрогени**). Најважнији од њих је тестостерон. Он првенствено утиче на раст, развој и функцију мушких гениталија, а такође утиче и на појаву секундарних мушких карактеристика (појава браде, бркова, дубок глас, развијенији мишићи, интензивнији метаболизам итд.).

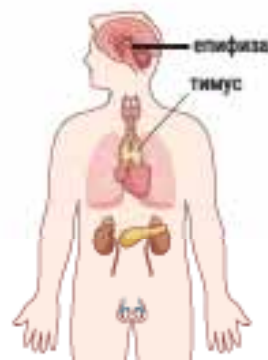
У женским полним жлездама (јајницима) синтетишу се женски хормони, познати и као **естрогени**. Најважнији од њих је естрадиол. Утиче на развој женских гениталија, развој млечних жлезда и појаву секундарних полних карактеристика. Код жена се синтетише и други важан хормон назван прогестерон. Његова најважнија физиолошка улога је у развоју и одржавању трудноће.

ТИМУС

Тимус (грудна жлезда) је жлезда која се налази иза грудне кости и има важну улогу у развоју имуног система, посебно у детињству. Она лучи хормоне као што је **тимозин**, који учествује у сазревању Т-лимфоцита. Тимус је најактивнији до пубертета, а затим се његова активност смањује под утицајем полних хормона.

ЕПИФИЗА

Пинеална жлезда (епифиза) је мала, спљоштена жлезда конусног облика, смештена у крову средњег мозга и лучи хормон **мелатонин**. Он се углавном лучи ноћу, а мање током дана под утицајем светлости. Мелатонин регулише ритам дан-ноћ, тј. сан и будност, и има утицај на пубертет и репродуктивни систем.



Место положаја епифизе и тимуса

ДРУГИ ХОРМОНИ

Поред ендокриних жлезда, хормоне луче и друга ткива и органи. Тако бубрези луче хормон **еритропоетин**, који стимулише производњу еритроцита у коштаном сржи. Лучи се када је у крви мање кисеоника. Желудац лучи хормон **гастрин**, који стимулише варење у желуцу. Хормони који регулишу процесе варења, као што су **секретин** и **холецистокинин**, производе се у танком цреву. Секретин стимулише лучење панкреасног сока богатог бикарбонатима и ензимима, а холецистокинин стимулише пражњење жучне кесе, што побољшава варење масти.

Преткоморе срца производе хормон који се зове **атријални натриуретски пептид (ANP)**, који повећава излучивање натријума и воде путем бубрега и снижава крвни притисак.

Током трудноће, плацента лучи хормоне важне за одржавање трудноће и развој фетуса, као што су **хумани хорионски гонадотропин (hCG)**, прогестерон и естрогени. Присуство hCG се користи као поуздани индикатор трудноће.

Простагландини су супстанце које се производе у многим ткивима и делују углавном локално. Учествују у инфламаторним процесима, контракцијама материце и у регулацији крвних судова. Неки лекови, попут аспирина, смањују њихову производњу, а њихово повећано лучење може изазвати бол, на пример током менструације.

Активност**1. Лична карта ендокриних жлезда**

Поделите се у групе од 4-5 ученика. Направите дијаграм са називима ендокриних жлезда, хормонима које луче, њиховим циљним органима и функцијама. Када завршите, представите своје постере и нека остали ученици провере њихову тачност.

2. Дневник хормона

Водите дневник 1-2 дана, бележећи своје активности, расположење и енергију. Покушајте да повежете када одређени хормони попут кортизола (стрес), мелатонина (сан) или инсулина (после оброка) могу бити активни. На крају, заједно разговарајте о томе како хормони регулишу наше тело и свакодневне активности.

Питања за проверу знања

1. Како је хипофиза повезана са штитном жлездом и надбубрежном жлездом?
2. Како инсулин и глукагон из панкреаса помажу у одржавању хомеостазе глукозе у крви? Објасните.
3. Како калцитонин и паратиroidни хормон учествују у хомеостазе калцијума?

Занимљива биологија

- Мелатонин се производи у епифизи и представља „хормон таме“ јер сигнализира телу да спава ноћу. Окситоцин, који се производи у хипоталамусу, је „хормон задовољства“ и везивања јер се ослобађа при додиру и присуству поверења. Серотонин се производи у мозгу и желуцу и представља „хормон среће“ – када смо сити и осећамо се добро, желудац и мозак шаљу сигнале који побољшавају наше расположење. Заједно, ови хормони регулишу сан, задовољство, везивање и срећу, стварајући осећај благостања.
- Први експерименти откривања инсулина као хормона почели су 1889. године када је примећено да његов недостатак изазива дијабетес. Године 1921, изолован је инсулин, први хормон који се користио као лек за људе.

2.28 Повезаност између нервног и ендокриног система

Подсети се!

- Да ли су нервни и ендокрини систем анатомски повезани?
- Да ли неки неуротрансмитер делује на ендокрине ћелије и обрнуто?

Ендокрини и нервни систем су два главна механизма путем којих тело координира свој рад и реагује на промене у окружењу. Иако функционишу на различите начине, они су уско повезани и заједно обезбеђују одржавање хомеостазе и правилно функционисање тела.

Нервни систем функционише путем брзих електричних импулса који се преносе кроз нерве и омогућавају тренутне реакције, као што је повлачење руке са врућег предмета или брза реакција на страх. С друге стране, ендокрини систем делује путем хормона који се преносе кроз крв и спорије, али дуже време утичу на органе, регулишући раст, метаболизам, развој и енергетски баланс.

Кључна веза између два система налази се у хипоталамусу. Хипоталамус прима информације и, преко хипофизе, управља радом ендокриних жлезда. На овај начин, нервни систем може да покрене хормонске промене, а хормони заузврат утичу на рад свих делова тела, укључујући и нервно ткиво у централном нервном систему.

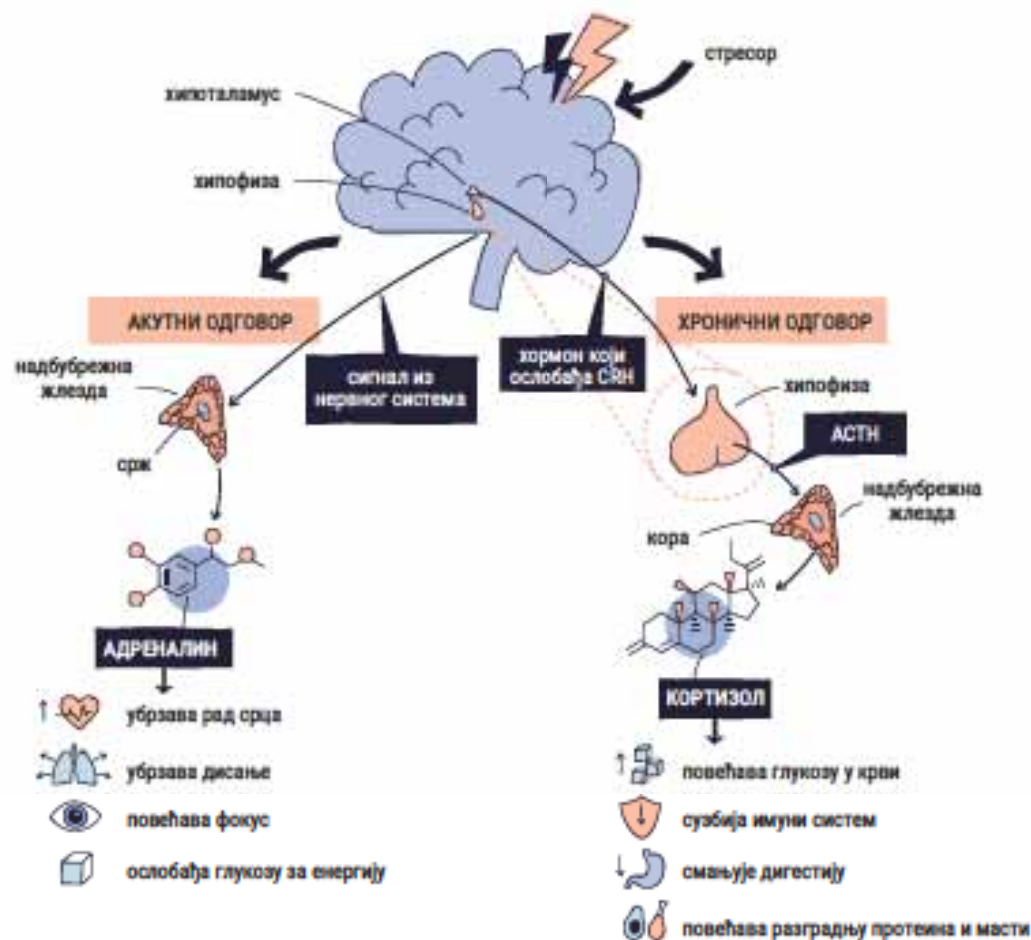
На пример, током стреса, хипоталамус, по пријему стимулуса, шаље сигнал надбубрежним жлездама да луче адреналин и кортизол, који припремају тело за реакцију. Ова стална комуникација омогућава телу да брзо реагује када је потребно, али и да се дугорочно прилагоди условима како би одржало равнотежу и здравље тела.

Када је веза између нервног и ендокриног система оштећена, тело губи способност да правилно координира своје реакције и одржава унутрашњу равнотежу. Ако хипофиза не прима исправне сигнале из мозга, може доћи до хормонског дисбаланса у штитној жлезди, неправилних нивоа хормона раста или поремећене регулације шећера. Проблеми са нервним путевима могу утицати и на панкреас, што доводи до потешкоћа у одржавању нормалне гликемије. Код дугорочно поремећене везе, тело се суочава са симптомима као што су промене расположења, несаница, проблеми са тежином, смањена концентрација и погоршање општег здравственог стања.

Дисфункција хипофизе најчешће је резултат тумора у њој или у хипоталамусу. Неки од ових тумора садрже велики број ћелија које производе хормон раста. Ако постоји повећано лучење хормона раста у детињству и адолесценцији, јавља се **гигантизам**, односно абнормално висок раст. Људи са овим поремећајем су често слаби и могу достићи велику висину. Уколико се код одраслих јави повећано лучење хормона раста, јавља се **акромегалија** – увећање појединих делова тела, као што су руке, стопала, нос, језик и доња вилица. Смањено лучење хормона раста у детињству може се успешно лечити давањем соматотропног хормона. Са смањеним лучењем хормона раста, могу се јавити и промене у менталном развоју.

Табела: Поређење дејства хормона и неуротрансмитера

Карактеристика	Нервни систем	Ендокрини систем
Брзина	Веома брзо	Спорије
Трајање	Краткорочно	Дугорочно
Метод	Нервни импулси	Хормони путем крви
Сврха	Брзе реакције	Дугорочни процеси



Акутни и хронични одговор тела на стрес

Поремећаји штитне жлезде могу се јавити из различитих разлога. Најчешћи поремећаји су: гушавост (струма), хипотиреоза и хипертиреоза. **Гушавост** је увећање штитне жлезде. Најчешће је последица недостатка јода у исхрани. **Хипотиреоза** је стање у којем штитна жлезда лучи премало хормона. Ако се јави рано у развоју или одмах након рођења, може довести до озбиљних кашњења у физичком и менталном развоју. **Хипертиреоза** се јавља када штитна жлезда лучи превише хормона. Најпознатији облик је Грејвсова (Базедова) болест, коју карактеришу гушавост, испупчене очи, убрзан рад срца, повећано знојење, губитак тежине, нервоза и нетолеранција на топлоту.

За рано откривање болести штитне жлезде, најчешће се раде анализе крви ради мерења нивоа хормона штитне жлезде и тиреостимулирајућег хормона (TSH), а понекад и тест радиоактивног јода.

Смањена функција надбубрежне коре доводи до појаве болести познате као **Адисонова болест**. Главне карактеристике ове болести су: атрофија мишића (смањење мишићног ткива), слабост, пигментација коже и поремећаји равнотеже соли и воде у телу. Повећано лучење кортизола изазива стање које се назива **Кушингов синдром**, са симптомима који укључују повећање телесне тежине са карактеристичним заобљењем лица, танку кожу са модрицама, слабост мишића, губитак коштане масе и повишен ниво шећера у крви.

Из различитих разлога, могу се јавити поремећаји у функцији бета ћелија у панкреасу, што може резултирати смањеним или повећаним лучењем инсулина. Са смањеним лучењем инсулина, глюкоза



не може да уђе у ћелије и остаје у крви и излучује се у вишку преко бубрега урином (гликозурија). Ово стање (болест) се назива **шећерна болест** (дијабетес мелитус). Постоје два основна типа дијабетеса: инсулино-зависни дијабетес и инсулино-независни дијабетес. Ова болест се може контролисати посебном исхраном или узимањем лекова.

Данас је познато да постоји много људи који су осетљиви на сезонске промене. На пример, дуги и мрачни дани утичу на смањење мотивације и расположења. Људи који пате од такозване сезонске болести када се трајање дана скраћује, постају поспани, депресивни и нервозни. Верује се да је узрок таквог понашања мелатонин, који лучи епифиза. Наиме, светлост повећава мотивацију и расположење смањењем лучења мелатонина (познатог и као депресивни хормон).

ЗДРАВЕ НАВИКЕ ЗА ОЧУВАЊЕ ЕНДОКРИНОГ СИСТЕМА

Као и код других система, здраве свакодневне навике су кључне за ендокрини систем. Нервни и ендокрини систем су у сталној комуникацији, тако да здрав начин живота одржава њихове нормалне односе.

Правилна исхрана је једна од најважнијих навика које одржавају ендокрини систем здравим. Исхрана богата поврћем, воћем, интегралним житарицама, здравим мастима и протеинима подржава нормално лучење хормона и спречава оптерећење жлезда попут штитне жлезде и панкреаса. Прекомерна употреба рафинисаних шећера и једноставних угљених хидрата доводи до прекомерног лучења инсулина, што умара панкреас и повећава ризик од дијабетеса. Избор хране са интегралним житарицама, јабукама, орашастим плодовима помаже у одржавању стабилног нивоа шећера у крви. С друге стране, штитној жлезди су потребни јод и селен за нормалну производњу хормона. Риба, јодирани со, јаја и бразилски ораси помажу да штитна жлезда правилно функционише.

Умерена физичка активност побољшава лучење неколико хормона, али такође побољшава комуникацију између мозга и ендокриних жлезда. Кретање повећава осетљивост ћелија на инсулин, побољшава расположење и смањује ниво хормона стреса. Надбубрежне жлезде су веома осетљиве на стрес. Умерено вежбање (брзо ходање, пливање, вожња бицикла) смањује кортизол и стабилизује адреналин.

Сан је веома важан за правилно лучење хормона. Недостатак сна ремети функционисање хипоталамуса и хипофизе и изазива промене у многим хормонима, посебно кортизолу, хормону раста и хормонима који контролишу глад. Тако се током дубоког сна лучи хормон раста, који је неопходан за раст, регенерацију и правилан метаболизам. Познато је да недовољно сна повећава кортизол, који утиче на телесну тежину, имунитет и ментално стање. Неправилни ритмови спавања ремете сигнале из мозга до хормона који контролишу глад, што доводи до преједања.

Хронични стрес је један од највећих непријатеља нормалне хормонске равнотеже. Оптерећује надбубрежне жлезде, мења лучење хормона штитне жлезде и ремети комуникацију мозак-хипофиза-жлезде. Познато је да дуготрајно повишен кортизол може довести до умора, слабог имунитета, поремећеног сна, повишеног шећера и промена расположења.

С друге стране, дубоко дисање, шетње у природи или хоби активности смањују стрес и помажу у стабилизацији и нервног и ендокриног система.

Одређене супстанце попут никотина, алкохола и прекомерног уноса кофеина могу пореметити хормоне и нервне импулсе. Алкохол преоптерећује хипофизу и штитну жлезду, узрокујући неправилно лучење хормона. Никотин утиче на надбубрежну медулу, стимулишући прекомерно лучење адреналина и норадреналина. Пластика, пестициди и козметика са штетним састојцима могу блокирати дејство природних хормона.

Ментално стање директно утиче на нервни систем, а индиректно на hormone. Позитивно окружење, комуникација и подршка смањују стрес и побољшавају везу између два система. Добро ментално стање стабилизује серотонин, што индиректно утиче на hormone повезане са апетитом, сном и расположењем.

Смањен стрес → мање лучење кортизола → равномернији рад целог ендокриног система

Прекомерна или веома ниска телесна маса такође утиче на рад хормона. Само масно ткиво лучи hormone, па у прекомерним количинама може створити неравнотежу. Гојазност је повезана са повећаним инсулином, смањеном осетљивошћу ћелија и оштећеном функцијом панкреаса. С друге стране, прекомерна ниска тежина утиче на хипофизу, смањујући hormone који регулишу раст и репродукцију.

Активност

Инфографика „Биологија стреса“

У групама од 3–4 ученика, направите инфографику која ће дешифровати путању стреса. Ваш задатак је да покажете како нервни и ендокрини систем раде заједно.

- Покажите како мозак детектује опасност и шаље сигнал надбубрежним жлездама.
- Користите симболе да бисте показали лучење адреналина (за брзину) и кортизола (за енергију).
- Користите стрелице да бисте показали физичке промене: повећан број откуцаја срца (срце брже пумпа), брже дисање (више кисеоника у мишићима), проширене зенице (бољи преглед ситуације) итд.

Објасните како парасимпатички систем враћа тело у нормалу.

Питања за проверу знања

1. Које су главне разлике између ендокрине и нервне регулације тела?
2. Како хормонски дисбаланс може утицати на раст, метаболизам или репродукцију?
3. Које здраве навике помажу у одржавању нормалне ендокрине функције и хормонског баланса?

Занимљива биологија

- Енергетска пића често садрже кофеин, који стимулише нервни систем и привремено повећава будност и осећај енергије. Кофеин убрзава рад срца и може подићи крвни притисак. Прекомерна употреба, посебно међу младима, може довести до несанице, нервозе и умора након што ефекти престану.



Ниво организације живих организама

- ✓ Ћелија је основна структурна и функционална јединица живота и садржи органеле са различитим функцијама. У људском телу постоји много различитих врста ћелија.
- ✓ Ћелије истог типа стварају ткива, а различита ткива заједно граде органе. Постоје четири основна ткива: епително, везивно, мишићно и нервно.
- ✓ Више органа који раде заједно формирају органске системе, као што су дигестивни, респираторни, нервни и други.
- ✓ Сви системи органа су повезани и заједно чине људско тело као целину.
- ✓ Њихов координисан рад омогућава одржавање хомеостазе, а здраве навике помажу телу да правилно функционише.

Дигестивни систем

- ✓ Храна се састоји од органских и неорганских супстанци. Органске супстанце укључују угљене хидрате, протеине и масти (макронутријенте), као и витамине, који су неопходни за нормално функционисање тела. Вода и минерали су неорганске супстанце са важном улогом у одржавању животних процеса. Нутритивне материје имају енергетску, градивну, заштитну и регулаторну улогу.
- ✓ Ензими су биокатализатори који учествују у процесима варења хране.
- ✓ Систем за варење почиње устима где се храна механички обрађује, а варење почиње уз помоћ пљувачке. Храна се преноси у желуцац где киселина и ензими започињу разградњу протеина. Већи део варења и апсорпције одвија се у танком цреву уз помоћ ензима из панкреаса и жучи из јетре. У дебелом цреву се апсорбује вода, неки од витамина које производи цревна микрофлора и формирају се отпадни производи. Хранљиве материје се преносе у ћелије путем апсорпције и асимилације где се користе за енергију и изградњу.
- ✓ Здрава и уравнотежена исхрана омогућава правилно функционисање система за варење, док нездрава исхрана може довести до разних поремећаја варења и општег здравља организма.

Крвоток и лимфни систем

- ✓ Крв и лимфа, заједно са крвоток и лимфним системом, играју важну улогу у транспорту супстанци и заштити организма.
- ✓ Крв се састоји од плазме и крвних зрнаца: еритроцита, леукоцита и тромбоцита. Еритроцити транспортују кисеоник, леукоцити учествују у одбрани, а тромбоцити омогућавају згрушавање крви. Плазма транспортује хранљиве материје, hormone и отпадне производе.
- ✓ Срце је мишићни орган који пумпа крв по целом телу. Састоји се од леве и десне половине, свака са преткомором и комором.
- ✓ Крв се креће кроз артерије, вене и капиларе, при чему артерије односе крв из срца, вене је враћају, а капилари омогућавају размену супстанци са ткивима.
- ✓ Постоје два крвотока: мали и велики. Мали крвоток носи крв до плућа, а велики снабдева цело тело кисеоником и хранљивим материјама.
- ✓ Лимфни систем враћа вишак течности у крвоток и игра важну улогу у имунитету, који може бити неспецифичан и специфичан.
- ✓ Вакцинација омогућава стварање имунолошке меморије и заштиту од заразних болести.
- ✓ Здрава исхрана, физичка активност и избегавање штетних навика кључни су за спречавање кардиоваскуларних болести и очување састава и функције крви и одбрамбених механизма.

Респираторни систем

- ✓ Респираторни систем омогућава унос кисеоника и уклањање угљен-диоксида из тела. Састоји се од носне дупље, ждрела, грклана, трахеје, бронхија и плућа са алвеолама.
- ✓ Ваздух се креће кроз дисајне путеве до плућа, али се размена гасова не одвија у њима, већ искључиво у алвеолама.
- ✓ Плућна вентилација обухвата удисање и издисање и омогућена је радом дијафрагме и међуребарних мишића.
- ✓ У алвеолама, које имају танке зидове и окружене су капиларима, гасови се размењују дифузијом, у зависности од разлика у парцијалном притиску.
- ✓ Хемоглобин у еритроцитима везује кисеоник и транспортује га до ткива, а угљен-диоксид се транспортује у крви растворен у плазми, везан за хемоглобин и углавном у облику бикарбоната.
- ✓ Нормално дисање одржава равнотежу ових гасова, док је хиповентилација и хипервентилација ремете.
- ✓ Загађен ваздух, пушење и алергени могу озбиљно оштетити респираторни систем. Стога су физичка активност, боравак на чистом ваздуху и избегавање загађења важне превентивне мере за очување здравља плућа.

Систем за излучивање

- ✓ Излучивање је процес којим тело уклања штетне и непотребне супстанце које настају током метаболизма. Главни систем за излучивање код људи је уринарни систем, који се састоји од два бубрега, два мокраћовода, бешике и мокраћног канала (уретера). Урин се производи у бубрезима, мокраћоводи га носе до бешике који служи као резервоар, а кроз мокраћног канала се избацује из тела.
- ✓ Бубрези су састављени од коре и сржи и садрже нефроне, који су њихове основне структурне и функционалне јединице. У нефрону се одвијају три основна процеса: гломеруларна филтрација, током које се крв пречишћава; реапсорпција, у којој се корисне супстанце (глукоза, аминокиселине, јони и вода) враћају у крв; и секреција, у којој се штетне супстанце уклањају урином.
- ✓ Антидиуретски хормон (ADH) регулише количину воде која се реапсорбује, а алдостерон утиче на равнотежу натријума и калијума. На овај начин бубрези одржавају хомеостазу организма.
- ✓ Кожа учествује у излучивању путем зноја, који излучује воду и соли и регулише телесну температуру, али не замењује улогу бубрега.
- ✓ Алкохол, цигарете, електронске цигарете и лекови нарушавају функцију бубрега кроз токсични ефекат на нефроне и крвне судове, што може довести до њиховог трајног оштећења. Стога је за одржавање здравља система за излучивање потребан довољан унос воде, здрава исхрана, избегавање штетних навика и редовна физичка активност.

Локомоторни систем

- ✓ Локомоторни систем је састављен од костију, зглобова и мишића и пружа потпору, кретање и заштиту тела.
- ✓ Кости граде скелет и могу бити направљене од компактног и сунђерастог коштаног ткива.
- ✓ Коштана срж се налази у дугим костима, која игра важну улогу у производњи крвних ћелија. Кости расту и обнављају се и мењају своју тврдоћу у зависности од физичке активности.
- ✓ Зглобови повезују кости и омогућавају кретање, и могу бити непокретни, полупокретни и покретни. Кости у зглобовима су повезане лигаментима, а мишићи са костима преко тетива.
- ✓ Скелетни мишићи, својом контракцијом, омогућавају кретање и најчешће раде у антагонистичким паровима. Контракција мишића се објашњава моделом клизања и зависи од енергије (ATP) и нервних сигнала.
- ✓ Код младих људи, поремећаји попут закривљености кичменог стуба услед неправилног држања и недовољне физичке активности су чести. Недостатак витамина D може довести до рахитиса, а повреде могу изазвати преломе и атрофију мишића. Равна стопала су честа код деце и могу се спречити правилним ходањем, удобном обућом и редовном физичком активношћу. Здрав и активан начин живота је најважнија превенција за одржавање здравља костију и мишића.

Репродуктивни систем

- ✓ Репродукција током сексуалног размножавања подразумева спајање мушких и женских гамет.
- ✓ Код мушкараца, сперматозоиди се производе у семиниферним тубулама тестиса кроз процесе митозе и мејозе, а семена течност се састоји од сперматозоида и секрета из семенских кесица и простате.
- ✓ Производња сперматозоида и тестостерона је под хормонском контролом FSH и LH из хипофизе.
- ✓ Код жена, примарни полни орган је јајник, а додатни су јајоводи, материца и вагина, док спољашње органе чини вулва.
- ✓ Јајне ћелије и полни хормони се производе у јајницима, а овулација је ослобађање секундарне ооците.
- ✓ Ако не дође до оплодње, долази до менструалног крварења. Оплодња доводи до стварања зиготе, која се развија у ембрион и фетус, при чему се најинтензивнији развој одвија у првом тромесечју трудноће.
- ✓ Пубертет и адолесценција су периоди интензивног физичког и хормонског развоја и формирања одговорног понашања. Планирање породице и употреба контрацепције су важни за репродуктивно здравље, док полно преносиве болести представљају озбиљан ризик код незаштићеног сексуалног односа. Одржавање репродуктивног здравља подразумева информисаност, одговорно сексуално понашање и коришћење одговарајуће заштите.

Координација и реакције

- ✓ Људски нервни систем се састоји од централног и периферног нервног система.
- ✓ Централни нервни систем се састоји од лобање и кичмене мождине, а периферни нервни систем повезује ове делове са телом и дели се на соматски и аутономни.
- ✓ Основна јединица нервног система је неурон, састављен од ћелијског тела, дендрита и аксона, а неурони међусобно комуницирају путем синапси.
- ✓ Рефлексни лук омогућава брзе и невољне реакције, док неуромишићна синапса повезује нервни и мишићни систем.
- ✓ Мозак се налази у лобањи, која контролише свесну активност, размишљање, говор, покрете и памћење. Мали мозак координира равнотежу и тачност покрета, а možдано стабло регулише виталне функције.
- ✓ Кичмена мождина преноси информације и врши рефлексе како би заштитила тело.
- ✓ Аутономни нервни систем регулише рад унутрашњих органа, жлезда, срца и крвних судова.
- ✓ Чулни систем прима информације путем рецептора: механорецептора, терморецептора, ноцицептора, проприоцептора, фоторецептора и хеморецептора. Око и ухо стварају нервне импулсе из светлости и звука, а вестибуларни апарат пружа осећај равнотеже. Хеморецептори за укус и мирис реагују на различите супстанце.
- ✓ Здраве навике попут сна, физичке активности и правилне исхране одржавају функционалност нервног и сензорног система, омогућавајући добру концентрацију, брзе реакције и исправну обраду информација.

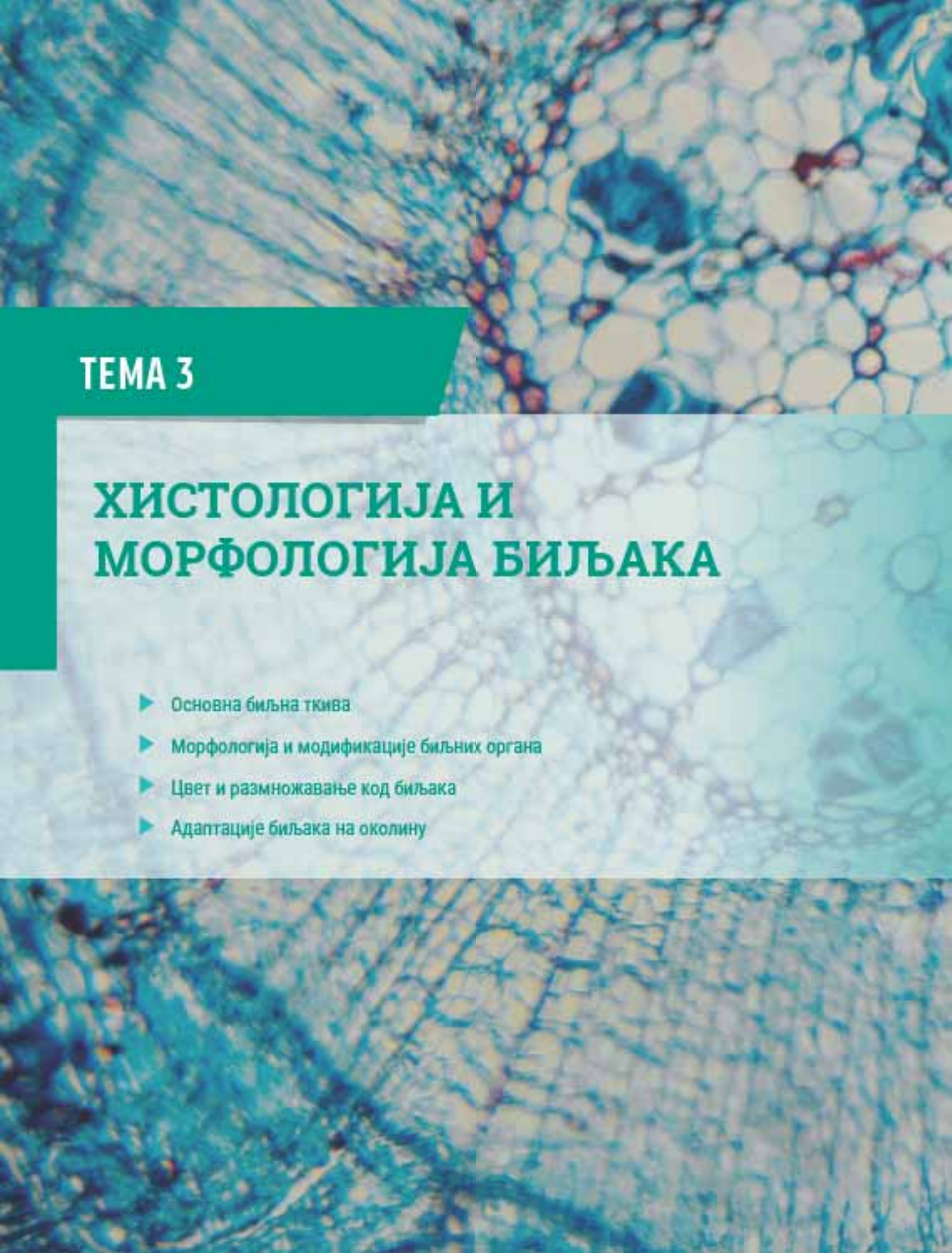
Ендокрини систем

- ✓ Ендокрини систем контролише функционисање тела путем хормона који делују само на одређене ћелије.
- ✓ Хипофизна жлезда, уско повезана са хипоталамусом, регулише функционисање других жлезда.
- ✓ Главне периферне жлезде су штитна жлезда, паратироидна жлезда, надбубрежне жлезде и панкреас. Оне контролишу метаболизам, стрес, ниво глукозе и калцијума.
- ✓ Полни хормони се активирају у пубертету и узрокују секундарне полне карактеристике.
- ✓ Други органи, као што су тимус, епифиза, срце, танко црево и бубрези, такође луче хормоне.
- ✓ Поремећаји ендокриног система могу довести до проблема са растом, метаболизмом или репродукцијом. Здраве навике које помажу овом систему да функционише обично укључују: правилну исхрану, физичку активност, сан и смањење стреса – све то помаже у одржавању хормонске равнотеже и здравља тела.

Питања за проверу знања из Теме 2

- Иако органи у телу имају различите улоге, коју заједничку карактеристику имају сви органи?
 - Сви органи су састављени од исте врсте ћелија.
 - Сваки орган је састављен од неколико различитих врста ћелија.
 - Сваки орган је прекривен спољашњом мембраном.
 - Сваки орган је део крвотока.
- Који пример најбоље илуструје позитивну повратну спрегу?
 - Када је температура у просторији висока, уређај за грејање наставља да ради.
 - Када се унесе више течности, повећава се излучивање урина.
 - Када цене горива порасту, људи мање путују аутомобилима.
 - Када се тело охлади, почиње да дрхти да би генерисало топлоту.
- _____ и _____ са својим секретима учествују у варењу протеина, масти и угљених хидрата у дигестивном систему.
 - јетра и панкреас
 - јетра и жучна кеса
 - бубрези и слепо црево
 - панкреас и жучна кеса
- Зашто је танко црево главно место апсорпције хранљивих материја?
 - Зато што се храна у њему најдуже задржава.
 - Зато што садржи врећаста проширења за сакупљање хране.
 - Зато што храна нема где да оде.
 - Зато што има веома велику унутрашњу површину за апсорпцију.
- Којим редоследом крв циркулише у људском телу?
 - срце → артерије → капилари → вене → срце
 - срце → вене → капилари → артерије → срце
 - артерије → срце → капилари → вене → срце
 - капилари → артерије → срце → вене → срце
- Када кратко задржимо дах, како се мењају нивои CO_2 у телу и pH вредност телесних течности?
 - CO_2 се повећава; pH се повећава
 - CO_2 се смањује; pH се повећава
 - CO_2 се повећава; pH се смањује
 - CO_2 се смањује; pH се смањује
- Када можемо рећи да орган има екскреторну, а када ендокрину улогу у телу?
- Зашто су физичка активност и дисање чистог ваздуха важни за локомоторни систем?
 - Јачају мишиће и кости.
 - Побољшавају снабдевање мишића кисеоником.
 - Одржавају правилно функционисање зглобова.
 - Сви горе наведени одговори су тачни.
- Која врста ћелије представља почетак сваког диплоидног организма?
 - сперматозоид
 - јајна ћелија
 - гамета
 - зигот
- Када се завршава мејоза II у јајним ћелијама?
 - Током феталног развоја
 - На почетку пубертета
 - Након оплодње
 - Након имплантације
- Оплодња се дешава у _____, а имплантација зигота је у _____.
 - семиниферним тубулама; материци
 - вагини; јајоводу
 - јајоводу; материци
 - уретри; материци
- Коју улогу FSH и LH играју код мушкараца и жена? По чему се њихово дејство разликује?
- Бела маса је _____, а сива маса је _____.
 - састављена од аксона; састављена од ћелијских тела и дендрита
 - мијелинизована; немијелинизована
 - присутна у ЦНС-у; такође присутна у ЦНС-у
 - сви дати одговори су тачни
- Који део нервног система је најактивнији док седите мирно и учите биологију?
 - соматски нервни систем
 - симпатички нервни систем
 - парасимпатички нервни систем
 - мождана кора

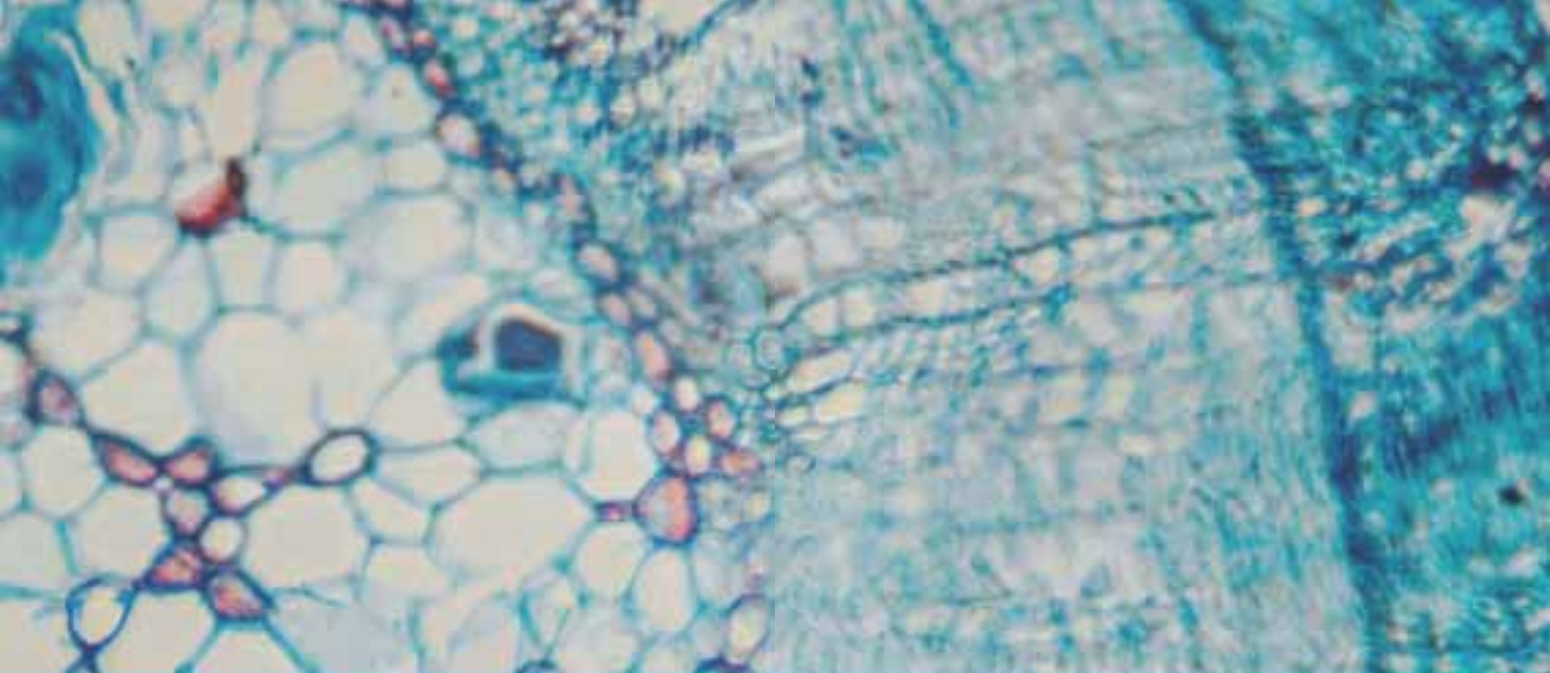
15. Хормони хипофизе имају два извора. Неки се производе у неуронима хипоталамуса и ослобађају се кроз _____, а други се производе у хипофизи и ослобађају се кроз _____.
- а) таламусу; хипокампусу
 - б) неурохипофизу; аденохипофизу
 - в) десну хипофизу; леву хипофизу
 - г) кору; срж
16. Ваш ујак пије алкохол и мора чешће да мокри. Ово је резултат дејства алкохола на:
- а) тироксин, који повећава реапсорпцију воде у бубрезима
 - б) тироксин, који смањује реапсорпцију воде у бубрезима
 - в) АДН, који смањује реапсорпцију воде у бубрезима
 - г) АДН, који повећава реапсорпцију воде у бубрезима
17. Када дуго трчите, неколико система се активира истовремено. Који одговор најбоље описује њихову сарадњу?
- а) Систем за варење производи кисеоник, а респираторни систем обезбеђује хранљиве материје.
 - б) Респираторни систем уноси кисеоник, циркулаторни систем га преноси до мишића, а локомоторни систем обезбеђује кретање.
 - в) Систем за излучивање разграђује хранљиве материје за енергију.
 - г) Репродуктивни систем регулише телесну температуру.
18. Хранљиве материје из система за варење се апсорбују у _____, а затим се транспортују до ћелија кроз _____ систем. Кисеоник се уноси кроз _____, а отпадни производи се уклањају кроз _____.
- а) танко црево – циркулаторни – респираторни – екскреторни
 - б) желудац – екскреторни – респираторни – кожни
 - в) дебело црево – лимфатички – циркулаторни – ендокрини
 - г) танко црево – циркулаторни – екскреторни – дебело црево
19. Зашто срце брже куца, дисање се убрзава, а мишићи се напрежу током јаких емоција (страха или узбуђења)?
20. Који редослед правилно приказује нивое организације у људском телу?
- а) ћелија → атом → ткиво → орган → систем → организам
 - б) атом → молекул → ћелија → ткиво → орган → систем → организам
 - в) молекул → атом → ткиво → ћелија → орган → организам
 - г) ћелија → ткиво → молекул → орган → систем → организам
21. Наведите која је тврдња тачна, а која нетачна:
- а) Кичмена мождина није део рефлексних лукова.
 - б) Фоликулостимулишући хормон не делује на тестисе.
 - в) Неурони су основне функционалне јединице бубрега.
22. Замислите да дуго седите испред рачунара. Објасните шта се дешава са:
- локомоторним системом
 - респираторним системом
 - циркулаторним системом
 - нервним системом
 - ендокриним системом

A microscopic image of plant tissue, likely a cross-section of a stem or root, showing various cellular structures. The image is characterized by a dense network of cells with prominent cell walls, some containing large, clear vacuoles. The overall color palette is dominated by shades of blue and green, with some reddish-brown structures visible, possibly representing vascular tissue or specific cell types. The texture is highly detailed, showing the intricate patterns of plant anatomy.

ТЕМА 3

ХИСТОЛОГИЈА И МОРФОЛОГИЈА БИЉАКА

- ▶ Основна биљна ткива
- ▶ Морфологија и модификације биљних органа
- ▶ Цвет и размножавање код биљака
- ▶ Адаптације биљака на околину



У овој теми ћете научити:

- да разликујете основна биљна ткива и објасните њихову структуру и функцију у расту и развоју биљке;
- да опишете структуру и функцију биљних органа и објасните њихову улогу у биљкама;
- да идентификујете и објасните модификације и адаптације биљних органа које омогућавају опстанак у различитим условима средине;
- да објасните процес полног и вегетативног размножавања код биљака и анализирасте њихову улогу у наставку и одржавању врсте.



3.1 Меристемско ткиво

Подсети се!

- Од којих делова је изграђена једна биљка?
- Како биљка пролази кроз свој развојни циклус од семена до семена?
- Наведите неколико различитих врста ћелија и повежите их са њиховом функцијом у телу.

ОСНОВНА БИЉНА ТКИВА

Током дуге еволуције биљака, ткива се јављају као највиши ниво организације биљног тела. Преласком биљака на копнени начин живота, појавиле су се специјализоване ћелије које су се прилагодиле животу у новом окружењу. Почети специјализације ћелија за одређену функцију јављају се још код алги, али прва права ткива су се заправо појавила код маховина.

Једна од основних тенденција у еволуцији биљака је морфолошка диференцијација ћелија како би ефикасно обављале функцију. Дакле, ткива која су део структуре биљака скривеносеменица сматрају се најсавршенијим.

Биљно ткиво је група ћелија које имају исто порекло, сличну структуру и заједно обављају исту функцију у организму. Са аспекта морфологије, разликујемо ткива која су састављена од једне врсте ћелија (као што су склеренхимско и коланхимско ткиво) или ткива која садрже различите елементе (као што су проводно ткиво – флоем, ксилем итд.).

Према функцији и степену диференцијације, биљна ткива се деле на **меристемска (творна) ткива** и **трајна ткива**.

МЕРИСТЕМСКА (ТВОРНА) ТКИВА

Једна од важних карактеристика биљака је раст током целог њиховог живота. То је омогућено такозваним **меристемским (творним) ткивима** чије ћелије, деобом, омогућавају раст органа у дужину (издуживање или раст у висину) и у ширину (задебљање).

Ћелије меристемских ткива су мале, густо распоређене (збијене) и немају међућелијске просторе. Карактеришу их танки ћелијски зидови, велико централно смештено језгро, густа цитоплазма и веома мале вакуоле. Одређене меристемске ћелије се брзо деле, стално се обнављајући. Обнављајуће меристемске ћелије називају се иницијалне ћелије. Оне такође стварају такозване ћелије произвођаче, које обезбеђују раст. Обично током зиме, када су биљке у фази мировања, деобе престају, а самим тим и раст биљака.

Према свом пореклу, меристемска ткива се деле на:

- примарна меристемска ткива и
- секундарна меристемска ткива.

1. Примарна меристемска ткива

Примарна меристемска ткива потичу од ембриона и подељена су на апикалне (вршне) меристеме, латералне (бочне) меристеме и интеркаларне (уметнуте) меристеме.

• Апикални (вршни) меристеми

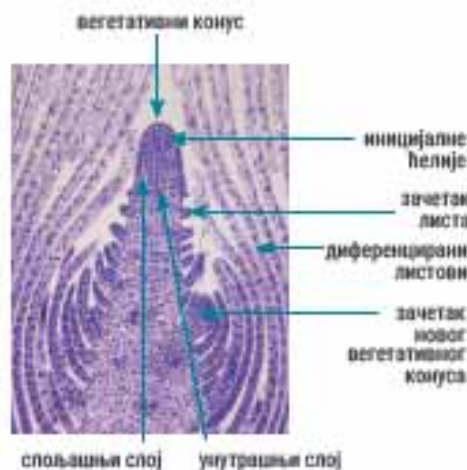
Апикални меристеми потичу директно од ембриона. Када се ембрион развије у изданак и формира се млада биљка, ткива се постепено диференцирају. Међутим, на врховима стабла и корена и на њиховим гранама задржавају се ћелије које настављају своју активност деобе. Ови апикални меристеми имају нежне ћелије које су заштићене листовима на врху стабла и кореновом капом на врху корена.

Апикални меристем стабла састоји се од иницијалних ћелија (регенеративних ћелија које се стално деле) и ћелија створених од њих које граде такозвани вегетативни конус. Вегетативни конус је састављен од спољашњег и унутрашњег слоја. На одређеном растојању од врха конуса, споља се појављују израслине из којих се формирају зачеци листа. Од њих се диференцијацијом формирају листови дуж стабла. У основи зачетака листа појављују се пупољци (зачеци нових вегетативних конуса) којима се стабло грана.

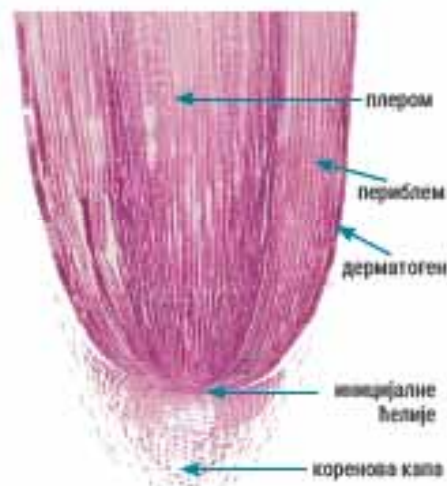
Апикални коренски меристем омогућава раст корена у дужину. На самом врху корена налази се коренова капа која је срасла са врхом. Она има заштитну улогу током раста корена у земљишту. Површинске ћелије капе се оштећују током раста корена, али се и стално обнављају иницијалним ћелијама које се налазе у основи капе. Врх корена има иницијалне ћелије и три производне зоне. Споља се налази дерматоген, из којег се развија површински слој корена (ризодермис). Испод њега се налази слој који ће се диференцирати у примарно ткиво корена, и централно ткиво које ће се диференцирати у централни цилиндар корена.

• Латерални (бочни) меристем

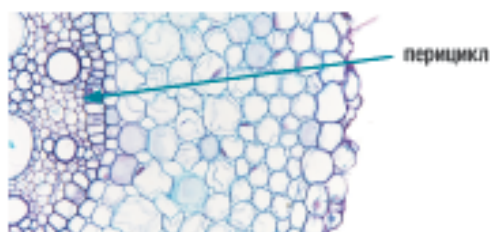
Латерални (бочни) меристем (перицикл) – налази се у облику једнослојног, кружног прстена у корену и одговоран је за формирање бочних корена.



Апикални меристем стабла водене куге



Апикални коренски меристем монокотиледоне биљке



Латерални меристем у корену (перицикл) и формирање бочних корена

- **Интеркаларни (уметнути) меристем**

Интеркаларни меристем се налази између већ диференцираних ткива, најчешће у основи листова или чворова. Он обезбеђује брз раст у дужину, посебно код зељастих биљака. Активношћу овог меристема, траве брзо расту након кошења. Стабла бамбуса расту десетине центиметара у једном дану. Интеркаларни меристеми омогућавају ограничен раст лисних дршки које расту до одређене дужине док се меристемске ћелије не потроше.



Примарна меристемска ткива код биљака

2. Секундарна меристемска ткива

Секундарна меристемска ткива настају секундарном активацијом већ диференцираних ћелија које стичу способност деобе. Ова активација се најчешће дешава у ћелијама паренхима, које су заправо најслабија диференцирана (трајна) ткива. Ћелија се дели најчешће хоризонтално постављеном преградом која омогућава формирање две нове ћелије.

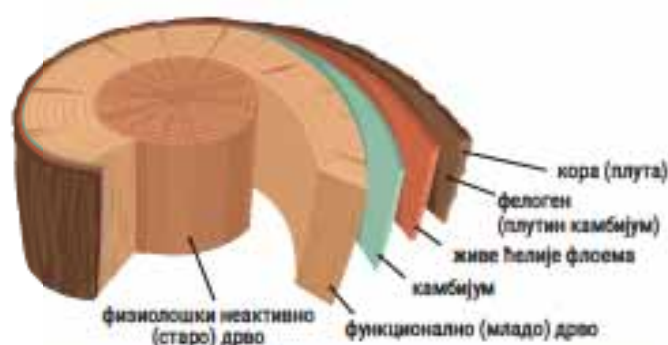
Главни секундарни меристеми су камбијум и фелоген, а овој групи припадају и регенеративни и трауматични меристеми. Камбијум и фелоген су латерални меристеми у корену и стаблу. Имају кружни облик попут непрекидног прстена, при чему је фелоген једноредни, а камбијум вишередни и назива се камбијални прстен.

- **Камбијум**

Камбијум се појављује у дубљим слојевима коре у корену и стаблу и увек је на граници између коре и дрвета. Његова активност производи ћелије трајних секундарних ткива. Према периферији се формирају секундарна ткива коре (флоем), а према унутрашњости се формира секундарно дрво (ксилем).

- **Фелоген**

Фелоген се назива и плутин камбијум. Формира се периферно од паренхималних ћелија коре које се налазе испод епидермиса. Секундарно ткиво коже (перидерм) се формира из фелогена.



Камбијум и фелоген у секундарној грађи дрвета

- **Регенеративни меристеми**

Регенеративни меристеми настају активацијом паренхимских ћелија како би се обновио изгубљени део биљке, стимулисао нови раст или регенерисало ткиво. Овако се формирају допунски (адвентивни) коренови од резница, листова или зарастају калемови.



Активан регенеративни меристем у листу и оформљени допунски коренови код разних украсних биљака

• Трауматски меристеми

Трауматски меристеми се јављају као реакција на повреду или трауму на местима где је дрво посечено, изгрижено или има дубоку механичку повреду. Ова врста секундарног меристема ствара такозвани калус (живо недиференцирано ткиво) којим се рана затвара, штити биљку од инфекција и може формирати нове органе.

Активност

Раст са и без апикалног меристема

Поделите се у групе и узмите 2–3 младе биљке пасуља, босиљка или кукуруза.

1. Од сваке биљке изаберите једну контролну и једну експерименталну.
2. Измерите почетну висину сваке биљке и број листова.
3. Код експерименталне биљке маказама одсеците вегетативни конус стабла, до 5 mm од самог врха.
4. Током наредних 7 дана свакодневно мерите висину обе биљке и фотографишите.

Шта се може видети?

Контролна биљка са апикалним делом брзо расте у висину. Експериментална биљка заостаје у расту у висину, али формира бочне пупољке који ће дати гранање стаблу. Такви пупољци се јављају код пасуља и босиљка, али не и код кукуруза.

Ово доказује да биљке углавном расту у висину са апикалним меристемима, а када се они уклоне, бочни пупољци у основи листова се активирају само код биљака које их имају.

Питања за проверу знања

1. Како се деле ткива према степену диференцијације, које су заједничке карактеристике и која је разлика међу њима?
2. Одакле потичу примарни меристеми, коју улогу играју и у ком делу биљке се налазе?
3. Како настају секундарни меристеми и како се деле?
4. Које су иницијалне, а које производне ћелије и зашто су важне?

Занимљива биологија

- Меристеми су посебна ткива и због њих биљке не старе за разлику од животиња. Биљке се сматрају биолошким „отвореним системима“ захваљујући моћи меристема да се самообнављају. Због тога неке биљке живе хиљадама година.

3.2 Трајна биљна ткива.

Покорична ткива

Подсети се!

- У колико слојева су подељене производне ћелије у апикалним меристемима стабла и корена?
- У чему се диференцирају спољашњи и унутрашњи слој вегетативних конуса?
- Којим ћелијама биљка врши размену гасова и транспирацију?

Трајна биљна ткива су специјализована ткива чије су ћелије трајно изгубиле своју меристемску улогу. Диференцирала су се да би обављала специфичну функцију у организму. Трајна ткива обухватају покорично, паренхимско, секреторно, механичко и проводно ткиво.

ПОКОРИЧНО ТКИВО

Покорично ткиво се налази на површини биљних органа и директно је изложено свим спољашњим утицајима у средини биљке. Ово ткиво штити унутрашњост биљке од свих неповољних утицаја (од прекомерног загревања и транспирације, од ниских температура, механичких повреда и инфекција), те стога представља заштитно, кожи слично ткиво.

Према пореклу и локацији покоричног ткива разликујемо примарно, секундарно и терцијарно покорично ткиво.

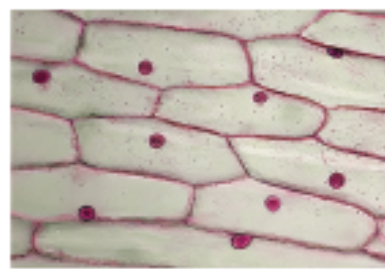
1. Примарно покорично ткиво

Примарно покорично ткиво се налази периферно и представља спољашњи покривач – **епидермис**. Епидермис покрива надземне делове младих изданака (листовете, цветне елементе и младе плодове). Када се налази на површини младих подземних делова, назива се **ризодермис**. Епидермис има примарно порекло од спољашњег слоја вегетативног конуса, тј. од дерматогена у корену.

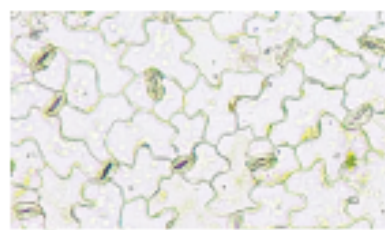
Израђен је од основних епидермалних ћелија, трихома и стома.

Већи део епидермиса чине основне епидермалне ћелије које су мање специјализоване у поређењу са трихомима и стомама. Епидермалне ћелије су густо збијене без међућелијских простора и повезане јаким, међусобним везама. Стога је овај спољашњи слој биљног органа увек одвојен као чврста, компактна танка кожица.

Епидермалне ћелије имају различиту морфологију (изглед, облик, величину) са правим или увијеним (таласастим) ћелијским зидовима. То су живе ћелије са великом централном вакуолом, оскудном цитоплазмом и периферно смештеним језгром. У епи-



Основне ћелије епидермиса са правим ћелијским зидовима



Увијени ћелијски зидови епидермиса

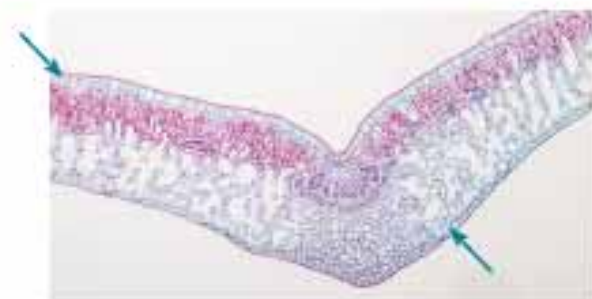
дермалним ћелијама нема хлоропласта, а у ретким случајевима могу се наћи леукопласти.

На својој површини, епидермалне ћелије луче кутин и воштане супстанце које глашћењем споља формирају кутикулу. **Кутикула** је водоотпорни (хидрофобни) слој који штити од испаравања, инфекција и механичких повреда.

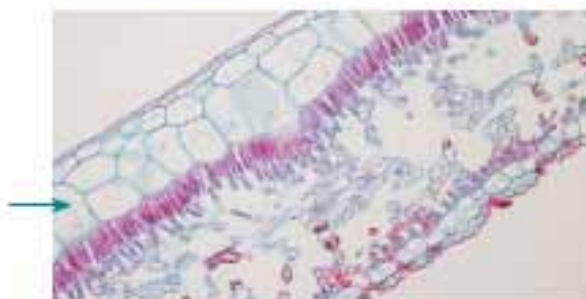
Епидермис може бити једнослојан као код ириси, парадајза, паприке итд., или вишеслојан као код листова олеандра, фикуса итд.



Кутикула је хидрофобна и капљице воде на листу се не упијају и не разлевају



Једнослојни епидермис код листа паприке



Вишеслојни епидермис код листа фикуса

Код листова голосеменица, епидермис је једнослојан и састављен је од мртвих ћелија са задебљаним ћелијским зидовима. Ова појава код вишегодишњих листова зимзелених биљака последица је потребе за дужом заштитом.

Трихоми су епидермалне израстине са широким спектром грађе и изгледа. Могу бити једноћелијски или вишећелијски, једноставни или сложени, састављени од мртвих или живих ћелија. Управо због ових структурних разлика имају различит биолошки значај. Дакле, када су листови и стабла густо прекривени трихомима, боље су прилагођени високим температурама и светлости, јер повећавају заштитну улогу покоричног ткива. Трихоми такође могу заштитити биљке од ниских температура, па су биљке на великим надморским висинама прекривене дебелим покривачем трихома.



Епидермис код листа бора (попечни пресек под микроскопом)



Шематски приказ различитих врста трихома

Одређени живи трихоми поседују једну или више ћелија са секреторном улогом и припадају такозваним *жлезданим длачицама*. Они луче супстанце веома разноликог састава, нпр. етерична уља, слану течност, алкалоиде, ензими, слузаве, смоласте супстанце итд.



Различите врсте трихома код дивље маслине и бршлена



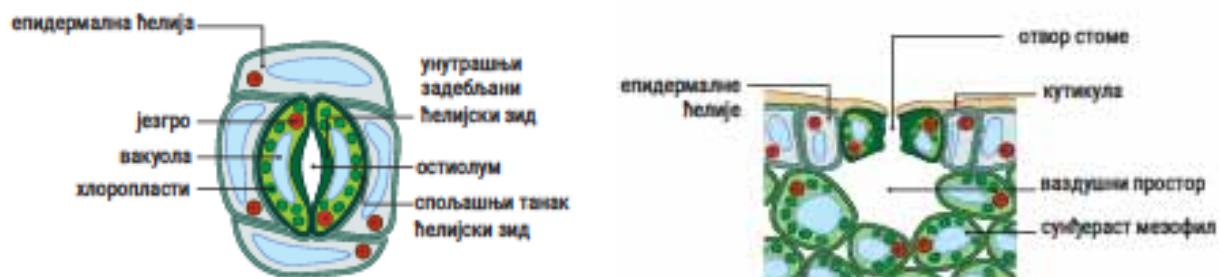
Жлездане длачице код јагорчевине, здравца и месождерне биљке

Посебна врста сложених жлезданих длачица налази се код коприва. Испуњене су супстанцама које, ако дођу у контакт са људском кожом, изазивају црвенило, пецкање и свраб.

Стоме су микроскопски отвори у епидермису кроз које се одвија размена гасова и транспирација. Формирају их две специјализоване ћелије затварачице (стоматалне) које имају исто порекло као и епидермалне ћелије, али се разликују морфолошки и функционално. Обично стоматалне ћелије су бубрежног облика, са удубљеном страном окренутом једна према другој. На тај начин се између њих ствара стоматални отвор – *остиолум*. Код неких биљака, поред две стоматалне ћелије, у стоматалном апарату учествују и две суседне, перистоматалне ћелије, које се разликују од основних епидермалних ћелија. Стоматалне ћелије се разликују од епидермалних ћелија по специфичним задебљањима ћелијског зида око *остиолума* и присуству хлоропласта у њима.



Жлездане длачице код коприве



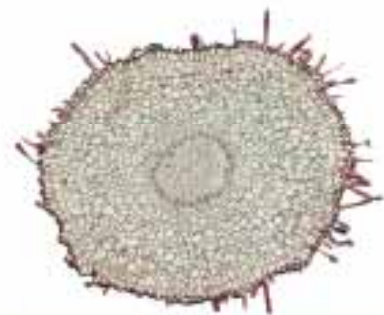
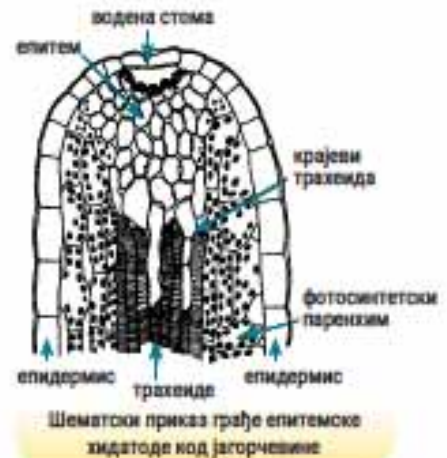
Стоме – површински приказ и попречни пресек листа



Стоме код дикотиледоних и моноцитиледоних биљака

На ивицама листова неких биљака налазе се такозване водене жлезде (*хидатоде*), које подсећају на стоме са трајним губитком способности регулације, због чега су стално отворене. Када је биљка zasiћена водом и нема транспирације, вода се одводи кроз отвор у облику капи (гутација).

Посебан тип епидермиса (**ризодермис**) је покривно ткиво које обавија корен са примарном грађом. Ризодермис је обично изграђен од једног реда живих ћелија које потичу од дерматогена. Има танке и еластичне ћелијске зидове, а одређене ћелије ризодерма формирају коренове длачице. Коренове длачице се налазе у диференцираној зони, која је по њима названа зона коренових длачица. Животни век коренових длачица је кратак (неколико дана), али како корен расте, стално се формирају и друге нове длачице. Код неких биљака, све ћелије ризодермиса формирају коренове длачице, које имају важну улогу у апсорпцији воде и растворених минерала из земљишта. Главна улога ризодерма је апсорпција, а много мања заштита, због чега се ово покривно ткиво сматра апсорптивним.

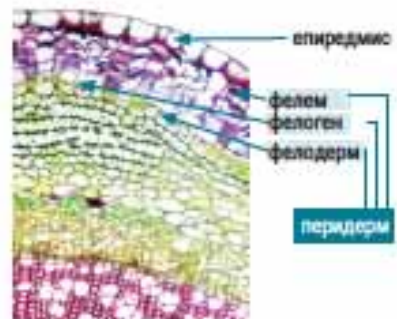


Ризодермис са кореновим длачицама

2. Секундарно покорично ткиво (перидерм)

Код биљака које расту секундарно, **перидерм** се формира периферно како би се обезбедила трајна заштита унутрашњих ткива. Ствара се од латералног меристема (фелоген/плутин камбијум) који формира ћелије према површини које се постепено диференцирају у слој од плуте назван фелем. Према унутрашњости се формира само један слој живих ћелија са хлоропластима и карактеристичним изгледом, назван фелодерм. Фелоген је стално активан и повећава фелем, који се временом згушњава и постаје вишеслојни, плутасти слој на површини стабла и корена са секундарном структуром.

На местима стома у епидермису, у перидермису се формирају **лентицеле**. У основи ових формација налази се фелоген лентицеле, који према површини формира растресито паренхимско ткиво богато међућелијским просторима. Како расту, лентицеле пуцају и на стаблу се са секундарном структуром појављују видљива такозвана сочива. Кроз њих се одвија размена гасова и транспирација.



Перидерм код зове (попречни пресек стабла)



Стабло са лентицелами



Попречни пресек стабла са лентицелом

3. Терцијарно покорично ткиво (мртва кора)

Код вишегодишњих стабала, **мртва кора** се ствара на површини као резултат формирања вишеструких перидерма у дубљим слојевима коре. Након изолације живих ћелија које се налазе између два перидерма, хранљиве материје не доспевају до њих, па оне умиру. Након формирања нових и нових слојева перидерма испод постојећих, запремина тих мртвих делова се повећава и ствара се све дебља мртва кора. Под притиском унутрашњих ткива, у кори се јављају пукотине које служе за вентилацију. Мртва кора може бити глатка, храпава, нераспадајућа или распадајућа, и морфолошки је карактеристична, тј. препознатљива за врсту. Њена функција је заштита од загађивања и исушивања, али и од механичких повреда и оштећења од стране животиња.

Активност

Испитајте покорично ткиво биљке

Потребни материјали: листови шарене традесканције (*Tradescantia zebrina*), перунике (*Iris germanica*) или друге биљке, микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, вода.

1. Са задње стране листа пинцетом извуците танку кожицу (епидермис).
2. На чисто предметно стакло ставите кап воде у коју ћете потопити претходно извучени епидермис, тако да има исти положај као у листу (да се може посматрати одозго, површински).
3. Покријте га покривним стаклом и прегледајте микроскопом, прво при малом, а затим при већем увећању.
4. Приметићете велики број основних епидермалних ћелија и стома. Покушајте да нацртате у свесци шта посматрате у видном пољу.

Свака биљка има своје карактеристике епидермиса, чије се ћелије разликују по облику и величини, присуству или одсуству израслина и стома.

У епидермалним ћелијама традесканције видљиве су вакуоле љубичасте боје јер садрже љубичасти пигмент, а око језгара се налазе безбојни сферни пластиди (леукопласти).

Стоме су бубрежастог облика и имају много хлоропласта.

Код листова перунике нема пигмената у вакуолама, а стоме се налазе са обе стране листа.



Активност

Посматрање трихома

Потребни материјали: суви листови дивље маслине (*Eleagnus angustifolia*), микроскоп, скалпел, предметно и покривно стакло, вода.

1. На чисто предметно стакло ставите кап воде у којој ћете наросити делове доње стране листа (скалпелом састружите сребрну страну/полеђину листа).
2. Покријте покривним стаклом и прегледајте под микроскопом, прво при малом, а затим при већем увећању.
3. Приметићете велики број трихома који су се стругањем одвојили од епидермиса. Посматрајте њихов облик и грађу.
4. Нацртајте их и уочите разлику између трихома. Упоредите и погодите који од њих покрива већу површину листа.
5. Угасите светло микроскопа и наставите са микроскопирањем. Шта примећујете у видном пољу?

Трихоми код дивље маслине су две врсте вишећелијских нарастака названих звездасти и плочасти. Састоје се од неколико издужених мртвих ћелија које до одређене мере расту заједно. Плочасти трихоми расту заједно у већој мери и покривају већу површину листа, посебно ако су гушћи. Када се светло микроскопа искључи, околна слаба светлост се рефлектује о њихове ћелијске зидове, па се трихоми виде као негатив у поређењу са претходним.

Ово доказује заштитну улогу трихома у рефлектовању светлости и заштити листа од загревања.



Питања за проверу знања

1. Како је грађено примарно покорично ткиво, од чега се формира и која је његова функција?
2. Шта је кутикула, од чега је изграђена и зашто је важна?
3. Шта су трихоми и како су подељени?
4. Које су основне карактеристике стоматалних ћелија и шта је стомин апарат?
5. Како и зашто се формира секундарно и терцијарно кожно ткиво?

Занимљива биологија

- Кутикула се сматра једном од кључних предности копнених биљака која им је помогла да се прилагоде сувом тлу. Без кутикуле, биљке не би преживеле ван воде. Стога кажемо да дебљину кутикуле одређује окружење. Водене биљке имају изузетно танку кутикулу или је она одсутна, као код водене куте (*Elodea canadensis*) или *Vallisneria* sp., подводних листова нимфеје (*Nymphaea* sp.) итд. Код сукулента, посебно код кактуса (*Echinocactus*), ферокактуса (*Ferocactus*), бодљикаве крушке (*Opuntia*) итд., кутикула је добро развијена са вишеструким водостаним наслагама које их штите од испаравања. Често, кристали воска доприносе специфичној мат/плавкастој површини стабла кактуса, који су „рекордери“ по дебљини кутикуле.

3.3 Паренхимско ткиво

Подсети се!

- Како и које ћелије се реактивирају да би формирале латералне меристеме током секундарног раста биљке?
- Које ћелије обављају фотосинтезу и у ком делу биљке се налазе?
- Шта се дешава са вишком хранљивих материја које производи биљка?

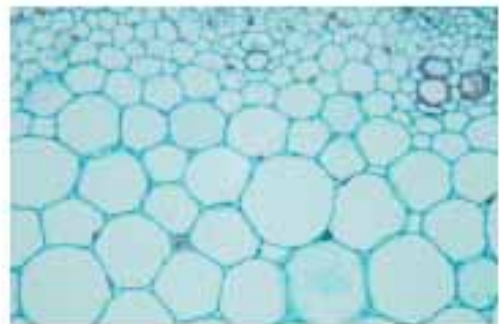
Паренхим је најзаступљеније ткиво у биљном организму, које се налази у већим или мањим деловима у свим вегетативним и генеративним органима. Налази се као основно ткиво које испуњава органе биљке, али има и многе друге функције у процесима апсорпције, фотосинтезе, дисања, секреције, провођења и складиштења различитих супстанци. Зато се сматра најфункционалнијим биљним ткивом.

Паренхим је такође најмање диференцирано ткиво, због чега, према потребама биљке, често секундарно стиче способност деобе. На тај начин врши регенерацију или учествује у формирању латералних меристема одговорних за секундарну структуру код вишегодишњих биљака. Паренхимско ткиво је такође еволутивно најстарије – тело првих вишећелијских биљних организама било је изграђено од ћелија паренхима.

Паренхимско ткиво је изграђено од живих ћелија које се разликују по својој морфологији, али су најчешће изодијаметралне (три димензије – ширина, дужина и висина – су приближно исте). Карактерише их танак, еластичан, целулозни ћелијски зид, велика вакуола богата ћелијским соком, цитоплазма са језгром и другим органеллама (пластидима) у зависности од врсте паренхима и његове функције. Између суседних ћелија налазе се мањи или већи међућелијски простори, а у повезаним деловима има много пора кроз које се одвија размена супстанци.

Према функцији, разликују се:

- фотосинтетски паренхим
- резервни паренхим (паренхим за складиштење)
- ваздушни паренхим (аеренхим)
- проводни паренхим
- апсорпциони паренхим и
- секреторни паренхим



Основно паренхимско ткиво за испуњавање срж стабла

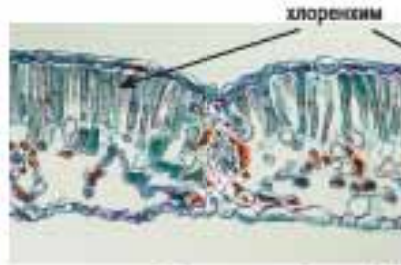
ФОТОСИНТЕТСКИ (АСИМИЛАЦИОНИ) ПАРЕНХИМ

Главна функција **фотосинтетског (асимилационог) паренхима** јесте спровођење фотосинтезе. Сви зелени надземни делови биљке поседују асимилациони паренхим, који се налази испод епидермиса. Ћелије су богате хлоропластима, па се ово ткиво назива и **хлоренхим**. Ове ћелије имају различиту морфологију (изглед), код различитих биљака. Најчешће су издужене, цилиндричне и вертикално распоређене, као код палисадног ткива у листу. Код игличастих листова четинара имају

наборе ћелијског зида према унутра, а ћелије неправилног облика налазе се и у сунђерастом ткиву. Код водених биљака и биљака чији су листови богати водом (сукулентни листови), оне су округле (сферичне).



Површински изглед хлоренхима



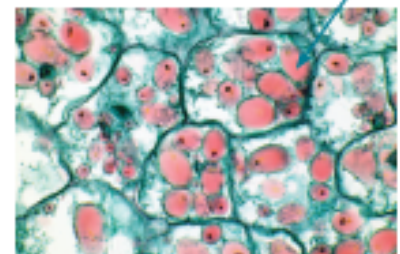
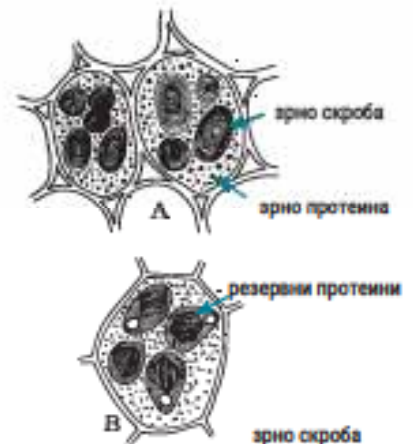
Различита морфологија ћелија хлоренхима – валкасте и са наборима ћелијског зида



ПАРЕНХИМ ЗА СКЛАДИШТЕЊЕ (РЕЗЕРВНИ)

Паренхим за складиштење (резервни паренхим) се налази у вегетативним и генеративним органима. Може да складишти разне органске супстанце и воду, па је стога подељен у неколико група као што су:

- паренхим за складиштење шећера: вишак шећера настао током фотосинтезе се износи из хлоропласта и преноси се и таложи углавном у паренхимским ћелијама семена и плодова, али и у метаморфозираним корену, стаблу и листовима. Паренхимске ћелије корена шећерне репе, шаргарепе, цвекле, стабла шећерне трске, плодова јабуке, грожђа, банана, али и семена пиринча, пшенице, кукуруза итд. богате су резервним скробом.
- паренхим за складиштење протеина карактеристичан је за махунарке, првенствено за котиледоне у семену. За протеинска семена се сматрају соја, пасуљ, грашак, боб, боранија итд.
- паренхим за складиштење масти је саставни део семена сунцокрета, рицинуса и соје, плодова маслине, ораха, авокада итд.
- паренхим за складиштење воде налази се у плодовима citrusних биљака чије ћелије садрже вакуоле богате ћелијским соком. Многи други сочни плодови су слични, али и листови и стабла сукулентних биљака (расту на сувим местима, у пустињама и имају бројне адаптације за преживљавање) које чувају резерве воде.



Различите врсте паренхима за складиштење – складиштење протеина и складиштење скроба

ВАЗДУШНИ ПАРЕНХИМ (АЕРЕНХИМ)

Ваздушни паренхим (аеренхим) карактеришу велики међућелијски простори у облику канала у којима циркулише ваздух. Канали имају специфичан и правилан распоред, а настају распадањем ткива или одвајањем суседних ћелија. Коренје, стабла или листови водених, мочварних или блатних биљака богати су аеренхимом.



Аеренхим са ваздушним каналима (на попречном пресеку корена под микроскопом)

ПРОВОДНИ ПАРЕНХИМ

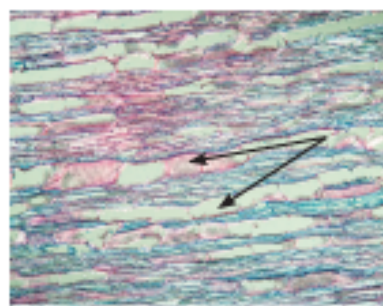
Проводни паренхим се најчешће налази у листовима и учествује у преносу хранљивих материја из асимилационог паренхима у флоем и у обрнутом смеру преноси воду из ксилема у паренхим ради фотосинтезе. Није класичан флоем и ксилем, већ је помоћно ткиво које се налази између мезофила листа и самих проводних елемената.

АПСОРЦИОНИ ПАРЕНХИМ

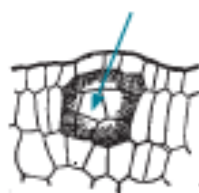
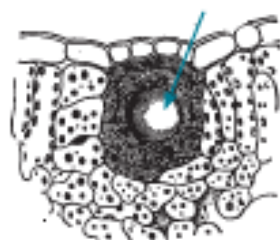
Апсорпциони паренхим карактеришу ћелије које су издужене и имају веома танке ћелијске зидове, што омогућава апсорпцију воде и других супстанци. Код многих паразитских биљака формирају се специјализовани израслине којима паразитска биљка апсорбује готове органске супстанце из биљке домаћина.

СЕКРЕТОРНИ ПАРЕНХИМ

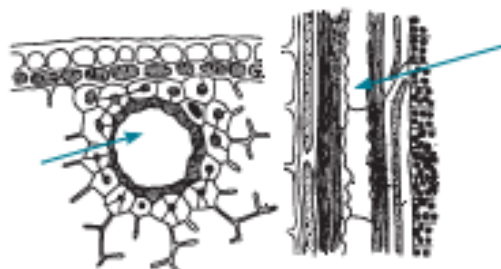
Секреторни паренхим је посебно ткиво специјализовано за стварање, складиштење или лучење различитих супстанци као што су етерична уља, нектар, смоле, слуз или латекс. Ћелије секреторних ткива су обично веће, са густом цитоплазмом, са добро развијеним ендоплазматским ретикулумом и Голџијевим апаратом. Ова врста ткива се налази у специјализованим секреторним кесицама испод епидермиса, око смолних канала или формира млечне канале. Оне играју улогу у заштити биљке, али и у привлачењу опрашивача. *Лизигене жлезде* су присутне у кори citrusних биљака, а *млечне цеви* формирају млечика, маслчак, мак итд. *Слузасте ћелије* налазе се у бамији, а *смолне жлезде* у четинарима.



Млечне цеви



Лизигене жлезде у листу пламеног цвета луче етерична уља која су лако запаљива



Смоласте жлезде у листу бора

Активност**Испитајте различита паренхимска ткива**

Потребни материјали: кромпир, зрела јабука и лист од фикуса или друге биљке, микроскоп, скалпел/жилет, пинцета, предметно и покривно стакло, вода.

1. Направите три водена препарата са веома танким пресецима кромпира, јабуке и листа.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању.
3. Посматрајте ћелије кромпира у којима су складиштене резерве скроба, велике ћелије паренхима у меснатом делу јабуке и хлоренхим у листу.
4. Нацртајте различите типове ћелија паренхима у свесци и означите њихове основне структурне карактеристике.
5. Упоредите облик ћелија, количину/величину међућелијских простора, присуство органела (леукопласта и хлоропласта) итд.
6. Уклоните предметна стакла са препарата попречних пресека кромпира и јабуке, уклоните део воде упијањем меким папиром и додајте кап раствора јода.
7. Посматрајте реакцију јода са скробом да бисте утврдили у којим ћелијама паренхима се шећери складиште у облику зрна скроба.
8. Дискутујте о функцији: које су разлике и шта је заједничко свим ћелијама паренхима које сте посматрали, наводећи везу грађе са улогом ткива.

У грудви кромпира доминира резервни паренхим, у коме се вишак шећера складишти у облику зрна скроба. Капљицом јода, зрна скроба ће постати љубичасто-плава.

Паренхим меснатог дела јабуке има велике вакуоле са пуно сока у којима се налазе разни растворени шећери (не скроб), киселине, витамини итд., а у међућелијским просторима има ваздуха. Скроб може бити присутан у зеленој јабуци, али током зрења се раствара у мање глицидне молекуле, тако да у попречном пресеку зреле јабуке готово да нема обојеног скроба.

У листу се јасно уочавају два типа асимилационог паренхима, хлоренхим богат хлоропластима у облику палисадног слоја и сунђерасто ткиво сиромашније хлоропластима.

Питања за проверу знања

1. Које су опште карактеристике ћелија паренхима у зависности од њихове функције?
2. Шта је асимилациско ткиво и где се налази?
3. Шта је резервни паренхим, у којим органима биљке се налази и како је подељен?
4. Који паренхими су најбогатији међућелијским просторима и како је њихова грађа повезана са функцијом?
5. Које биљке имају апсорциони паренхим, а које проводни паренхим?
6. Које су карактеристике секреторног паренхима и у којим биљкама се налази?

Занимљива биологија

- Паренхим је „банка живота“ биљке! Чак и када је велики део стабла или корена биљке оштећен, паренхим их може „оживети“ и формирати нове органе биљке! Способан је за регенерацију, тако да се из једне ћелије паренхима теоретски може добити цела биљка, а мали комад ткива може да да неколико хиљада генетски идентичних биљака/клонова за неколико месеци.

3.4 Механичко ткиво

Подсети се!

- По чему се стабла трава (кукуруза, пшенице) и баштенских биљака (парадајза, бундеве) разликују од стабла липе, храста и трешње?
- Зашто су нека стабла усправна и јака, док су друга полегнута или пузе?

Механичко ткиво је ткиво изграђено од ћелија које карактерише тврдоћа, пружајући тако потпору и еластичност биљним органима. Неопходно је за одржавање облика, али и за функционисање организма у целини. Што је виши ниво организације биљке, и што расте већа и виша, већа је потреба за чврстином и потпором органа како би се одупрла различитим спољашњим утицајима. Стабло биљке треба да буде довољно јако, али истовремено еластично како се не би сломило при јаким ветровима или под тежином снежног покривача.

Поред механичког ткива, притисак течности на ћелијски зид (тургор) у живим ћелијама такође доприноси чврстини органа у биљци. Када биљци понестане воде, тургор се смањује и биљка вене. Механичка ткива пружају константну чврстину и стога се сматрају „скелетом“ биљног тела. Дакле, уз помоћ механичког ткива, органи биљке одржавају свој облик без обзира на тургор, који је променљив. У сваком органу, распоред механичких ткива је другачији и специфичан.

Постоје две врсте механичког ткива: коленхим и склеренхим.

КОЛЕНХИМ

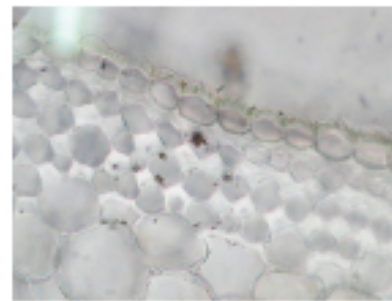
Коленхим је примарно механичко ткиво карактеристично за структуру стабла и листа, али се може наћи и у другим органима биљке. Има углавном периферни положај непосредно испод епидермиса.

Изграђен је од живих ћелија где су одређени делови ћелијских зидова задебљани, а неки нису. Ова карактеристика пружа еластичност и чврстоћу младим органима и истовремено осигурава њихов раст. Незадебљани делови ћелијског зида се растежу да би пратили раст, а задебљани делови пружају механичку потпору. Ћелије су густо збијене, углавном без међућелијских простора, а поседују и хлоропласте, због чега имају двоструку улогу – потпорну и фотосинтетску.

Коленхим се налази у облику већих или мањих, континуираних или прекинутих слојева. Карактеристични је углавном за једногодишње дикотиледоне биљке, али и за вишегодишње (док га не замене секундарна ткива). Има способност деобе, па се сматра специјализованим паренхимским ткивом.

У зависности од места задебљања ћелијског зида, разликујемо три типа коленхима: плочасти, угласти и лакунарни.

- **Плочасти (ламеларни) коленхим** је изграђен од издужених ћелија у паралелном смеру са површином органа. Само су дужи (тангенцијални) ћелијски зидови задебљани, док краћи (радијални) остају незадебљани. Тангенцијални зидови два суседна реда формирају широку плочу између лумена ћелија, због чега је добио назив плочасти коленхим. Карактеристичан је за



Плочасти коленхим

стабло (младе гране) разних дикотиледоних биљака као што су зова, липа, крушка, дуња итд.

- **Угласти коленхим** је изграђен од ћелија полигоналног (многоугаоног) облика, са задебљањима која се локално јављају на угловима ћелије. Угласти коленхим не пружа велику чврстоћу и карактеристичан је за пузеће стабло бундеве, стабло конопље, лисне дршке бегоније итд.
- **Лакунарни коленхим** има интерцелуларне (међућелијске) просторе. Локална задебљања су усмерена управо ка овим међућелијским просторима – *лакунама*, због чега се назива лакунарним. Ређи је у природи и налази се код неких цветница (сунцокрет, маслчак, пелин) итд.

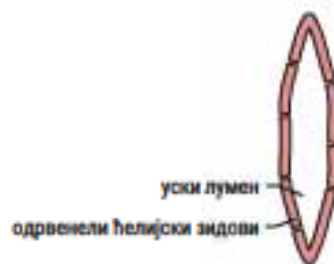
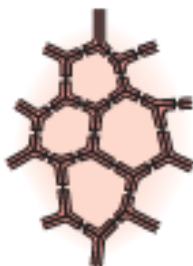
СКЛЕРЕНХИМ

Склеренхим је мртво ткиво које карактерише већа чврстоћа. Налази се у свим органима биљке и представља главну „арматуру“ структуре.

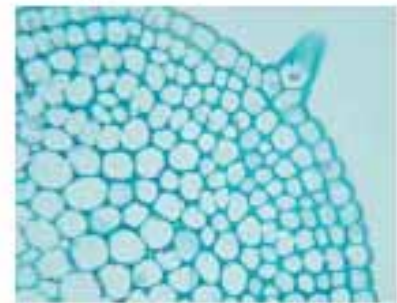
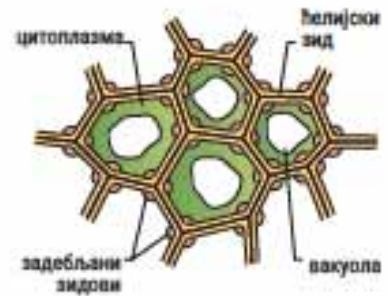
Ћелијски зидови ћелија склеренхима су потпуно задебљани, тј. одрвенели. Формирају се у диференцираним органима и штите их од спољашњих утицаја, савијања и деформација. По пореклу, склеренхим може бити примарни и секундарни. Стога је присутан код биљака са примарном и секундарном структуром.

Склеренхим се јавља у различитим облицима, али се углавном дели на две групе: склеренхимска влакна и склереиде.

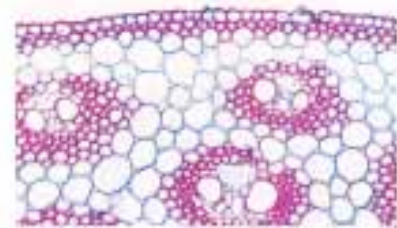
- **Склеренхимска влакна** су јако издужене ћелије попут влакана са шиљатим врховима. Имају равномерно задебљане ћелијске зидове и празан лумен који је понекад веома мали. Ћелије су густо распоређене без међућелијских простора и у кори формирају такозване снопиће.



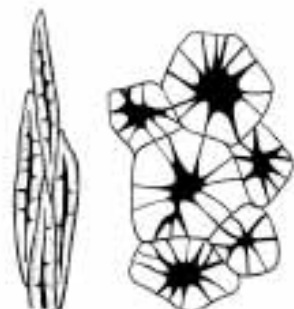
Шематски приказ склеренхимских влакана у попречном и уздужном пресеку



Угласти коленхим – шематски приказ и попречни пресек стабла виђен под микроскопом



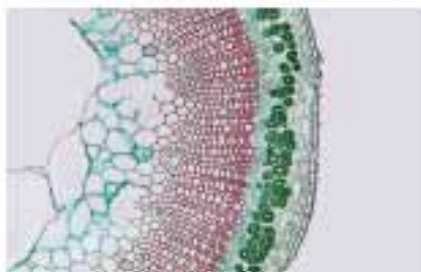
Попречни пресек младог стабла кукуруза, са ружичастим склеренхимским влакнима распоређеним у кори и око проводних снопића који заједно доприносе чврстоћи



Склеренхимска влакна и склереиди

Према њиховој локацији, разликујемо екстрадрвенасти (флоемски) и дрвенасти (ксилемски) склеренхим.

- Екстрадрвенаста (флоемска) влакна су склеренхимска влакна која се налазе у кори око флоема. Ова влакна су најчешће груписана у веће групе ћелија које су чврсто повезане једна са другом. Имају изражено задебљање ћелијских зидова, што побољшава чврстоћу, тј. заштиту биљних ткива. Груписана склеренхимска влакна у примарној структури неких биљака као што су лан, конопље и рамија су прилично дугачка и користе се као текстилна сировина.
- Дрвенаста склеренхимска влакна се увек налазе у близини ксилемских проводника – трахеја и трахеида. Називају се и дрвеним влакнима када се налазе у секундарном дрвету корена и стабла. Имају мање задебљање зидова и јасно видљив празан лумен. Разликују се од трахеида по типу пора и функцији. Дрвенаста влакна имају једноставне поре и представљају типично механичко ткиво.



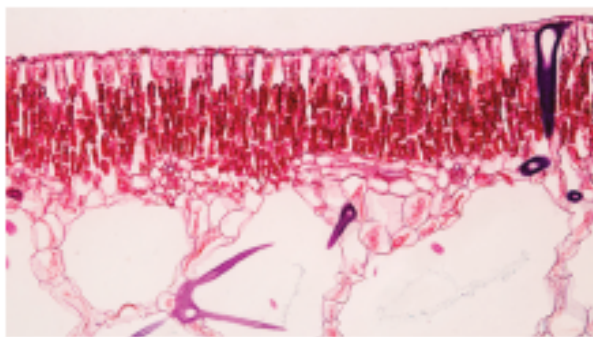
Склеренхимска влакна у примарној кори стабла (обојена зелено)



Склеренхимска влакна у стаблу (обојена тиркизно)

Склереиде (камене ћелије) су мртве ћелије са јако задебљаним зидовима и израженим једноставним порима које најчешће формирају мрежно гранање. Настају из примарних меристема или из паренхимских ћелија када зидови постану дрвенасти, што узрокује губитак живог садржаја ћелије. Налазе се у листовима, плодовима, кори и семену. Представљају чврст „оклоп“ за семе, коштице брескве, вишње, трешње, шљиве, љуску ораха, бадема, лешника итд. Склереиде у семену пружају заштиту од инфекција, инсеката и механичких повреда.

Склереиде се налазе у различитим облицима као што су ваљкасти, звездасти или игличасти. У меснатом делу плода крушке, мушмуле и дуње налазе се појединачне или груписане коштане ћелије сферичног облика.



Различити облици склереида (љубичасте боје) у листу

Активност

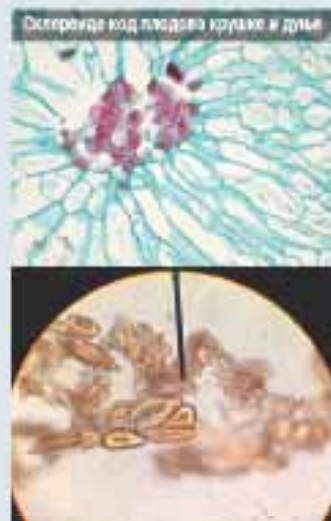
Истраживање механичких ткива код крушке и дуње

Потребни материјали: млада стабла, лисне дршке листа и зрели плодови крушке и дуње, микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, боја основни фуксин, вода, упијајући папир.

1. Направите водене препарате са веома танким пресецима младог стабла, од основе лисне дршке и од дела близу семена код арелих плодова.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању.
3. Посматрајте које механичко ткиво је присутно испод епидермиса код младог стабла и у основи лисне дршке. Направите скице или цртеже како бисте представили разлике у задебљању ћелијских зидова.
4. Проверите да ли је исто механичко ткиво присутно код плодова крушке и дуње.
5. Након што га откријете, покушајте да направите бојење на следећи начин:
 - Уклоните покривно стакло, упијте воду папиром и ставите већу кап фуксина да прекријете пресек.
 - Оставите да боја делује 2 до 5 минута, затим је упијте папиром и исперите са неколико капи воде.
 - Упијте воду и поново ставите чисту кап воде, покријте стаклом и посматрајте да ли се механичко ткиво обојило.
6. Дискутујте о заједничким елементима и разликама у структури механичких ткива код дуње и крушке.

Коленхимско ткиво је карактеристично за структуру младих стабла и лисних дршки код крушке и дуње. Нема разлика у изгледу, али могу постојати разлике у броју слојева.

Суштинска разлика су склереиде, који су код крушке типичне кратке сферичне камене ћелије, док су код плодова дуње различитог облика и ређе су присутни. Након бојења, ћелијски зидови склереида биће ружичасте до црвене боје (у зависности од трајања бојења).



Питања за проверу знања

1. Која је основна улога механичког ткива у зависности од врсте и положаја?
2. Које врсте коленхимског ткива постоје и за које органе су карактеристичне?
3. Како су грађене коленхимске ћелије и која је њихова двострука улога у биљном организму?
4. Који је значај склеренхимских влакана са аспекта њиховог положаја у биљци?
5. Какав је облик камених ћелија и у којим органима се чешће налазе?

Занимљива биологија

- Склеренхим је најтврђе биљно ткиво. Његове ћелије имају вишеслојни лигнин у својим зидовима, што их чини изузетно чврстим. Стога се склереиде називају и каменим ћелијама. Неке врсте имају дугачка такозвана ликина влакна која су груписана у снопиће и формирају текстилна/техничка влакна.
- Дужина једног влакна јуте (*Corchorus capsularis*) је 10–30 mm, а када се групише у техничко влакно достиже и до 3 m, као и јака флексибилна влакна *Musa textilis*. Појединачна влакна конопље (*Canabis sativa*) су 5–30 mm, а дужина техничких влакана је 1–5 m. Најдужа појединачна склеренхимска влакна налазе се код лана (*Linum usitatissimum*) и тропске палмине рамије (*Boehmeria nivea*) до 55 cm.

3.5 Проводно ткиво

Подсети се!

- Како се вода прима и транспортује кроз биљку?
- Производи фотосинтезе су хранљиве материје које су потребне целој биљци, укључујући и корење. Како доспевају до њих?

Проводно ткиво (ксилем и флоем) је највише специјализовано биљно ткиво прилагођено својој функцији. Формирање ових ткива је уско повезано са адаптацијом биљака на копнени начин живота и обезбеђивањем воде удаљеном фотосинтетском ткиву у листовима.

Ксилем и флоем могу имати примарно и секундарно порекло. Првенствено, потичу од апикалног меристема. Секундарни елементи ксилема и флоема настају активношћу латералног меристема – камбијума. Ксилем и флоем се разликују по својој структури и функцији.

КСИЛЕМ

Ксилем проводи воду са раствореним минералима. Поред ове примарне улоге, он такође пружа потпору биљном организму, јер има задебљане и лигнифициране ћелијске зидове. Управо лигнифицирани ћелијски зидови омогућавају да вода тече без отпора у празне лумене. Основни елементи ксилема су **трахеиде** и **трахеје**.

- **Трахеиде** су издужене ћелије са вретенастим шиљатим крајевима. Попречни зидови између две суседне вертикалне трахеиде су косо постављени и перфорирани. Ово повећава површину контакта између суседних ћелија и омогућава несметан проток воде. Трахеиде су еволутивно старији проводни елементи, а код папрати и голосеменица оне су једине ћелије које проводе воду.
- **Трахеје** су познате као ксилемске цеви. Изграђене су од појединачних делова који су вертикално повезани јер су током формирања цеви њихове попречне преграде нестале. Дакле, у свом дефинитивном стању то су потпуно празне цеви, шире од трахеида.



Трахеиде, трахеје, паренхим ксилема и дрвенаста склеренхимска влакна на уздужном пресеку

Поред трахеја и трахеида, у састав ксилема улазе и дрвенаста (склеренхимска) влакна и паренхимске ћелије, које су једине живе ћелије у ксилему.

ФЛОЕМ

Флоем транспортује органске супстанце, као што су угљени хидрати, аминокиселине, липиди, витамини, хормони итд. Ове супстанце се синтетишу у зеленим деловима биљке, а затим транспортују до свих органа. Кретање је посебно интензивно у правцу младих изданака и места за складиштење резервних супстанци у биљци.

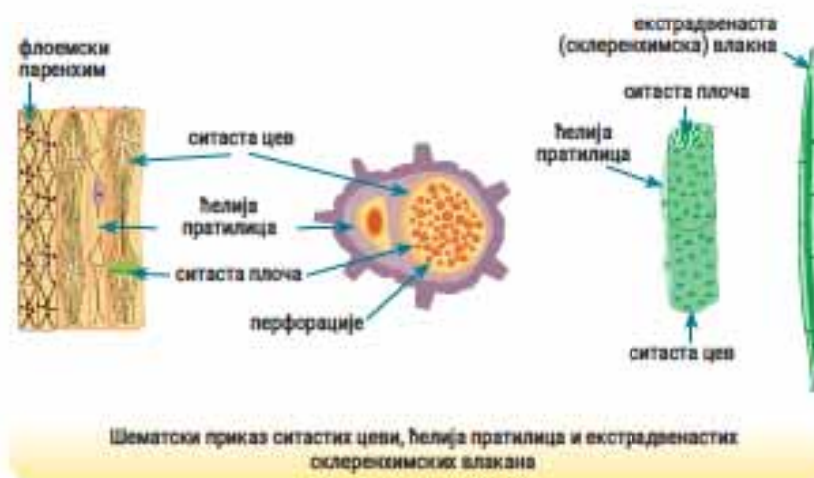
Флоем се састоји од три врсте ткива: проводног, механичког и паренхимског. Главни проводни елементи су **ситасте ћелије** и **ситасте цеви**, а остало су помоћна ткива у флоему.

Код папрати и голосеменица, као проводни елементи присутне су само ситасте ћелије, док код скривеносеменица преовлађују ситасте цеви. Ситасте ћелије су живе, снажно издужене са шиљатим врховима, којима повезују једну ћелију са другом. Ситасте цеви представљају вертикални низ живих, издужених ћелија међусобно повезаних/раздвојених флоемским плочама.

Ћелије ситастих цеви и **ћелије пратилице** настају деобом примарне (прокамбијалне) или секундарне (камбијалне) меристемске ћелије. У овом случају, код асиметричне деобе прокамбијалне ћелије, диференцијацијом од веће ћелије настаје ћелија у саставу ситастих цеви, а од мање се диференцира ћелија пратилица. Делјењем камбијалне ћелије добијају се две, од којих једна остаје камбијална, а из друге се формира флоемска или ксилемска ћелија.

Ћелије ситастих цеви током диференцијације пролазе кроз неколико структурних промена. Језгро се губи, а цитоплазма се меша са вакуоларним садржајем након пуцања тонопласта. Хоризонтални преградни зидови перфорирају и формирају такозвану **ситасту плочу** кроз коју се супстанце транспортују. Ћелије пратилице потпуно задржавају структуру ћелије, па су препознатљиве по густој цитоплазми и језгру. Имају метаболичке функције везане за одржавање ћелија ситастих цеви.

Од механичког ткива, флоем садржи екстрадвенаста (склеренхимска) влакна, а присутан је и флоемски паренхим.



Ксилемске цеви у попречном пресеку под микроскопом

КОМБИНОВАНИ ТКИВНИ СИСТЕМИ - ПРОВОДНИ СНОПИЋИ

Код виших биљака, проводни елементи нису појединачни, већ су груписани са склеренхимом и паренхимом, формирајући комбиноване ткивне системе који се називају **проводни снопићи**. У неким проводним снопићима између флоема и ксилема може постојати камбијум, који се назива **фасцикуларни камбијум**. Он је обично присутан у такозваним отвореним снопићима, у којима се још увек активно стварају нови елементи у флоему и ксилему. У затвореном типу снопића, он је одсутан, односно потпуно се троши током формирања елемената снопића.

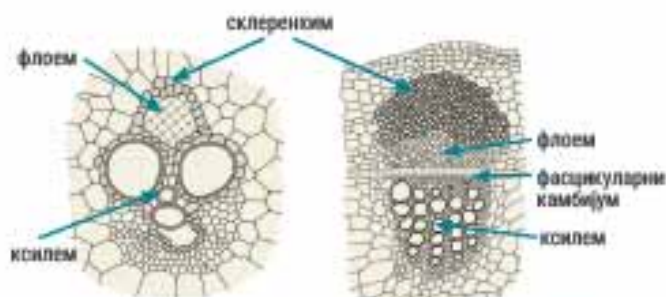
Склеренхимска влакна окружују проводне елементе, штитећи их, али нису присутна у свим снопићима подједнако, а у неким су потпуно одсутна.

Према распореду проводних елемената унутар комбинованих ткивних система, разликујемо: колатералне снопиће, биколатералне снопиће, концентричне снопиће и радијалне снопиће.

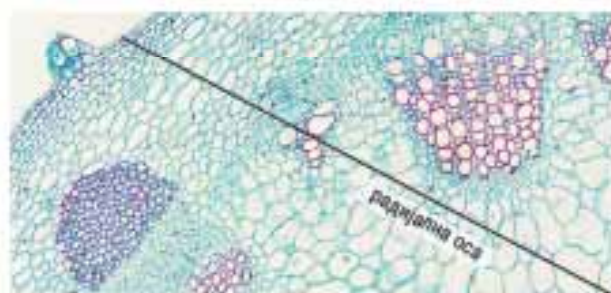
- **Колатерални** су снопићи у којима су флоем и ксилем распоређени на једној радијалној оси. Притом, флоем је оријентисан ка споља, а ксилем ка унутра. Они су најчешћи тип снопића. Према присуству фасцикуларног камбијума, разликујемо *отворене колатералне проводне снопиће* (карактеристични за стабло и листове голосеменица и дикотиледоних биљака) и *затворене колатералне проводне снопиће* (без камбијума) који се налазе у стаблу и листовима монокотиледоних биљака.



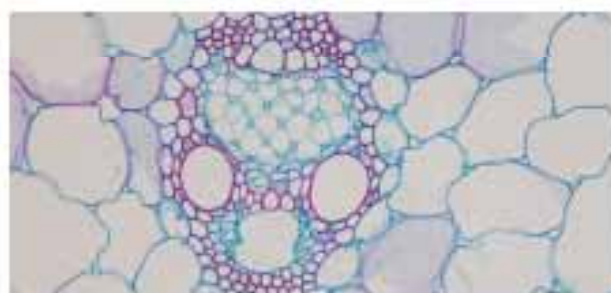
Шематски приказ отвореног и затвореног колатералног проводног снопића



Шематски приказ затвореног и отвореног колатералног проводног снопића у попречном пресеку стабла



Отворени колатерални проводни снопић код дикотиледона



Затворени колатерални проводни снопић код монокотиледона

- **Биколатерални проводни снопић** има два флоема (спољашњи и унутрашњи) и један ксилем. Између спољашњег флоема и ксилема налази се фасцикуларни камбијум, због чега је овај тип снопа отворен. Око њега нема склеренхимског ткива, а проводни елементи ксилема трахеје и трахеиде доприносе његовој чврстоћи. Овај сноп је карактеристичан за стабло бундеве.



Шематски приказ биколатералног (отвореног) проводног снопића

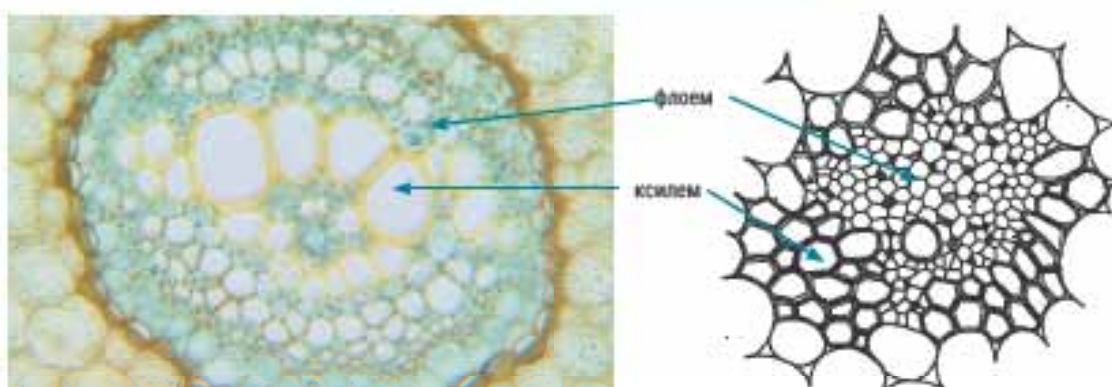


Биколатерални проводни снопић у стаблу бундеве у попречном пресеку

- **Концентрични проводни снопићи** имају кружни распоред флоема и ксилема. Код папрати, ксилем је централно смештен, а флоем се налази око њега, док је код ризома ђурђевка распоред обрнут.



Шематски приказ концентричних проводних снопића

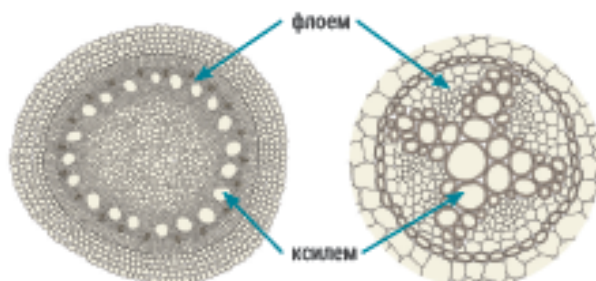


Концентрични проводни снопићи – лево код папрати, десно код ђурђевка

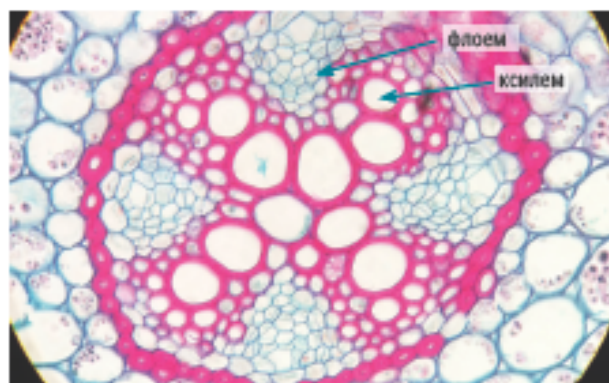
- **Радијални проводни снопићи** су карактеристични за корен и представљају његов централни цилиндар. Флоем и ксилем се смењују дуж већег броја радијуса код монокотиледоних биљака, или мањег броја радијуса код дикотиледоних биљака.



Шематски приказ радијалног проводног снопића



Шематски приказ радијалних снопића код монокотиледоних и дикотиледоних биљака у попречном пресеку



Попречни пресек радијалног проводног снопића у корену љутића

Активност

Истраживање разлика у грађи комбинованих ткивних система

Потребни материјали: млада стабла кукуруза, љутића и бундеве, микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, вода.

1. Направите три водена препарата са веома танким пресецима стабла кукуруза, љутића и бундеве.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању и посматрајте где се у овим стаблима налазе ксилем и флоем.
3. Направите скице или цртеже количине проводних елемената флоема и ксилема.
4. Проверите да ли, поред ових проводних ткива, постоје и друга ткива унутар снопића која нису проводљива.
5. Дискутујте о заједничким елементима и разликама у структури проводних ткива и њиховим комбинацијама у овим стаблима.

Комбиновани ткивни системи су различити код анализираних биљака. Видећете основне разлике: врсту проводног снопића, количину проводних елемената (два флоема у снопићима код бундеве и један у осталима), присуство камбијума (присутан је у отвореним и биколатералним снопићима, али не и у затвореним), присуство склеренхима (у отвореним и затвореним снопићима, али не и у биколатералним).

Питања за проверу знања

1. Које промене током диференцијације флоема и ксилема доприносе њиховим функцијама као проводних елемената?
2. У ком смеру се крећу супстанце које се преносе у ксилему и флоему и објасните зашто је то тако?
3. Како је ксилем грађен и који су му придружени елементи унутар проводних снопића?
4. Од чега је флоем грађен, коју улогу игра и како се формира?
5. Која је основна разлика између отворених и затворених проводних снопића и који је њен значај?

Занимљива биологија

- Ксилемски елементи трахеје и трахеиде, диференцијацијом, постају мртве ћелије специјализоване за транспорт воде. Ако вода значи живот за биљку, онда је то посебан феномен у природи да мртве ћелије омогућавају живот и опстанак организма. Скоро 90 % дрвета је мртви ксилем и сваке године се ствара нови слој (год). Кроз цеви функционалног дела дрвета, вода се може транспортовати навише брзином до 45 m/h. Код топола и другог високог дрвећа, захваљујући транспирацији у листовима, вода се огромном брзином диже до највиших делова и до свих листова. Вода се креће у континуираном воденом стубу, користећи своја адхезивна и кохезивна својства.

3.6 Биљни органи. Морфологија и модификације корена

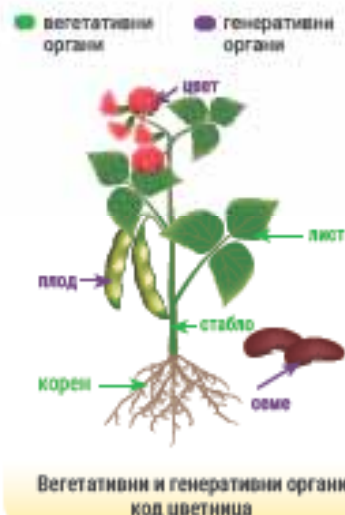
Подсети се!

- Од којих органа су изграђене биљке и како су груписани њихови органи?
- Како је грађен апикални меристем корена и које производне зоне ствара?
- Из којих производних зона се формирају диференцирана ткива у примарној грађи корена?
- Шта се дешава са активацијом секундарних, бочних меристема у корену?

Биљке су сложени живи организми чији опстанак зависи од добро развијених органа са различитим функцијама. **Вегетативни органи** играју важну улогу у расту, развоју и одржавању живота код биљака. Они омогућавају биљци да апсорбује воду и минерале, да производи храну и да остане жива. Путем вегетативних органа, биљка расте, развија се и прилагођава се условима околине. **Генеративни органи** служе за размножавање, наставак биљне врсте и њено ширење у природи.

Код цветница, вегетативни органи су корен, стабло и лист, а генеративни органи су цвет, плод и семе.

Биљке почињу свој развој од ембриона који се налази у семену. Под повољним условима, здраво и зрело семе се развија у клица која, растом и развојем, формира одрасли биљни организам, карактеристичан за врсту. У зависности од броја листића ембриона, разликујемо две групе цветница: **дикотиледоне** (са два котиледона) и **монокотиледоне биљке** (са једним котиледоном). Дикотиледоне и монокотиледоне биљке се разликују по грађи својих вегетативних и генеративних органа.



	семе	корен	проводни основици у стаблу	лист	цвет
монокотиледони	 један котиледон	 жичаст	 раштркано	 паралелна нерватура	 трочлани
дикотиледони	 два котиледона	 осовински	 у облику прстена	 мрежаста нерватура	 петочлани

Разлике у вегетативним и генеративним органима код дикотиледоних и монокотиледоних биљака



Дикотиледона и монокотиледона биљка

КОРЕН

Корен је један од основних вегетативних органа код биљака и игра важну улогу у њиховом опстанку. Корен учвршћује биљку за земљиште и обезбеђује јој потребну воду и минерале. Корен се обично развија под земљом и први је орган који се појављује током клијања семена. Може се формирати и као адвентивни (додатни) корен из других делова биљке. Поред апсорптивне, корен има и потпорну и складишну функцију. Може синтетизовати многе органске супстанце, али најчешће су то резервне супстанце које се складиште у корену. Неке биљке се размножавају вегетативно уз помоћ корена. Корен може ступити у симбиозу са неким гљивицама и бактеријама које фиксирају азот у земљишту. Без добро развијеног кореновог система, биљка не би могла нормално да расте и развија се.

Морфологија и грађа корена

Корен се развио касније од изданка, а карактерише га једноставна грађа која је настала адаптацијом на живот на копну. То је орган биљке који расте надоле, тј. позитивно геотропно, и ретко се може развити изнад земљишта.

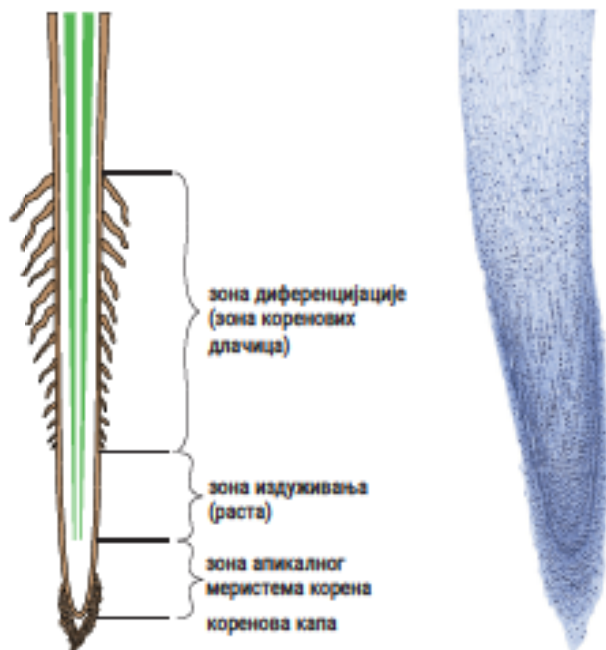
Корен који се развија из ембрионалног корена током клијања семена назива се **главни корен**. Током раста и развоја главног корена појављују се гране, тј. **бочни коренови**. Они потичу из перицикла (примарног бочног меристема у корену) и представљају корене првог реда. Из њих се развијају корени другог реда, а на њима се формирају корени трећег реда итд. На тај начин се формира мрежа **кореновог система** у коју су укључени сви коренчићи. Према морфологији кореновог система разликују се две врсте корена – осовински (вретенасти) и жиличасти (брадасти) корени.

Када ембрионални корен прерасте у главни корен који морфолошки доминира у поређењу са осталим коренчићима у кореновом систему, онда је то **осовински корен**. Различите баштенске и дивље дикотиледоне биљке (парадајз, паприка, пасуљ, детелина, маслчак итд.) имају добро формиран главни осовински корен.

Када се главни корен не развије и у кореновом систему се појаве такозвани додатни (адвентивни) корени који потичу од осталих вегетативних органа биљке, тада се формира **жиличасти** тип корена. Код ових коренића нема значајне разлике у развоју и задебљању, због чега су сви додатни коренчићи у систему приближно једнаки. Житарице и зељасте монокотиледоне биљке имају карактеристичан жиличасти корен.

Уздужно, у грађи корена се разликују следеће зоне:

1. Зона апикалног меристема корена објашњена је у оквиру меристематских ткива. Због присуства иницијалних и производних ћелија које, деобом, омогућавају раст корена у дужину, назива се и **зона деобе**. Једна од основних карактеристика у



Грађа корена у уздужном пресеку – шематски приказ зона (лево) и виђено под микроскопом (десно)

грађи корена је присуство *коренове капе*, која је само једна од адаптација која штити корен током његовог раста у земљишту.

2. Зона издуживања (раста) налази се у наставку врха корена, а представљена је ћелијама које расту издуживањем. У овој зони ћелије још нису специјализоване за одређену функцију.

3. Зона диференцијације или *зона коренових длачица* је заправо апсорпциони део корена. Грађена је од диференцираних ћелија, па се овај део користи за проучавање примарне грађе корена.

Примарна грађа корена

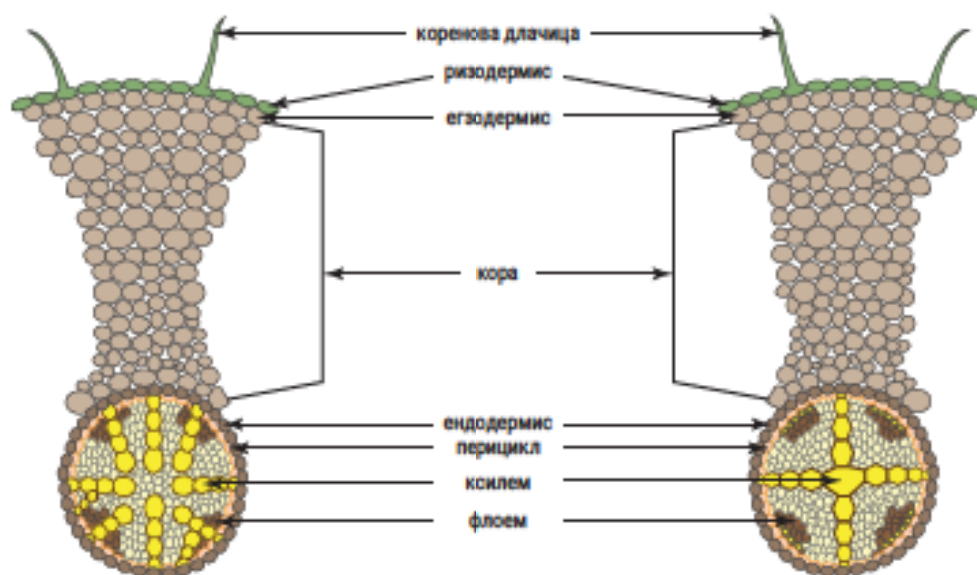
У оквиру примарне грађе корена, препознају се спољашња и унутрашња ткива. Спољашња ткива се сматрају ризодермис и примарна кора, а унутрашња су ткива централног цилиндра.

Ризодермис је живо површинско, заштитно ткиво које карактерише развој коренових длачица са танким ћелијским зидовима. Таква грађа је уско повезана са функцијом коренових длачица у апсорпцији воде и растворених минералних супстанци из земљишта.

Испод ризодермиса налази се **примарна кора**, која почиње спољашним омотачем или **егзодермисом**. Изграђена је од једног или више слојева који, након одумирања ризодермиса, преузимају заштитну улогу. Испод ње се налази дебљи слој **паренхима коре**, који може бити резервни или аеренхим. Кора се завршава једнослојним унутрашњим омотачем који се назива **ендодермис** – важним слојем изграђеним од специфичних живих ћелија које су селективне за унос одређених супстанци.



Ризодермис са коренових длачица



Примарна грађа корена код монокотиледоних и дикотиледоних биљака

Унутрашња ткива **централног цилиндра** почињу једноредним **перициклом** – одговорним за формирање бочних коренова и секундарних, бочних меристема. Испод њега се налазе проводни судови **радијалног проводног снопића**.

Постоји видљива разлика у примарној грађи корена (посебно у централном цилиндру) код монокотиледоних и дикотиледоних биљака. Код дикотиледоних биљака, радијални снопићи су изграђени од мањег броја ксилема и флоема (обично 4) са доминантним елементима ксилема који почињу од централног дела до перицикла. Код монокотиледоних биљака, број елемената ксилема и флоема је већи и не почињу од центра снопића.

Секундарна грађа корена

Корен дикотиледоних биљака и голосеменица може бити секундарно задебљан. Секундарна грађа настаје као резултат активности секундарних меристема – фелогена и камбијума. На површини корена, фелоген формира перидерм који замењује ризодермис. У унутрашњем делу корена, камбијум ствара **флоем** према површини, а **ксилем** према унутрашњости. Постепено, стари корени постају дрвенасти. На тај начин, примарна грађа корена се замењује секундарном.

Видоизмењени корени

Код корене се јављају разне видоизмене (метаморфозе, модификације), као што су репа, кртоле, корени за дисање, причврсни, потпорни, стубасти и ваздушни корени.



Метаморфоза корена код ротквице, целера, репе, цвекле, слатког кромпира, шаргарепе

Репа настаје задебљањем главног корена код биљака које складиште резервне шећере (скроб, инулин итд.) у меснатом корену. Такви су шаргарепа и першун (са издуженим обликом), али и шећерна репа, ротквица, цвекла итд.

Кртола је посебан тип видоизмене корена карактеристичан за салепове биљке, георгине, неке врсте слатког кромпира, сукулентне корене итд. Најчешће складиште резервне шећере и слузаве супстанце, као што је случај код кртоле салепе које се користе за добијање салепе. Разликују се од стабластих кртола (кромпир, гомољи) по томе што немају пупољке (окца). Георгине и слатки кромпир могу се размножавати вегетативно.

Корени за дисање се развијају код тропских биљака које расту у мочварама где вода стагнира током целе године (мангрово дрвеће). Ови корени расту негативно геотропно, уздижу се изнад воде и обезбеђују кисеоник. Кора садржи аеренхим у коме се задржава или циркулише ваздух.

Бршљен има **причвршћујуће корење**. Оно му помаже да се причврсти за живу или неживу подлогу, развијајући се вертикално или хоризонтално.



Видоизмењено корење за дисање



Видоизмењено причвршћујуће корење код бршљена



Потпорно корење пружа стабилност биљци и најчешће код вишегодишњих тропских биљака подсећа на стабла. Ту спадају такозвани стубасти корени који су постављени косо у односу на стабло.

Ваздушно корење се код неких орхидеја развија изнад земље како би се могло причврстити за одређену подлогу. Прекривено је специфичним ткивом, којим апсорбује влагу из ваздуха. На тај начин, корен, и сама биљка, заштићени су од исушивања.



Ваздушно корење код дишље орхидеје



Потпорни и стубасти корени

Активност

Проучавање грађе корена код монокотиледоних и дикотиледоних биљака

Потребни материјали: коренчићи монокотиледоне (кукуруз) и двокотиледоне биљке (љутић, паприка или парадајз), микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, вода, 1–2 % кисели орцеин.

1. Откините најситније коренчиће предложених биљака и направите водене препарате пажљивим притискањем корена покривним стаклом да би се материјал распоредио у једној равни. Додајте кап боје и оставите да се боји 3 минута.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању. Посматрајте грађу корена код обе биљке и уочите разлике.
3. Направите водене препарате од танких попречних пресека добро развијених делова корена.
4. Направите скице или цртеже распореда, врсте и броја проводних снопића.
5. Проверите да ли имају фасцилуларни камбијум.
6. Дискутирајте о заједничким елементима и разликама у грађи ових корена.

Анализа монокотиледоних и дикотиледоних биљака омогућиће визуелно препознавање разлика у структури корена у уздужним и попречним пресецима. Уздужни пресеци ће показати срасли врх корена са кореновом капом код дикотиледоних биљака, док се код монокотиледоних биљака уочава јасна граница између два дела. Попречни пресек омогућава потврду разлика у грађи централног цилиндра корена између анализираних биљака.

Питања за проверу знања

1. Које су карактеристике монокотиледоних и дикотиледоних биљака у односу на структуру ембриона и корена код одрасле биљке?
2. Где и како се у кореновом систему формирају корени првог, другог и трећег реда?
3. Повежите основне функције корена са одговарајућим метаморфозама.
4. Које су зоне карактеристичне за корен и зашто су важне?
5. Објасните примарну и секундарну грађу корена.

Занимљива биологија

- Корен ђумбира, куркуме, валеријане и многе друге врсте се широко користе због својих лековитих својстава и благотворног дејства на организам. Али један од најлековитијих корена је женшен (*Рапах ginseng*), који се користи у традиционалној медицини хиљадама година. Јача имунитет и повећава енергију, а назив *рапах* значи „лек за све“.



3.7 Морфологија и модификације стабла

Подсети се!

- Како се у примарној структури стабла формирају диференцирана ткива?
- Како се у стаблу формирају нови бочни вегетативни конуси?
- Шта се дешава активацијом фелогена и камбија у стаблу?

Стабло је аксијални вегетативни орган чија је главна функција потпора (пружање чврстине биљци), али и провођење (проводи воду и растворене минерале од корена до листова, а у супротном смеру производе фотосинтезе). Стабло, гранајући се, расподељује листове како би им обезбедило најповољније осветљење. Поред листова, носи цветове и плодове, може служити као складиште резервних супстанци и за вегетативно размножавање. Изграђено је од нодија (чворова) – места из којих излазе листови и пупољци, и интернодија (чланака) који су делови између два суседна нодија.

Према облику, стабла су најчешће цилиндрична, угласта, спљоштена или ребраста, а према правцу раста најчешће су усправна, полегнута, пузећа или увијена.

Стабло, заједно са листовима и пупољцима, је део изданка. Неразгранато стабло са листовима и пупољцима, које се развија током једног вегетационог циклуса, назива се **изданак**. Из пупољака се развијају нове гране, а из цветних пупољака цветови. Код једногодишњих биљака, цела биљка је изданак који се развија из ембрионалног пупољка. Код вишегодишњих биљака, сваке године се из пупољака развијају нови, млади изданци.

Пупољак је неразвијени изданак који садржи апикално меристемско ткиво, зачетке листа у чијим се пазухама налазе зачеци бочних (пазушних) пупољака и покривних (заштитних тврдих) љуски. Пупољци се деле према:

1. Локацији:

- **вршни пупољци** – налазе се на врху и омогућавају раст у висину
- **пазушни пупољци** – налазе се у пазухама листова

2. Функцији:

- вегетативни пупољци – из којих се развијају стабло или листови
- генеративни (цветни) пупољци – из којих се развија цвет или цваст
- мешовити пупољци – из којих се развијају листови и цветови



Стабло са нодијама и интернодијом



Полегнуто стабло лубенице



Увијено стабло хоје

3. Омотачу:

- покривени пупољци – са заштитним тврдим љускама
- голи пупољци – без заштитних љуски.

Пупољци играју кључну улогу у расту и гранању стабла.

ВРСТЕ СТАБЉА

Према дужини животног века разликујемо једногодишња и вишегодишња стабла, а према структури – травната (зељаста) и дрвенаста. Зељасте биљке су чешће једногодишње, а њихов животни циклус се завршава након цветања и формирања плодова и семена. Њихово стабло је зелено, танко и најчешће не одрењава, као код многих баштенских, житних, индустријских и дивљих биљака.

Вишегодишња су стабла дрвећа, жбунова и полужбунова која имају различити животни век (од десетина година до неколико векова). Дрвеће развија једно главно стабло (танко или масивно) које се вишеструко грана. Најмлађе гране дрвета су изданци који носе листове и пупољке (пример: храст, јавор, липа, кестен итд.). Жбунови немају главно стабло и гранају се непосредно изнад земље. Обично не достижу велике висине (до 3 метра), а карактеристичне су за купине, руже, јорговане итд. Полужбунови имају зелене надземне делове који се мењају сваке године, а доњи део је дрвенаст и вишегодишњи. Обично имају низак раст, као код рузмарина, тимотијана, лаванде итд.

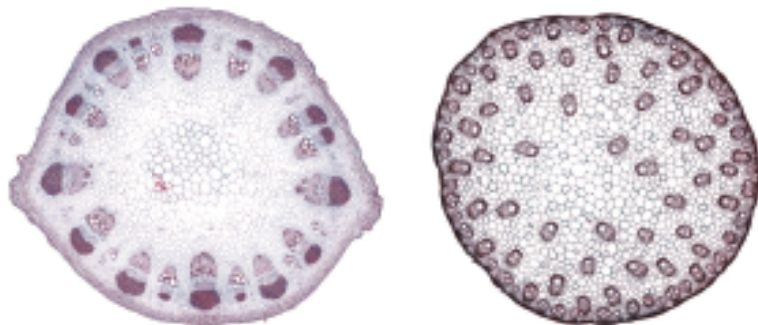
ПРИМАРНА ГРАЂА СТАБЛА

Примарна грађа стабла разликује се код дикотиледоних и монокотиледоних биљака.

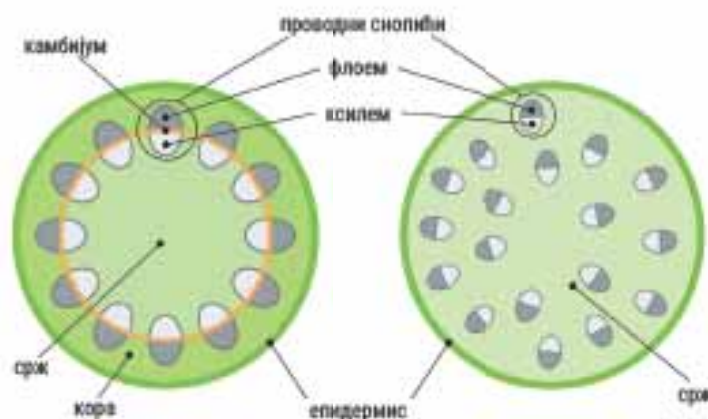
Код дикотиледоних биљака, спољашња ткива обухватају епидермис и примарну кору, а унутрашња ткива обухватају централни цилиндар. Испод епидермиса, примарна кора најчешће почиње *механичким ткивом* – плочастим или угластим коленхимом, а затим следи *паренхим коре*. Последњи слој коре је једнослојни *ендодермис*, који је грађен од живих ћелија у којима се често складишти скроб.

Централни цилиндар обухвата кружно распоређене *проводне снопиће*, најчешће отворене колатералне или биколатералне, уграђене у *паренхималско ткиво*. Камбијум код стабла бундеве налази се унутар снопића, а код неких стабла се спаја и формира *камбијални прстен*. Код неких стабла, флоем и ксилем су густо распоређени и грађа снопића није изражена. Централни део је *срж стабла*, која је често повезана са периферним ткивима коре кроз *зраке сржи*. Код неких стабла, паренхим у сржи је дрвенаст, а код других се губи и постоји централна округла или звездаста шупљина.

У примарној структури монокотиледоних биљака (на пример, кукуруза), јасне границе између коре и централног цилиндра нису издвојене. Читаво стабло је компактно испуњено *паренхимским ћелијама* које су мање испод епидермиса, али фотосинтетски активне у зеленом стаблу. *Проводни колатерални, затворени снопићи* су распоређени дифузно, без реда.



Примарна грађа стабла код дикотиледоне (љутић) и монокотиледоне биљке (кукуруза) у попречном пресеку виђеном под микроскопом

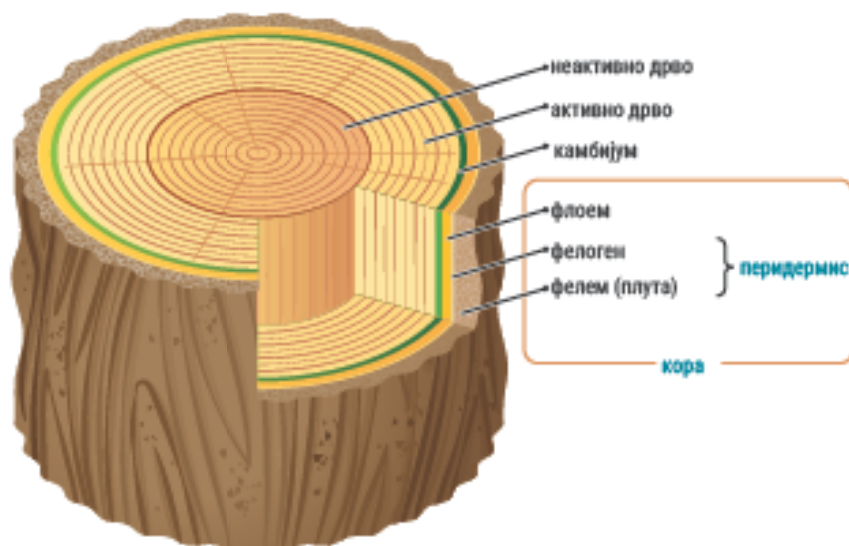


Шематски приказ грађе стабла код дикотиледоне и монокотиледоне биљке у попречном пресеку

СЕКУНДАРНА ГРАЂА СТАБЛА

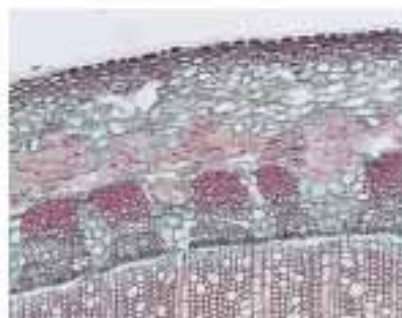
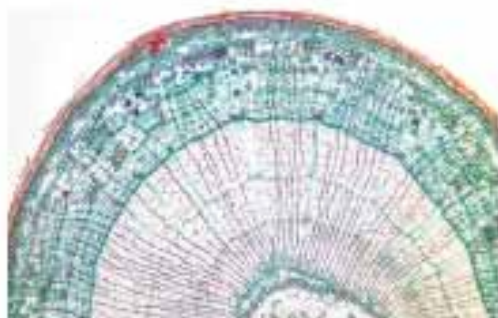
Секундарна грађа настаје активацијом фелогена у периферном делу и камбијума у дубљим слојевима коре. Након формирања фелогена, епидермис се уклања и замењује *перидермисом*. Код старијих стабла, перидермис се замењује терцијарним покоријном ткивом (мртвом кором).

Камбијум ствара секундарну кору са флоемом према споља, а секундарно дрво од ксилема се формира према унутрашњости стабла. У пролеће, камбијум ствара више трахеја него трахеида због природних потреба биљке за водом током стварања лисне масе и производње органске материје. Стога су лумени трахеја шири него у јесен. Због такве структуре, увек се уочава јасна граница између сваке годишње активности камбијума. Тако се уочава сезонски раст у облику слојева који се називају **годови (годишњи прстенови)**. Свака година почиње пролећним и постепено се завршава јесењим дрветом. Камбијум се задржава на граници између дрвета и коре. Раст је увек интензивнији у дрвету него у кори, па дрво расте у дебљину. Већи део стабла је секундарно дрво, а веома мали део је секундарна кора. У овом случају, елементи ксилема у најмлађим слојевима дрвета су увек активни. Према средини стабла налази се неактивни део ксилема који има тамнију боју.



Активни и неактивни део дрвета

Секундарна грађа је различита код скривеносемица и голосемица, иако се јавља на исти начин са активношћу бочних меристема – фелогена и камбијума.



секундарна кора
камбијум
секундарно дрво

Попречни пресек стабла са секундарном структуром код скривеносемица

МЕТАМОРФОЗЕ СТАБЛА

Под утицајем спољашњих фактора, стабла пролазе кроз модификације као резултат прилагођавања околини и преживљавања.

Ризоми су подземна хоризонтално растућа стабла у којима се складиште резервне супстанце. Имају пупољке из којих се могу развити нови надземни изданци и корени. Могу бити задебљани или танки. Служе за вегетативно размножавање и распрострањивање биљке. Типични ризоми имају перуника, ђумбир, куркума, шпаргла, ђурђевак итд.

Столони су хоризонтално растућа, чешће надземна модификована стабла, на чијем крају се могу развити нове биљке. Имају пупољке који дају нове изданке и лако се укоренењују, због чега служе за вегетативно размножавање. За разлику од ризома, столони не складиште резервне супстанце, па су чешћа танко модификована стабла. Налазе се код јагода и зељастих биљака.

Кртоле (стабљичне кртоле) развијају се најчешће на крају столона. На површини кртола налазе се пупољци из којих се могу развити изданак и адвентивни корени. То је доказ да потичу од стабла. Служе за складиштење резервних супстанци и вегетативно размножавање. Најпознатије су кртоле кромпира и артичоке.

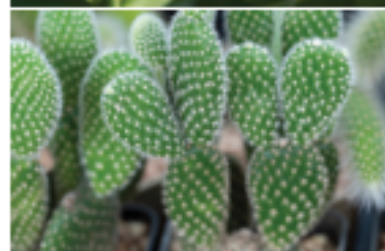
Луковице су уобичајена метаморфоза стабла код црног лука, љиљана и других монокотиледоних биљака. Грађене су од великог броја љускастих листова у којима се складиште резервне супстанце. На дну луковице налази се скраћено стабло из које се формирају адвентивни корени луковице.

Трн је метаморфоза стабла, код које се изданци потпуно трансформишу у појединачне или разгранате трнове. Оштри су, скраћени и без листова. Карактеристични су за неке дикотиледоне биљке као што су зечји трн, гледичија, глог итд.

Филокладије и **кладодије** су модификована стабла у облику спљоштених лиснатих структура. Код рускуса су круте, тврде и кожасте, са оштрим врхом. Зелене су и фотосинтетски активне. Цветови и плодови се налазе директно на лиснатим филокладијама. Кладодије су попут спљоштених меснатих структура које подсећају на листове код кактуса.



Метаморфоза трна код зечијег трна



Филокладије у рускусу и
кладодије у кактусу

Активност**Проучавање грађе стабла код дикотиледоних и монокотиледоних биљака**

Потребни материјали: млада стабла кукуруза, гранчица бундеве и млада зова, микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, вода.

1. Направите два водена препарата са веома танким пресецима стабла кукуруза и бундеве.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању. Посматрајте грађу стабла обе биљке и уочите разлике.
3. Направите скице или цртеже распореда, врсте и броја проводних снопића.
4. Проверите да ли имају фасцикуларни камбијум.
5. Дискутирајте о заједничким елементима и разликама у структури ових стабала.

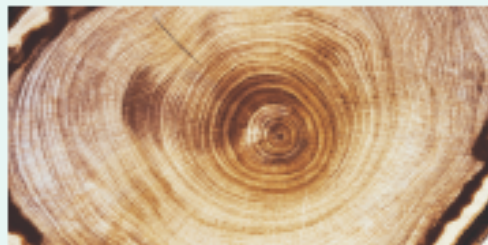
Анализа стабла монокотиледоних и дикотиледоних биљака омогућиће прецизно и детаљно проучавање ћелијске и ткивне структуре стабла код ових биљака. Присуство снопића и њихов састав допринеће разумевању типа стабла, усправних и пузећих. Гранчица зове (дикотиледона биљка) има секундарну структуру стабла.

Питања за проверу знања

1. Опишите грађу и функцију стабла и пазушних пупољака.
2. Како се стабла деле у погледу морфологије и животног века?
3. Које су разлике у примарној грађи стабла код дикотиледоних и монокотиледоних биљака?
4. Код којих биљака се јавља секундарна грађа стабла и како се јавља?
5. Опишите најчешће метаморфозе стабла у погледу њихове адаптације на услове околине.

Занимљива биологија

- Дендрохронологија се бави научним проучавањем дрвених година. Сви знамо старост дрвета по броју његових година. Али години такође пружају много других информација везаних за различите догађаје који су утицали на дрво. Тако, пожари остављају тамне трагове и веома неправилне године око оштећеног дела, током суше години су веома уски и слабо развијени, мраз и ниске температуре изазивају пукотине или оштећене ћелије унутар година, болести и паразити доприносе неправилном расту, задебљању или празнинама у годинама. Такође се могу приметити разна механичка оштећења, поплаве или нагињање и покушаји исправљања дебла, а научници успешно читају ове записе.



3.8 Морфологија и модификације листа

Подсети се!

- Шта су зачеци листа и од чега се формирају?
- Шта је карактеристично за епидермису као покорично ткиво на површини листа?
- Која је основна функција асимилационог ткива и у којим облицима је представљено?

МОРФОЛОГИЈА И ФУНКЦИЈА

Лист је један од главних вегетативних органа биљке и игра кључну улогу у њеном животу. То је главно место где се одвија фотосинтеза – процес у коме се органске супстанце стварају из угљен-диоксида и воде уз помоћ светлосне енергије. Поред тога, лист учествује у размени гасова и транспирацији, што регулише водени биланс и температуру биљке.

Према свом пореклу, лист је део изданка и формира се активношћу апикалног меристема стабла. Прво се појављује лисни пупољак који расте и формира диференцирани лист. Лист има ограничен раст јер се ћелије меристема троше током његовог формирања. Међутим, постоје ретки изузеци када лист наставља да расте врхом.

Разноликост у морфологији (облику, величини и структури) листова резултат је прилагођавања биљака различитим условима средине.

Потпуно формиран лист је грађен од лисне основе, лисне дршке и лисне плоче.

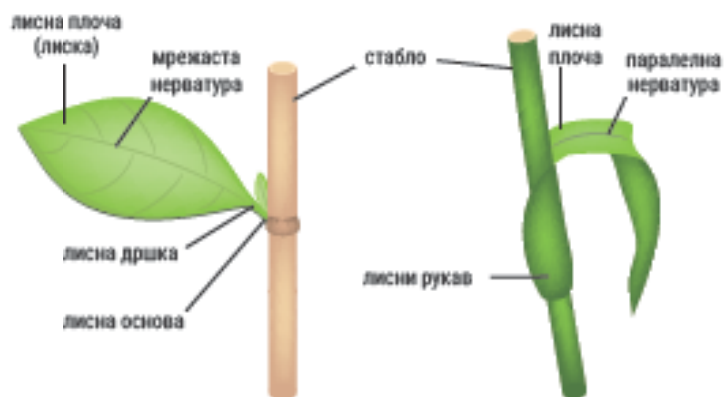
Лисна основа је доњи део којим је лист причвршћен за стабљику. Лисна основа може бити слабо развијена или проширена, а код зељастих биљака најчешће расте у облику цеви која се обавија око стабла и назива се *лисни рукав*.

Лисна дршка је део између основе листа и лисне плоче. Служи за повезивање лисне плоче са стаблом и омогућава да се лист правилно постави према светлости. Такође служи за спровођење воде, минерала и органских супстанци. Код неких биљака, листови су без дршке, такозвани *седећи листови*.

Лисна плоча (лиска, ламина) је највећи и најважнији део листа у погледу његових основних функција. Обично је танка и широка, што омогућава велику површину за апсорпцију светлости и фотосинтезу.



Лисни рукав код кукуруза



Саставни делови листа код дикотиледоних и монокотиледоних биљака

На лисној плочи су видљиве **жиле (нерватура)**, које имају проводну и механичку улогу. Проводници преносе воду до ћелија листа, а у супротном смеру преносе производе фотосинтезе. Могу бити постављени паралелно, као, на пример, код листова перунике, кукуруза, пшенице, лале и других монокотиледоних биљака, или, уочава се израженија такозвана централна жила, која се грана и формира мрежни систем жила код дикотиледоних биљака (листови винове лозе, липе, трешње, кајсије итд.). У том смислу, листови се деле на листове са **паралелном** и листове са **мрежастом нерватуром**.

ВРСТЕ ЛИСТОВА

Према грађи, функцији и положају на биљци, листови се деле на три категорије: доње, средње и горње. Главни фотосинтетски листови су средњи листови. Доњи листови најчешће нису зелени и имају заштитну улогу (љускасти листови), док су горњи листови обично мали и називају се прицветним листовима. Према броју лисних плоча на једној лисној дршци, листови се деле на прости и сложене. Најчешћи су **прости листови**, који имају једну лисну плочу. Према облику ивице лисне плоче, прости листови могу бити целокрајни и нецелокрајни. Целокрајни листови имају глатку ивицу лисне плоче, која може бити округлог, елиптичног, срцастог или игличастог облика као код листова четинара. Нецелокрајни листови имају на зубљену, засечену или урезану ивицу лисне плоче.

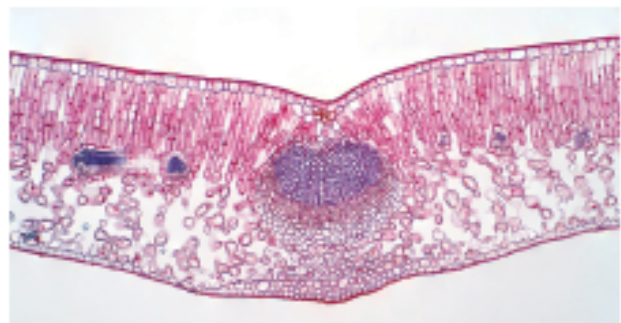
Сложени листови састоје се од више листића који су причвршћени за заједничку лисну дршку. Према распореду листића могу бити перасто сложени (нпр. код ораха и багрема), дланасто сложени (нпр. код дивљег кестена) и други.

Према трајности, листови могу бити листопадни и зимзелени. Листопадни листови живе кратко, од неколико недеља до краја вегетационог периода, док су зимзелени листови вишегодишњи и, у зависности од врсте, живе у просеку од 2 до 10 година.

ГРАЂА ЛИСТА

Грађа листа је повезана и прилагођена основним функцијама. Читава површина листа је прекривена **епидермисом**, који као једнослојно или вишеслојно примарно кожно ткиво, штити унутрашњост од исушивања, инфекција или механичких повреда. Лисна плоча са спољашње стране прекривена је горњим и доњим епидермисом. **Горњи епидермис** налази се на лицу листа, а **доњи епидермис** на његовој полеђини. На површини ћелијског зида епидермалних ћелија налази се **кутикула**, која је воштани слој (створен таложењем кутина и воска) са заштитном улогом. Кутикула је увек боље развијена на горњем епидермису и спречава испаравање. У епидермису се налазе **стоме** кроз које се одвија транспирација и размена гасова. Ћелије стома су најчешће бубрежастог облика код дикотиледоних биљака. Код неких монокотиледоних биљака, стоматалне ћелије су јако издужене у облику броја осам, а на страни стоматалног отвора налазе се суседне, помоћне троугласте ћелије. Горњи и доњи епидермис обично се разликују по грађи и присуству стома, осим код листова код којих лице и полеђина нису јасно диференцирани. Код листова кукуруза, дуж епидермиса налазе се моторне ћелије које покрећу (савијају и исправљају) лист.

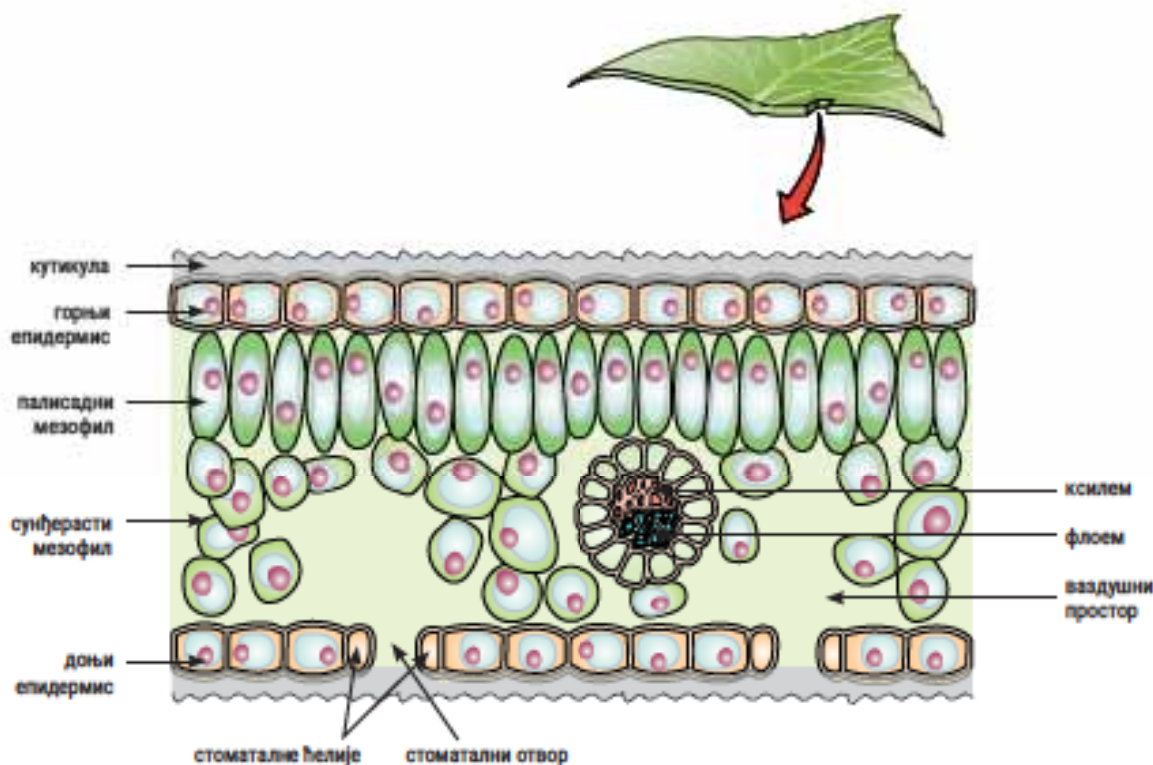
Између два епидермиса налази се **мезофил** – централни део лисне плоче који садржи асимилаторно (фотосинтетско) ткиво. Његове ћелије имају **хлоропласте** – зелене пластиде са **хлорофилом** који су одговорни за фотосинтезу. Код лисних плочи код којих су горња и доња страна јасно разликоване (**дорзовентрални листови**),



Попречни пресек листа са дорзовентралном структуром код дикотиледоних биљака

асимилаторно ткиво је представљено као палисадни и сунђерасти слој. **Палисадни слој** се обично налази на горњој (дорзалној) страни листа. Испод палисадног слоја, на вентралној страни, налази се **сунђерасти слој** богат **ваздушним просторима** који се повезују са простором испод стома. Гасови или водена пара се акумулирају у овим ваздушним просторима и избацују се кроз отвор стома изван листа. Стоме се могу налазити само на полеђини листа, и то је случај код већине листова. Ређе се стоме налазе само на горњем епидермису или на обе стране листа.

Код листова монокотиледоних биљака обично нема предње или задње стране јер је мезофил листа састављен од исте врсте хлоренхимских ћелија.



Шематски приказ грађе листа у попречном пресеку

МЕТАМОРФОЗЕ ЛИСТА

Витице (рашљике) су видоизмењени листови који се јављају као танки и нежни наставци. Њима се биљка причвршћује за ослонац, најчешће увијањем око њега. Истовремено, витице омогућавају биљци да заузме повољнији положај према светлости. Типичне метаморфозе листа у виду витица јављају се код махунарки из рода *Vicia*, као и код грашка, сочива и других биљака.

Трн је метаморфоза листа која се развија као заштита од биљоједа и као прилагођеност на сушне услове. При томе се цео лист или његови поједини делови видоизмењују у чврст и оштар трн. Код кактуса, акације и бербериса листови су у потпуности преображени у трнове.



Витица



Метаморфоза дела листа код чичка



Метаморфоза целог листа код бербериса

Филодије су модификације лисних дршки када се на њиховом месту формирају зелене, спљоштене листолике структуре. Оне су фотосинтетски активне и преузимају улогу лисне плоче када се она редукује. Код аустралијских акација, млади листови су прави и добро формиран, док су старији филодије потпуно измењеног облика.

Активност

Истраживање листа

Потребни материјали: стари и млади листови фикуса, перунике итд., микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, вода.

1. Направите водене препарате са веома танким попречним и уздужним пресецима листа по вашем избору.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању. Посматрајте структуру листа и уочите разлике у структури старих и младих листова.
3. Уклоните епидермис, ако је могуће, и посматрајте га под микроскопом. Затим упоредите свој са другим епидермисима. Шта сте приметили?
4. Направите скице или цртеже епидермиса, типа паренхима у мезофилу листа, типа проводних снопића и распореда стома.
5. Продискутујте у разреду о заједничким елементима и разликама у грађи листова које сте анализирали заједно са другим ученицима.

Анализа листова ће вам помоћи да упоредите и утврдите разлике у структури епидермиса, који се визуелно мења током старења, стома, хлоренхима и других ткива у листовима дикотиледона и монокотиледона биљака скривеносеменица.

ХЕРБАРИЈУМ

Када желимо да проучимо структуру листа или било ког другог дела биљке, а немамо свеж биљни материјал, онда тражимо хербаријумске примерке. Они нам омогућавају да у било ком тренутку направимо жељену анализу. Осушене биљке или њихови делови такође се могу рехидрирати и посматрати као свежи. Али шта је хербаријум и како се прави?

Хербаријум је збирка научно обрађених, целих или делова биљака (осушених и конзервисаних), намењена првенствено њиховом проучавању и сакупљању. Има практичан, научни, образовни, еколошки и историјски значај. Омогућава проучавање, поређење и исправну класификацију биљака, што је од посебног значаја за науку и образовање.

Хербаријумске збирке документују различите уобичајене или ретке и угрожене врсте, што помаже у праћењу промена у флори и распрострањености услед различитих климатских или антропогених (људских) утицаја. Стари хербаријуми пружају информације о прошлој вегетацији и представљају трајни запис о постојању врста у биљном свету. Широко се користе у образовању, али и у фармацији, пољопривреди и шумарству.

Хербаризирање биљке је једноставан, али прецизан поступак који омогућава дугорочно очување и проучавање биљака. Обухвата неколико узастопних корака:

1. **Сакупљање биљке** – Пажљиво се бира репрезентативни узорак здраве и типичне биљке.
2. **Чишћење и припрема** – Вишак земље се уклања са корена, а преостали делови се постављају правилно усправно, без преклапања.
3. **Пресовање** – Биљка се ставља између листова папира или новина и притиска тешким предметом или пресом. Папир се мења сваких 1–2 дана како би се избегла буђ.
4. **Сушење** – Одвија се одређено време (1–2 недеље), док се потпуно не осуши.
5. **Лепљење** – Осушени материјал се лепи или причвршћује лепљивом траком на хербаријумски папир.
6. **Означавање** – На дну се ставља етикета са назначеним уобичајеним и латинским називом, местом и датумом сакупљања, пребивалиштем и именом сакупљача.
7. **Чување и дугорочно одржавање** – Хербаризирани биљке се чувају на сувом, проветреном и тамном месту, на умереној температури, у папирним фасциклама, кутијама или ормарићима. За заштиту од инсеката користе се разне методе и посебна средства како би се спречило оштећење примерака.



Хербаризоване биљке

Активност**Хербаријум као ботаничка документација**

Потребни материјали: хербаријумски папир (формат А3 или А4), преса или књиге, лепљива трака, лупа или микроскоп, материјал за теренска истраживања (3–5 самониклих биљака).

1. Обрадите теренски материјал чишћењем, сушењем, пресовањем и редовним мењањем папира.
2. Обрадите теренске белешке са подацима о станишту, надморској висини, типу земљишта и изложености светлости.
3. Припремите хербаријумске узорке (лепљење, обележавање).
4. Посебно опишите морфологију и локацију корена, стабла, листа и цвета/плода узорака.
5. Извршите прецизну идентификацију биљака користећи ботаничке кључеве и литературу.
6. Наведите латинске и народне називе испитиваних узорака.



Разговарајте на часу о биодиверзитету биљака и значају ботаничких колекција.

Овом активношћу ћете продубити своје знање о морфологији биљака и практично применити научну методологију која подразумева посматрање, анализу и документовање биљног материјала.

Питања за проверу знања

1. Како се листови класификују према морфологији и које су разлике између листова монокотиледоних и дикотиледоних биљака?
2. Која је суштинска разлика у мезофилу листова са и без лица и полеђине?
3. Које су најчешће метаморфозе и из којих делова листа настају?
4. Који су кораци у припреми хербаријумског примерка и који је значај ових ботаничких колекција?

Занимљива биологија

- Необично велики листови су карактеристика неких тропских биљака. На пример, код једне врсте бразилске палме (*Raphia fedigera*), достижу дужину од 25 m и ширину до 12 m.

3.9 Цвет. Опрашивање и оплодња

Подсети се!

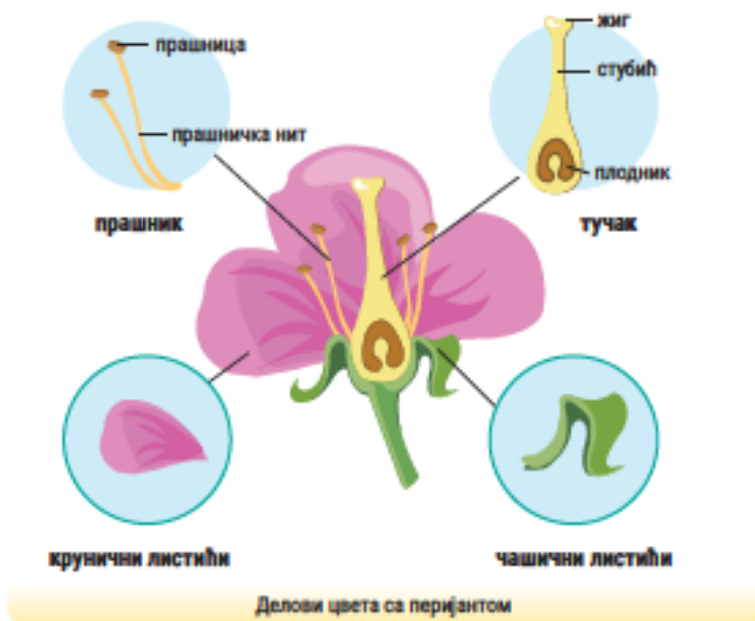
- Који органи код биљака се користе за полно размножавање?
- Које врсте цветова познајете?
- Како се биљке најчешће опрашују?

ГРАБА И ФУНКЦИЈА ЦВЕТА

Цвет је модификовани кратки изданак ограниченог раста који се развија из цветног пупољка. То је генеративни орган специјализован за полно размножавање цветница. Цвет је повезан са стабљиком **цветном дршком** која се наставља у **цветну ложу**, део на који су причвршћени цветни елементи. Ложа је широког спектра облика и величина: може бити проширена, са равном, удубљеном или испупченом горњом површином. Цветни елементи се формирају редом од споља ка унутра, и тако се спроводи проучавање грађе цвета.

Према функцији, цветни елементи се деле на заштитне и репродуктивне. Заштитни елементи су представљени **окоцветним листићима** (цветни омотач) који се морфолошки могу разликовати једни од други или бити исти. Сходно томе, цветни омотач може бити **перијант** и **перигон**.

Перијант је сложени цветни омотач, са морфолошки различитим листићима груписаним у **чашицу** и **круницу**, који окружује и штити репродуктивне органе пре него што цвет процвета. Спољашњи круг перијанта чине **чашични листићи** који су зелене боје и по структури подсећају на вегетативне листове. Скуп чашичних листића у цвету назива се **каликс** (calix). Најочљивији део цвета су **крунични листићи**, који се налазе унутра (испод круга чашице) и чине **круницу**. Крунични листићи су већи, обојени разним бојама, мирисни и заједно са нектарним жлездама које се налазе у њиховој близини привлаче опрашиваче. Скуп круничних листића у цвету назива се **корола** (corolla).



Једноставан цветни омотач код кога су сви листићи морфолошки слични или исти назива се **перигон**. Може бити **крунични перигон** (код лала, висебаба, љиљана). Када се перигон састоји од зелених, малих листића у облику чашице, називамо га **чашичним перигоном** (код неких коприва, спанаћа, кисељака итд.).



Лале имају цветове са кружичним перигином



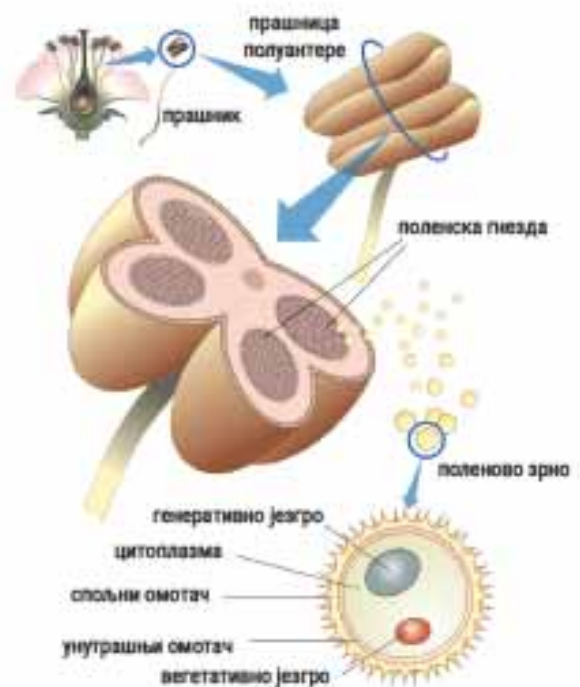
Цветови кукурека имају чашични перигин

Испод цветног омотача налазе се репродуктивни делови цвета – прашници и тучак.

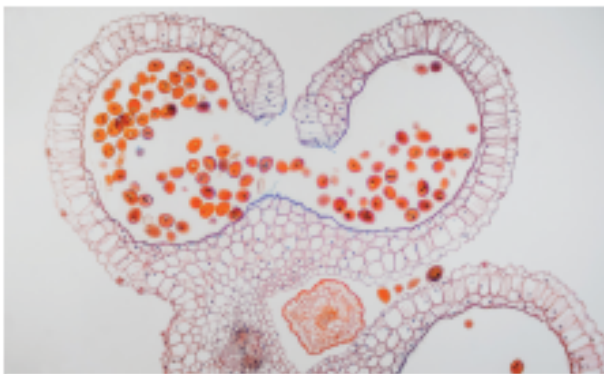
Прашници могу бити бројни у цвету и као целина се називају **андроцеум** (androecium). Прашник је састављен од **прашничке нити** и **прашнице** (антере). На попречном пресеку у пределу антере видљиве су две половине (полуантере), међусобно повезане стерилним ткивом. Свака полуантера садржи два **поленова гнезда** у којима се формира **полен**. Зид антера је трослојан, састављен од специјализованих ткива која помажу у отварању антера и исхрану спорогеног ткива.

Из спорогеног ткива мејозом настају хаплоидне микроспоре. У свакој ћелији хаплоидне микроспоре, митотском деобом хаплоидног језгра, формира се зрело **поленово зрно**. Након прве деобе добијају се два језгра – једно вегетативно и једно генеративно, које се касније дели и даје два језгра (**мушке гамете**).

Зрело **поленово зрно** садржи чврсти спољни и унутрашњи омотач и може бити двоћелијско (са вегетативном и генеративном ћелијом) или троћелијско (садржи вегетативну и две генеративне ћелије). Поленова зрна имају грађу и из-



Грађа прашника



Попречни пресек антере који приказује зид антере и поленова зрна

глед карактеристичан за сваку биљку, а када сазру, прашница пуца и она се ослобађају напоље.

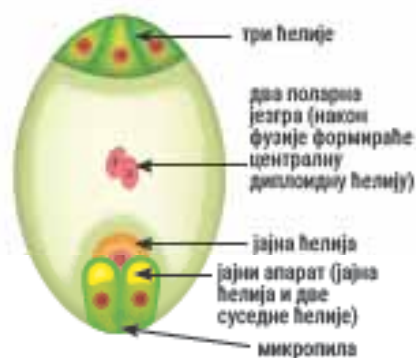
У центру цвета налази се **тучак** који је састављен од једног или више *оплодних листића*. Тучак може бити прост ако је изграђен од једног оплодног листића или сложен када је изграђен од више оплодних листића. Више оплодних листића може формирати један тучак или више простих тучкова у једном цвету. Збир оплодних листића у једном тучку или простих тучкова у једном цвету назива се *гинецеум* (*gynoeceum*).

Код тучка се може разликовати: **плодник**, **стубић** и **жиг**. Са доњим делом плодника, тучак је причвршћен за цветну ложу. Плодник је обично проширен у основи, затим се сужава у стерилни део – стубић и завршава се жигом. Жиг може имати различити изглед и прекривен је длачицама које служе за прихватање полена.

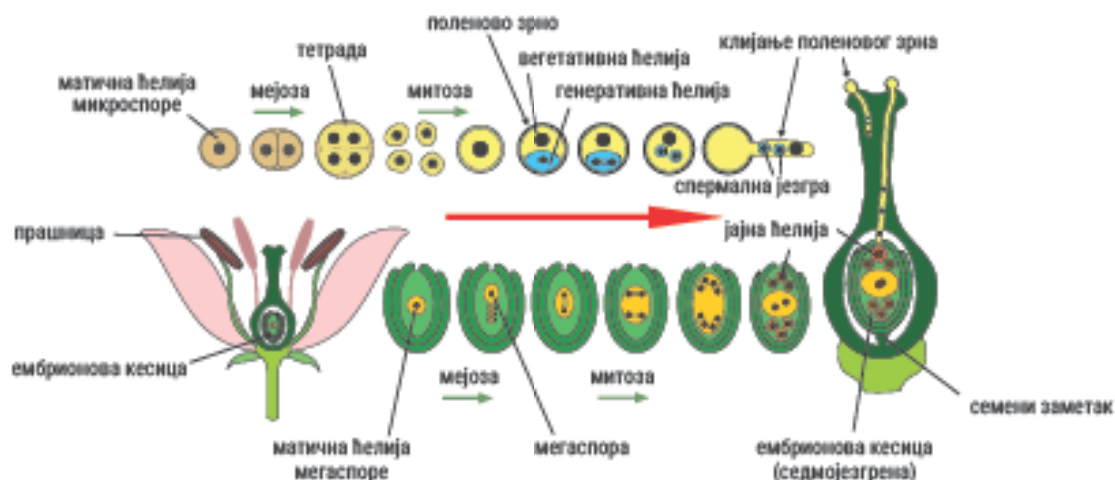
Плодник може садржати један или више семених заметака у којима се формира јајна ћелија. Семени заметак је изграђен од спорогеног ткива и две заштитне мембране. Унутрашња мембрана формира мали отвор који се назива микропила. Из једне спорогене ћелије мејозом се добијају четири хаплоидне ћелије. Горње три се губе, а унутрашња ћелија (оријентисана ка микропили) се дели митозом. Након три узастопне деобе, настаје ембрионова кесица са осам језгара, у којој се на оба краја налазе по четири језгра. Једно језгро из сваке групе се спаја у средини и формира такозвану централну диплоидну ћелију. Три језгра која се налазе према микропили формирају јајни апарат у коме је централно јајна ћелија. На супротном крају јајног апарата у кесици се налази група од три једра. Тако се добија зрела ембрионова кесица са седам језгара спремна за оплодњу.



Попречни пресек тучка са семеним заметцима



Ембрионова кесица (са осам језгара)



Формирање поленовог зрна из матичне микроспоре (горњи ред) и формирање ембрионове кесице из матичне мегаспоре у семеним заметку (доњи ред)

У близини тучка налазе се нектарне жлезде које луче слатки сок (нектар) који храни инсекте који посећују цвет.

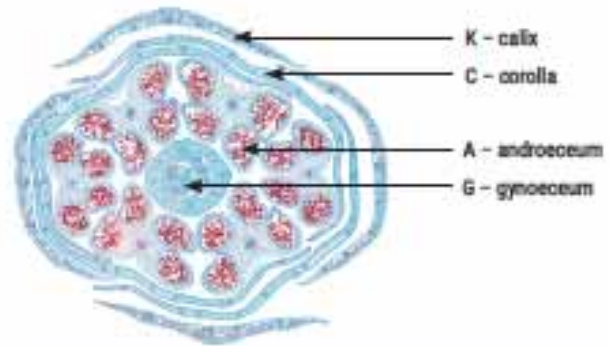
ВРСТЕ ЦВЕТА

У природи су чешће биљке са цветовима који носе и прашнике и тучак и називају се **хермафродитски (двополни) цветови**. Цветови могу бити **једнополни**, наиме мушки (ако имају само прашнике) и женски (ако имају само тучак). Када се мушки и женски цветови налазе на истој биљци, онда се биљка назива **једнодомна** (красавац, кукуруз, бундева, диња, лубеница итд.). Када се мушки и женски цветови развију на различитим биљкама, онда говоримо о **дводомним биљкама** (топола, врба, конопље, киви итд.).

Према распореду цветних елемената на цветној ложи, разликујемо **кружне** (циклични цветови, када су цветни елементи распоређени у правилним круговима, у броју 3, 4 или 5) и **спиралне** (ациклични цветови код којих су цветни елементи распоређени спирално, као код магнолије).

У погледу тога да ли постоји симетрија у цвету, разликујемо: **правилне** (симетричне) цветове и **неправилне** (асиметричне) цветове. Ако одређени део цвета недостаје, називамо га **непотпуним цветом**.

Према положају тучка у односу на остале делове цвета, разликују се **надцветни**, **полуподцветни** и **подцветни тучак**. Надцветни тучак налази се изнад осталих цветних делова (нпр. код лале и пасуља). Полуподцветни тучак смештен је између осталих цветних делова (нпр. код брескве и трешње), док се подцветни тучак налази испод њих, у цветној ложи (нпр. код јабуке и руже).



Попречни пресек хермафродитског цвета (са 4 цветна круга)



Положај тучка у цвету – надцветни, полуподцветни и подцветни

Цвасти су групе од неколико појединачних цветова постављених на заједничкој цветној дршци или оси. Оне омогућавају ефикасније опрашивање и формирање већег броја плодова. Основни делови цвасти су: главна оса, бочне неразгранате или разгранате осе, цветови и прицветни листићи који могу бити одсутни. Најчешће се деле на **просте** и **сложене** цвасти.

Просте цвасти су гроздасте цвасти код којих главна оса обично наставља да расте одређено време (непотпуна цваст). Најстарији цветови су у основи, а најмлађи према врху. Ове цвасти могу имати издужену осу (као код *грозда*, *класа*, *ресе*, *клипа*) или скраћену осу (као код *штита*, *гроња*, *корпе* и *главице*).

Сложене цвасти имају главну осу која се завршава цветом (потпуна цваст) и разгранате бочне осе које се завршавају цветовима. Примери сложених цвасти су: *метлица*, *сложени клас*, *сложени клип*, *сложени штит*, *сложена главица* и други.

У биљном свету постоје разноврсне цвасти са карактеристичним облицима. Тако се на врху кукуруза налази сложена метличаста цваст која носи мушке цветове, а у пазушцима листова



Шематски приказ непотпуне и потпуне цвасти са главном осом, бочним осама и цветовима

је клип који представља женску просту цваст. Ресе су мушке цвасти врбе или ораха, а на врховима грана, у малим групама, налазе се женски цветови. Код пшенице, цваст је једноставан клас, док маслчак, камилица и сунцокрет имају корпасту цваст састављену од великог броја различитих језичастих и цвастих цветова.

Активност

Анализа цвета дикотиледоне и монокотиледоне биљке

Потребни материјали: разни свежи, хербаријски припремљени или слике цветова дикотиледоних биљака (акација, хибискус, ружа, тиквице, винка) и монокотиледоних биљака (лала, перуника, љиљан, амарилис, кукуруза), пинцета, свеска, боје.

Поделите се у групе и свака група треба да направи шематски цртеж (елементи цвета у пресеку) и анализу цвета једне дикотиледоне и једне монокотиледоне биљке на следећи начин:

1. Пинцетом откините (редом споља ка унутра) елементе цвета.
2. Поставите их у круг и анализирајте делове цвета:
 - Да ли постоје листићи, колико их има и како су распоређени у чашици (К), круници (С) и цветном омотачу код монокотиледона (Р)?
 - Прашници (А), колико их има и да ли су срасли или су слободни?
 - Тучак (Г), да ли садржи тучак (колико преграда има на попречном пресеку)?
 - Да ли је цвет хермафродит, мушки или женски?
3. Замислите како би изгледао попречни пресек цвета и нацртајте све његове делове у одговарајућем распореду. Од споља ка унутра, прво нацртајте чашичне листиће, круничне листиће, прашнике и у центру тучак.
4. Разговарајте у разреду о изгледу и функцији сваког дела цвета!

Цветови се међусобно разликују по облику и броју свих делова цвета, а могу имати и посебан распоред елемената.

ОПРАШУВАЊЕ

Полно размножавање код биљака је уско повезано са процесом опрашивања. Пренос полена са прашнице на жиг тучка назива се **опрашивање**. Полен и жиг својом структуром су прилагођени за процес опрашивања. Поленова зрна често развијају различите израслине (као што су бодље) на површини, што им олакшава причвршћивање за жиг тучка. Жиг је прилагођен за прихватање полена (има жлезде које његову површину чине лепљивом).

Углавном постоје две врсте опрашивања код биљака: самоопрашивање (аутогамија) и унакрсно опрашивање (алогоамија).

- Типично **самоопрашивање (аутогамија)** је карактеристично за двополне цветове када зрео полен са прашника падне на жиг тучка истог цвета. Тако се опрашују неке зељасте, самоникле и баштенске биљке (пасуљ, грашак, сочиво, парадајз итд.).
- Много чешће код биљака је такозвано **унакрсно опрашивање (алогоамија)**, које се јавља у два облика:
 - **суседно опрашивање** се јавља код биљака где полен са једног цвета опрашује тучак другог цвета исте биљке (са генетског становишта, то је облик самоопрашивања) и
 - **типично унакрсно опрашивање** када полен са цвета једне биљке опрашује тучак у цвету друге биљке исте врсте.

Унакрсно опрашивање се јавља и код хермафродитских и код једнополних цветова једнодомних и дводомних биљака. Ова врста опрашивања настаје због неусклађености дужине прашника између цветова или због морфологије поленових зрна и времена сазревања полена и тучака.



Пренос полена на тучак може бити на различите начине:

- **Анемофилија** је опрашивање ветром и карактеристична је за биљке које немају обојене и мирисне цветове, као што су многе зељасте биљке (житарице: пшеница, јечам, раж, овас, пиринач, кукуруз) и дрвенасте врсте (храст, топола, врба, бреза, леска, јавор итд.). Производе велику количину полена који је морфолошки погодан за расејавање – лаган је, сув и фин.
- **Зоофилија** је опрашивање уз помоћ животиња: инсектима (ентомофилија), малим птицама (на пример колибрији) или ретко малим животињама (слепи мишеви и глодари). Карактеристична је за велики број биљака са лепо обојеним и мирисним цветовима са нектарима којима привлаче опрашиваче. Улазе у цвет у потрази за нектаром и притом лепе полен на своје тело и ноге. Приликом посете другом цвету, преносе полен на жиг.
- **Хидрофилија** је опрашивање водом код водених биљака (водена куга, морска трава названа зостера итд.). Обично се цветови водене куге развијају изнад површине воде, а опрашују се поленом који носе водене струје. Код морске траве опрашивање је потпуно под водом.
- Човек примењује разне технике **вештачког опрашивања** у којима уклања прашнике са цветних пупољака једне матичне биљке и опрашује жигове поленом друге матичне биљке. Тако се, у ствари, спроводи контролисано унакрсно опрашивање биљака са познатим наследним особинама како би се добиле жељене карактеристике и квалитет плодова.

ОПЛОДЊА

Оплодња је процес којим се мушка спермална ћелија спаја са женском јајном ћелијом, чиме почиње развој новог организма.

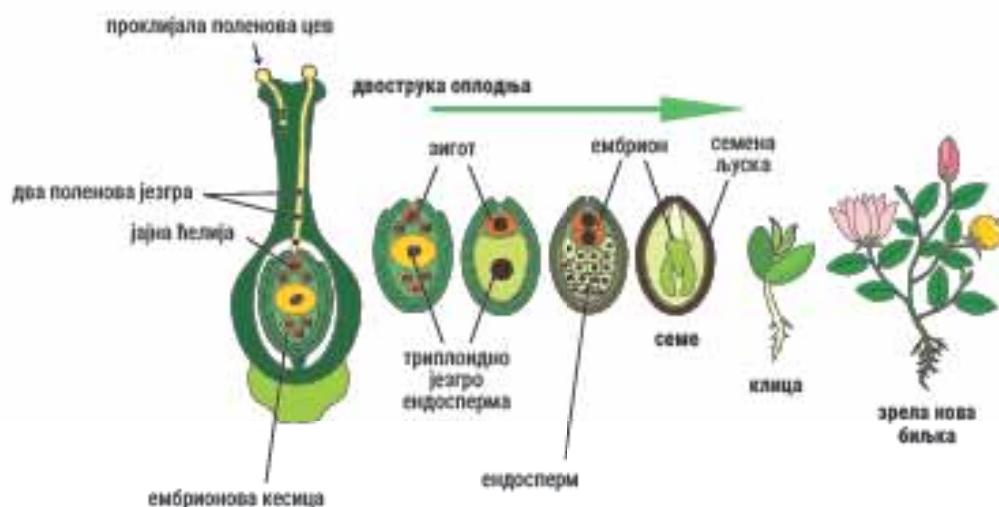
Оплодња се дешава након опрашивања цвета. Када полен падне на жиг тучка, он апсорбује влагу са лепљиве површине и клија.

Више поленових зрна може пасти на жиг и истовремено проклијати. Свако поленово зрно, након клијања, формира поленову цев (из унутрашњег поленовог омотача) која



продире кроз жиг и стубић и, растући на доле, спушта се до семеног зачетка у плоднику. Поленова цев, кроз микропилу, продире у семени зачетак, односно ембрионову кесицу. Два мушка гамет се спуштају и ослобађају кроз поленову цев. Један од гамет се спаја са јајном ћелијом, након чега се формира диплоидни зигот. Други гамет из поленове цеви се спаја са централном (диплоидном) ћелијом ембрионове кесице, након чега се формира триплоидна ћелија. На овај начин долази до двоструке оплодње у плоднику.

Зигот, који носи генетски материјал из обе родитељске биљке, почиње да се дели и формира ембрион који садржи зачетке биљних органа – корена, стабла и листа. Део триплоидне централне ћелије формирају хранљиво ткиво (ендосперм) у семену.



Клијање полена и двострука оплодња

Питања за проверу знања

1. Који су делови цвета и која је разлика између перијанта и перигона?
2. Како се цветови деле према распореду цветних елемената у цвету и симетрији?
3. Шта су хермафродитни цветови и како се разликују од једнополних мушких и женских цветова?
4. Објасните формирање мушких и женских зрих полних ћелија, где и како се то дешава.
5. Које врсте опрашивања постоје и како се опрашивање дешава?
6. Детаљно опишите процес двоструке оплодње, где и како се дешава.

Занимљива биологија

- Ноћни јасмин (*Cestrum nocturnum*) је украсни зимзелени жбун, са малим цевастим цветовима сакупљеним у гроздове. Током дана су затворени, а отварају се у сумрак и шире диван мирис који траје током целе ноћи како би привукао мољце којима се опрашује. Арома се шири у радијусу од 10–15 метара, што значи да један грм по вечери ароматизира 300–700 m³.

3.10 Семе и плод. Размножавање биљака

Подсети се!

- У ком делу цвета се налазе семени зачетци?
- Где и како се дешава двострука оплодња?
- Како почиње развој биљке?

СЕМЕ

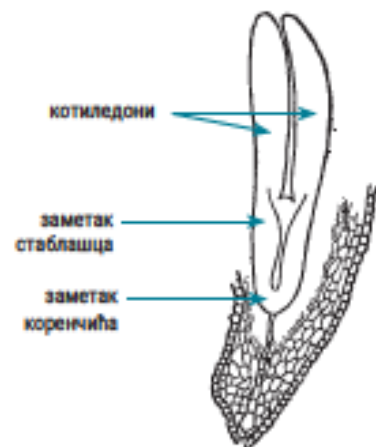
Семе је репродуктивни орган и игра важну улогу у размножавању и опстанку биљке. Омогућава биљци да преживи неповољне спољашње услове и да се шири на различита подручја. Када се створе повољни услови, као што су довољна количина воде, кисеоника и одговарајућа температура, семе клија и почиње развој нове биљке. Поред биолошког, семе има велики економски и нутритивни значај за људе, али и друге живе организме.

Семе има сложену структуру која омогућава заштиту, исхрану и развој нове биљке. Иако се семе различитих биљака може разликовати по величини, облику и боји, све оне имају заједничке карактеристике везане за структуру. Семе је састављено од: **семењаче** (семене љуске), **ембриона** и **ендосперма** (хранљивог ткива).

Семена љуска (семењача) обавија семе и штити унутрашњост од механичких оштећења, сушења и инфекција. Најчешће је тврда и чврста, али може бити и мекана, бела или обојена у различите боје у зависности од врсте. Сеमेњачу формира један или оба омотача семеног зачетка клице. Белег назван **пупак** може се видети на семењачи на месту где је семе било причвршћено за плод. Обично се поред пупка налази мали отвор назван **микропиларни отвор**, кроз који семе прима воду пре клијања. Овај мали отвор потиче од отвора у семеног зачетка кроз који поленова цев улази током оплодње.

Ембрион се налази испод семењаче и може имати централни положај у семену (код пасуља, грашка, бораније или сочива) или се налазити периферно (као код неких врста каранфила), или бочно код житарица и пролећних биљака. Ембрион се састоји од **зачетка коренчића**, **зачетка стаблацице**, ембрионалних листова (котиледона) и **ембрионалног пупољка**. Облик и величина ембриона варирају код биљака, може бити мали или велики у зависности од развоја котиледона.

Током клијања семена, из зачетка коренчића у ембриону се прво развија корен клице (младе биљке). Из зачетка стаблацице се формира стабло клице, које повезује корен са првим листовима. Како расте, стабло извлачи котиледоне изнад земље и они постају зелени на светлости. Котиледони су први листови који врше фотосинтезу и омогућавају клицама да преживе док се не развију прави листови.



Грађа ембриона код дикотиледонских биљака



Грађа семена пшенице (шематски приказ и уздужни пресек под микроскопом)

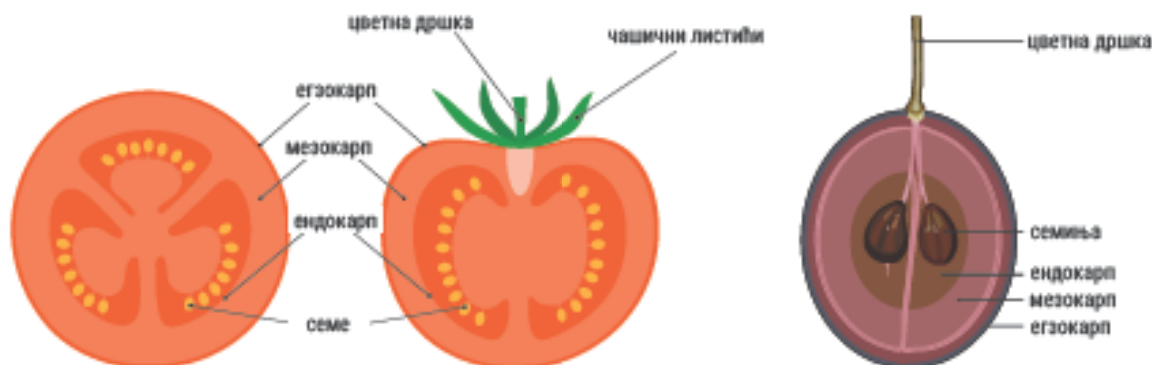
Ендосперм је хранљиво ткиво које служи за складиштење хранљивих материја (скроб, протеини и липиди) за ембрион. Настаје као резултат деобе триплоидне ћелије која се формира током оплодне диплоидне централне ћелије у ембрионовој кесици. Када семе проклија, ембрион користи ове хранљиве материје за свој развој. Ендосперм је добро развијен код пшенице, пиринча и других монокотиледоних биљака са малим ембрионом. Може бити неразвијен или одсутан код семена махунарки (дикотиледоних биљака). Код њих је ембрион добро развијен тако да његова два коти-ледона у којима се складиште хранљиве материје испуњавају цело семе (код пасуља, грашка итд.).

ПЛОД

Плод је репродуктивни орган биљака скривеносеменица који се развија након успешне оплодне. Са морфолошке тачке гледишта, то је трансформисани тучак из чијег се плодника развија плод, а из семеног зачетка се формира семе.

Плодови се разликују по облику, величини, структури и начину формирања у зависности од биљне врсте. Главна улога плода је да заштити семе и омогући његово расејивање. Плод је од великог значаја не само за размножавање биљних врста, већ и за исхрану људи и животиња, јер су плодови богат извор витамина, минерала и других разних хранљивих материја.

Плодови који се развијају само из плодника означавају се као прави плодови. У овом случају, зид плодника се трансформише у **перикарп** који се састоји од три слоја:



Грађа плода парадајза (попечни и уздужни пресек) и зрна грожђа (уздужни пресек)

- **егзокарп** – спољашњи, обично једнослојни слој, кора или љуска плода.
- **мезокарп** – средњи, вишеслојни, обично меснат и сочан део, али може имати и другачију структуру.
- **ендокарп** – унутрашњи слој, део који обавија семе и може бити танак, мекан, тврд или дрвенаст.

Неки плодови се развијају из других делова цвета и називају се **лажни плодови**. На пример, меснати део јабуке развија се из цветне ложе, а ендокарп из плодника, јагода настаје растом цветне ложе, а чашица учествује у формирању плода дуда.

Основна подела плодова је на просте и сложене плодове.

- **Прости плодови** настају из једног тучка и такви су кајсија, бресква, шљива итд.
- **Сложени плодови** настају из више тучкова на једном цвету или из цвасти. Ако се формирају од више простих тучака на једном цвету, онда су то **збирни плодови** (група малих плодова који изгледају као један велики плод). Такви су плодови малине, купине итд. Када се плодови развију из више цветова у једној цвасти, добијају се плодови попут ананаса, смокве, дуда итд.



Према структури, плодови могу бити сочни или суви.

- **Сочни плодови** имају мекан, меснат и сочан перикарп, богат соковима и хранљивим материјама, што их чини атрактивним за конзумацију. У сочне плодове спадају поморанце, јабуке, грожђе, диње, лубенице итд. Плодови брескви, кајсија, шљива, трешања, вишње, манга, маслина итд. су сочни, али је део око семенке (ендокарп) веома тврд, дрвенаст и назива се **коштица**. У коштици, која изгледа као мала дрвенаста кутијица, налази се једна заштићена семенка. Стога такве плодове називамо **коштуњавим плодовима**, иако су сочни. Јабуке и крушке имају другачију структуру – на површини имају кору, у средини меснати сочни део, а унутра се налазе тврде љуске око семенки, којих може бити много. Бобица је посебна врста сочног плода карактеристична за грожђе, парадајз итд.
- Код **сувих плодова**, љуска плода је тврда, кожаста или дрвенаста. Деле се у две групе, у зависности од тога да ли плод пуца када сазри или не. У групу **сувих пуцајућих плодова** спадају пасуљ, грашак, боранија, соја и друге биљке чији је плод махуна са много семенки. Памук и лала, на пример, имају суви плод као капсулу са много семенки која се назива махуна. Посебни су суви плодови купуса, репе и роткве – капсуле издуженог облика које се уздужно отварају када сазру. У суве **непуцајуће плодове** спадају орах, кестен, лешник (са дрвенастом љуском). Житарице такође имају суву љуску која не пуца – пшеница, јечам, пиринач, затим сунцокрет од уљарица итд.



Табела: Врсте плодова

Прости плодови (од једног тучка)	сочни	
	суви	пуцајући
		непуцајући
Сложени плодови (од више тучка)	збирни	сочни
		суви
	из цвасти	

РАСЕЈАВАЊЕ ПЛОВОА И СЕМЕНА

Расејавање је процес транспорта и дистрибуције плодова или семена даље од матичне биљке. Ово смањује конкуренцију и омогућава ширење врсте. Грађа семена и плодова је уско повезана са начином њиховог расејавања.

Расејавање може бити:

- **ветром** се расејава лако семе и плодови са различитим изданцима као што су папуси код маслачка или крила код јавора и јасена.
- **водом** се расејавају плодови са тврдом, водоотпорном љуском, који пливају и носе их водене струје на веће удаљености од матичне биљке (кокос, морски пасуљ, водени кестен са роговима итд.).
- **животињама** се плодови расејавају на два начина – јелом сочних плодова или причвршћивањем за крзно и тело животиња.
- **саморасејавањем** када плод пукне и ослободи семе, као на пример: луди краставац који расејава семе на удаљености од неколико метара.
- **антропогеним утицајем** када људи намерно или ненамерно учествују у расејавању путем транспорта и пољопривреде.

ПОЛНО И БЕСПОЛНО РАЗМНОЖАВАЊЕ

Основно биолошко својство свих живих организама јесте размножавање и стварање потомства, тј. нових јединки које личе на своје родитеље. На овај начин се одржавају врсте и одржава се континуитет живота на Земљи. Биљке се размножавају полно и бесполно (вегетативно).

Током **полног размножавања**, нова јединка настаје као резултат спајања хаплоидног женског и мушког гамета, формирајући диплоидни зигот из којег се развија нови организам.

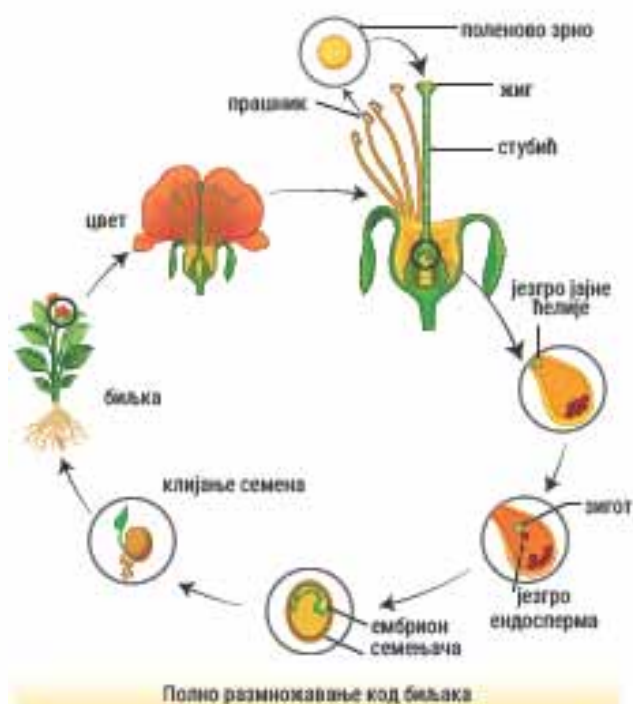
Грађа генеративних органа је прилагођена за успешно полно размножавање врсте. Гамети се формирају у специјализованим деловима цвета. У прашницима се формира лаган и обилан полен, прилагођен за преношење ветром, водом, инсектима или животињама. Тучак је, заузврат, анатомски прилагођен да прихвати полен, а такође омогућава раст поленове цеви и штити плодник.

Након опрашивања и оплодње, у полним органима цвета се формирају плод и семе. Из семена ниче нова биљка, и тако се размножава велики број врста. Сексуално размножавање омогућава генетску разноликост и повећава способност потомства да се прилагоди променљивим условима животне средине. На овај начин се дугорочно осигурава опстанак врсте.

Вегетативно размножавање је бесполни метод размножавања у којем се нова биљка развија из корена, стабла или листа (вегетативних органа). Она је идентична (клон) матичној биљци. Овај метод је уобичајен међу биљкама и омогућава брзо повећање броја јединки. Истовремено, чува позитивне карактеристике врсте без варијабилности. Доприноси брзој и ефикасној адаптацији и насељавању нових подручја под повољним условима животне средине. Одвија се на природан и вештачки начин.

У природи се вегетативно размножавање остварује различитим метаморфозираним органима као што су столони (јагода), ризоми (перуника, ђурђевак, ђумбир, трска), кртоле (кромпир), луковнице (лала, црни лук) итд. Многе украсне биљке из рода бегонија, љубичица, фикуса итд. размножавају се листовима.

Вештачки метод вегетативног размножавања обухвата различите интервенције човека са циљем брзог размножавања и очувања жељених карактеристика код биљака. Често се користе методе и технике, као што су размножавање резницама (са винове лозе, ружа, рузмарина, малине итд.), калемљење, размножавање стаблом и пупољцима. Тако се размножавају многе воћке, као што су јабуке, крушке, брескве, винова лоза итд. Ин витро размножавање (култура ткива) је контролисана метода када се нове биљке добијају у биљним културама у лабораторији.



Вегетативно размножавање столонима, ризомима, луковницама и кртолама



Вегетативно размножавање уз помоћ човека – резницама и калемљењем

Активност

Проучавање грађе семена и плодова

Урадите анализу плода и семена два различита представника дикотиледоних и монокотиледоних биљака. Направите постер презентацију у којој ћете показати од којих делова су састављени плодови и семена. Направите цртеже и кратак опис сваког од делова и опишите како настају (од које врсте цвета и опишите пут до формирања плода и семена).

На часу дискутирајте о грађи, које карактеристике имају плод и семе са аспекта расејавања.

Поставите и одговорите на питања како бисте развили дискусију о значају плодова и семена за исхрану људи и других живих организама, као и о начинима њиховог расејавања у природи.

Питања за проверу знања

1. Детаљно опишите сва делове који чине семе и објасните који део је кључан за развој нове биљке.
2. Наведите делове који чине плод и упоредите како је грађен код различитих врста плодова.
3. Који су прави, а који лажни плодови и који је разлог за ову поделу?
4. Повежите структуру и карактеристике плодова са начином њиховог расејавања.
5. Које структуре омогућавају полно и вегетативно размножавање код биљака?

Занимљива биологија

- Плод биљке *Plukenetia volubilis*, познате и као „sacha inchi“, је сува капсула у облику звезде са 4–7 кракова која се отвара и сама распршује. Семе унутра садржи толико омега-3 масних киселина да се биљка често назива „кикирики Инка“. Аутохтони народи у Амазону користе ову биљку као примарни извор енергије и здравља још од времена Инка, а данас семе има изузетно широк спектар нутритивних, медицинских и козметичких употреба.



3.11 Адаптације биљака на животну средину

Подсети се!

- Шта су метаморфозе биљних органа и како настају?
- Које су уобичајене метаморфозе стабла и листа и за које биљке су карактеристичне?
- Шта су аеренхим и паренхим који складишти воду? У којим органима и код којих биљака се налазе?

Биљке расту и развијају се под утицајем различитих фактора средине, који могу деловати на сложен и истовремени начин. Сваки од фактора има директан или индиректан утицај на метаболичку активност биљака, а самим тим и на преживљавање. Биљке су, као непокретни организми изложени сталним утицајима средине, морале да развију различите адаптације – структурне, физиолошке и функционалне адаптације на услове средине. Оне су омогућиле биљкама да преживе у различитим срединама, као што су водени екосистеми, суве пустиње, слана земљишта или осенчене шуме.

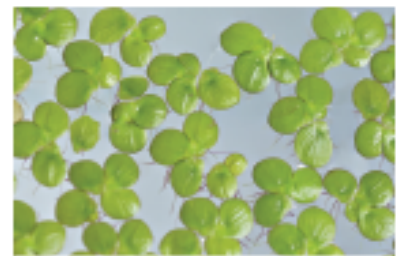
Адаптације биљака су резултат дугорочног еволутивног процеса који је започео након што су се биљке преселиле из воденог окружења на копно. Биљке су се постепено прилагођавале разликама у интензитету светлости, температури, количини воде и минералних супстанци у земљишту. Захваљујући овим адаптацијама, биљке су широко распрострањене на Земљи и играју кључну улогу у одржавању живота и равнотеже у природи.

Полазна тачка за разумевање адаптација биљака је разумевање односа између њихове грађе и функције и услова средине. Различита окружења представљају различите изазове, па су биљке развиле различите начине прилагођавања. Адаптације се могу видети у морфологији корена, стабла и листова, као и у њиховим физиолошким процесима.

Биљке су подељене у неколико група према њиховим адаптацијама на различита окружења.

ХИДРОФИТИ

Хидрофити је група биљака са специфичном грађом тела као резултатом адаптације на живот у води. Листови су различитог облика – подводни листови су танки или кончасти, што повећава површину асимилације, могућност размене гасова и пријем светлости, која је у води дифузна и мањег интензитета. Епидермалне ћелије имају веома танке ћелијске зидове и слабо развијену, танку кутикулу која омогућава продирање растворених соли из воде. У мезофилу листа доминира сунђерасто ткиво богато међућелијским просторима, а у осталим органима налази се аеренхим са резервама кисеоника. Ове структурне карактеристике омогућавају листовима да плутају изнад површине воде. Снабдевање кисеоником кроз листове омогућава дисање чак и у подводним деловима биљке. Корен је обично слабо развијен или потпуно одсутан.



Хидрофит – водено сочиво

Такве адаптације се примећују код водене куге, воденог сочива, локвања итд.

ХИГРОФИТИ

Хигрофити су биљке прилагођене животу у влажној средини или на веома влажним земљиштима. Адаптације су усмерене на лаку размену гасова и интензивну транспирацију, а не на задржавање воде у биљци. Карактеришу их велики танки листови и слаба кутикула, јер не постоји опасност од прекомерног губитка воде. Мезофил је богат хлоропластима који се могу наћи и у епидермису, због чега су тамнозелене боје. Разликују се од хидрофита по томе што имају механичко ткиво у периферном делу стабла, а у центру имају велике интерцелуларе. Вода им је лако доступна, па не развијају велики корен.

Типични примери су папирус, пиринач, трска, али и каљужница итд.



Хигрофити – папирус и пиринач

МЕЗОФИТИ

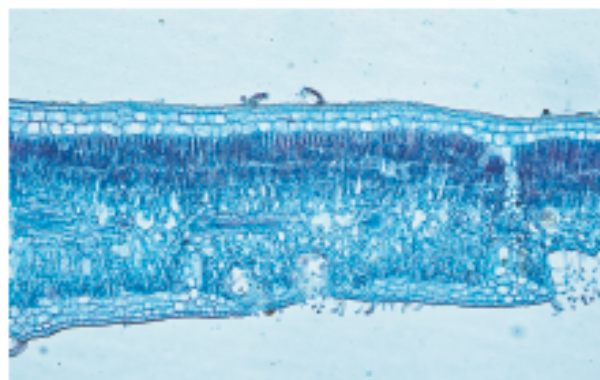
Мезофити су биљке којима је потребна умерена влажност у тропским, али и у хладнијим пределима. Корен, стабло и лист су нормално развијени. Типични мезофити у листовима имају диференцирани палисадни и сунђераст паренхим, на површини епидерма са слабо развијеном кутикулом, а стоме се налазе на доњој страни листа. Такве су многе житарице, баштенске и пољске биљке, као што су детелина, пшеница, сунцокрет, пасуљ, кромпир, купус итд.

КСЕРОФИТИ

Ксерофити су разнолика група биљака која је прилагођена животу у сувом окружењу и веома неповољним условима. Заузимају подручја са релативно ниском влажношћу ваздуха и земљишта. У ту сврху развијају низ морфолошких и анатомских адаптација у свим биљним органима. Многе ксерофите карактерише добро развијен главни корен који продире дубоко у земљиште у потрази за водом. Тако корен луцерке може достићи неколико метара дужине, док друге врсте имају раширен коренов систем у ширину (површински).

Надземни делови ксерофитних биљака обично су прекривени густим длакавим покривачем који спречава транспирацију и прегревање, јер рефлектују светлост.

Листови такође имају бројне адаптације. Неке ксерофитне биљке имају мале кожасте листове са вишеслојним епидермисом, са



Попречни пресек листа ксерофита – удубљења у доњем епидермису (крипте) прекривена трихомима

добро развијеном воштаном кутикулом, а стоме се налазе на полеђини листа и заштићене су удубљењима (криптама) прекривеним трихомима. Ово минимизује губитак воде кроз листове.

Одређене врсте имају метаморфозирани листове у облику трња, дебелу кутикулу и паренхим за складиштење воде.

Сукулентни листови су важна адаптација биљака на суве и неповољне услове, посебно у врућим, водом сиромашним срединама. Сукуленти имају дебеле и меснате листове, садрже специјализовано ткиво за складиштење воде и добро развијену задебљану кутикулу која спречава испаравање. Имају мали број удубљених стома које се отварају ноћу, што смањује губитак воде транспирацијом. Водоносни паренхим задржава воду дуже време тако да биљка може да преживи сушу.

Познате сукуленте биљке су алоја, седум, каланхоа, агава итд.

Трн може бити модификовани изданак или лист који, смањењем површине, смањује и могућност испаравања воде из биљке. Формира се као тврда и оштра формација која штити биљке од биљоједа. Код акација и глога, трн се формира из стабла, а код кактуса и бербериса, трн потиче из листа. Код ружа, трн је површински израштај са заштитном улогом.



Сукуленти – алоја и агава

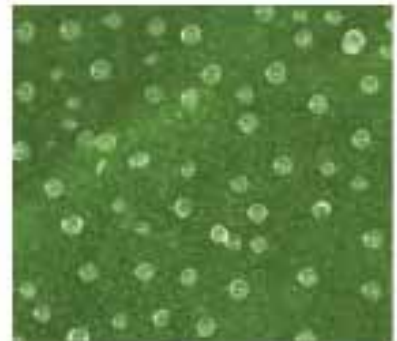


Различито порекло трња код кактуса (из листа), глога (из стабла) и руже (површински израштај)

ХАЛОФИТИ

Халлофити су биљке прилагођене за живот и раст у срединама са високом концентрацијом соли у земљишту, сланим мочварама, морским обалама и сланим језерима. Имају адаптације за складиштење или излучивање соли у облику меснатих, сочних листова и стабла. Складиште воду која разблажује со. Такође обрастају сланим длачицама и жлездама кроз које се излучује вишак соли. Могу имати задебљану кутикулу и мали број стома ради очувања воде. Такође су прилагођене за акумулацију вишка соли у вакуолама. Имају високу осмотску толеранцију и спори раст.

Такве су салкорнија (*Salicornia* sp.), мангрове биљке, тамарикс (*Tamarix* sp.), киноа (*Chenopodium quinoa*) која је факултативни халлофит и толерантна је на соли, итд.



Слане жлезде на листу киноа

МЕСОЖДЕРНЕ БИЉКЕ

Специфичну врсту адаптације поседују такозване **месождерне биљке** или **инсектоједне биљке**. Ове биљке су се прилагодиле срединама које су сиромашне минералима, посебно азотом. Код њих се лист метаморфозира у апарат за хватање и варење плена, што је јединствена еколошка адаптација биљке. Листови су модификовани у лепљиве штапићасте, пехарасте, мехурасте и друге облике прилагођене лову. Најчешће су листови ових биљака прекривени жлезданим влакнима и лепљиви су да залепе инсекта, а ослобађају се дигестивни ензими који помажу у варењу.

Одређене биљке имају штапићасте листове који се брзо затварају када се додирну и инсект остаје заробљен. Зову се мухоловке, од којих је најпознатија венерина мухоловка (*Dionea muscipula*).

Листови се могу трансформисати у облик бокала са поклопцем и течношћу за варење на дну. Листови су јарко обојени, мирисни и прекривени нектарским жлездама које привлаче инсекте. Када слете на клизаву ивицу бокала, лако упадају унутра и не могу да изађу јер су унутрашњи зидови веома глатки. Течност на дну бокала садржи дигестивне ензими који разграђују плен, а хранљиве материје се апсорбују кроз лист. Овај пасивни лов је заправо комбинација привлачења, клизања и варења инсеката без икаквог померања листа. Такве су метаморфозе код непентеса (*Nepenthes sp.*) и сараценије (*Sarracenia sp.*).



Лепљиви листови росуље



Заробљени инсект у листу венерине мухоловке



Метаморфозе листова у облику бокала непентеса и сараценије

Активност**Истраживање медитеранских ксерофитских адаптација листова**

Потребни материјали: листови олеандра и лопена, микроскоп, пинцета, предметно и покривно стакло, скалпел или жилет, вода.

1. Направите два водена препарата са веома танким пресецима олеандра и лопена.
2. Микроскопирајте при малом и великом увећању. Посматрајте структуру листова обе биљке и уочите разлике.
3. Направите скице или цртеже типова ткива на површини и у мезофилу.
4. Испитајте кутикулу и стому.
5. Продискутујте о заједничким елементима и разликама у структури ових листова.

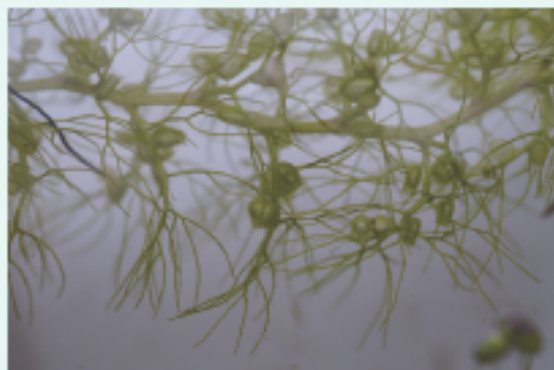
Анализа листова ових типичних представника медитеранских ксерофита указује на велики број адаптација у свим деловима листа: присуство дебелог покривача вишећелијских трихома, стому у удубљењима обраслих једноћелијских трихомима, вишеслојни епидермис са дебелом кутикулом, вишеслојни палисадни хлоренхим итд.

Питања за проверу знања

1. Зашто се адаптације јављају у морфологији и анатомији биљних органа?
2. Које су основне адаптације карактеристичне за хидрофите и хигрофите?
3. Које адаптације у биљним органима имају сукуленти?
4. Које адаптације корен врши код различитих група биљака, у зависности од услова околине?
5. Које метаморфозе листа се налазе код различитих месождерних биљака и који је њихов значај за биљке?

Занимљива биологија

- Неке врсте из рода *Utricularia* су водене биљке са јединственим адаптацијама листова које су прилагођене за лов. Имају специфичне мехурасте модификоване листове који су неке од најбржих замки у биљном свету. Мехурићи су испуњени водом и унутра се ствара негативан притисак. На улазу у отвор мехура налазе се длачице које се активирају додиром, што резултира тренутним усисавањем плена. Када плен уђе, капак се брзо затвара и луче се дигестивни ензими који разграђују плен.





- ✓ Творна (меристемска) ткива су ткива за раст биљака. Деле се на примарни меристем – апикални (коренов и стаблен), интеркаларни и бочни меристем (перицикл) који учествују у примарној грађи; и секундарни меристем – бочни (фелоген и камбијум), трауматски и регенеративни меристем који су одговорни за формирање секундарних ткива и секундарне грађе.
- ✓ Трајна ткива су специјализована ткива чије су се ћелије диференцирале да би обављале специфичну функцију у организму. Трајна ткива укључују: *покорично, паренхимско, секреторно, механичко и проводно ткиво*.
- ✓ *Покорично ткиво* је заштитно ткиво. Може бити *примарно ткиво* (епидермис са кутикулом, стомама и трихомима; ризодермис са кореновим длачицама), *секундарно* (перидермис) и *терцијарно покорично ткиво* (мртва кора).
- ✓ *Паренхимско ткиво* је најраспрострањеније и најфункционалније биљно ткиво. Налази се као *основни паренхим* или испуњавачко ткиво; *фотосинтетски паренхим* – хлоренхим (палисадно и сунђерасто ткиво) одговоран за фотосинтезу; *резервни паренхим* за складиштење угљених хидрата, протеина, липида и воде; *аеренхим* (ткиво које носи ваздух) са каналима у којима циркулише ваздух; *проводни паренхим* као помоћно ткиво за транспорт супстанци у листовима; *апсорпциони паренхим* за апсорпцију хранљивих материја; *секреторни паренхим* специјализован за стварање, складиштење или лужење различитих супстанци или секрета.
- ✓ *Механичко ткиво* је представљено коланхимским живим ткивом са двоструком улогом – механичком и фотосинтетском, подељеним на *ламеларни, угзони и лакуларни коланхим*; и *склеренхимско мртво ткиво* које се јавља у облику *склеренхимских влакана и склерекда*.
- ✓ *Проводно ткиво* је специјализовано као *ксилем* (трахеје и трахеиде) за транспорт воде и растворених минерала, и *флоем* (ситасте цеви и ћелије пратилице) за транспорт органских супстанци. Проводна ткива могу се груписати у *проводне снопиће* (комбиноване ткивне системе) који могу бити *коллатерални* (отворени и затворени), *биколлатерални, концентрични и радијални*.
- ✓ *Корен* је главни вегетативни орган којим је биљка причвршћена за земљиште, обезбеђује неопходну воду и минерале за раст биљке. Може бити са примарном и секундарном грађом; морфолошки се разликују *осовински и жиличasti тип*; метаморфозира као репа, кртола, корен за дисање, прикрепљујући корен, потпорни, стубасти и ваздушни корен.
- ✓ *Стабло* је аксијални вегетативни орган, део изданка који може бити једногодишњи и вишегодишњи; код зељастих (травастих) биљака стабло има примарну грађу, а код дрвенастих биљака секундарну грађу, са израженим разликама у примарној грађи код монокотиледоних и дикотиледоних биљака; метаморфозира у ризоми, столоне, кртоле, луковице, трнове, филокладије и кладодије.
- ✓ *Лист* је главни вегетативни орган за фотосинтезу код биљке, са великом разноликошћу у погледу структуре и морфологије код једноставних и сложених листова; метаморфозира у витице, трнове, филодије, сукуленте и листове код месождерних биљака.
- ✓ *Хербаријум* је збирка научно обрађених, целих или делова биљака (осушених и конзервисаних), намењена првенствено њиховом проучавању и сакупљању; има практичан, научни, образовни, еколошки и историјски значај; омогућава проучавање, поређење и правилну класификацију биљака.
- ✓ *Цвет* је генеративни орган специјализован за полно размножавање код скривеносеменних биљака, састављен од чашице, крунице (перијанта) или перигона, прашника и тучка код хермафродитних биљака, а јавља се и као једнополни цвет код једнодомних и дводомних биљака; морфолошки се разликују појединачни цветови, као и једноставне и сложене цвасти.
- ✓ *Опрашивање* – *самоопрашивање* (аутогамија) и *унакрсно опрашивање* (алогамија); типично самоопрашивање је карактеристично за двополне цветове када зрели полен са прашника падне на жиг тучка истог цвета; унакрсно опрашивање (алогамија) се јавља у два облика: суседно опрашивање које се дешава код биљака где полен са једног цвета опрашује тучак другог цвета исте биљке и типично унакрсно опрашивање између два цвета две биљке исте врсте.

- ✓ **Оплодња** је процес у коме се мушка спермална ћелија спаја са женском јајном ћелијом, чиме почиње развој новог организма; двострука оплодња следи након опрашивање цвета.
- ✓ **Семе** је један од репродуктивних органа и игра важну улогу у размножавању и преживљавању биљке; састоји се од: семене љуске (семењаче), ембриона и ендосперма (хранљивог ткива).
- ✓ **Плод** је репродуктивни орган биљака скривеносеменица који се развија након успешне оплодње; морфолошки је трансформисани тучак из чијег се плодника развија плод, а семе се формира из семених заметака; састоји се од егзокарпа – спољашњи, обично једнослојни слој (коре или љуске плода), мезокарпа – средњег, вишеслојног, меснатог и сочног дела, може имати различиту структуру, и ендокарпа – унутрашњег слоја; плодови могу бити сочни и сушни, прости и сложени, прави и лажни плодови.
- ✓ **Расејавање** је процес преношења и распрострањивања плодова или семена даље од матичне биљке, што смањује конкуренцију и омогућава ширење врсте; врши се ветром, водом, животињама, саморасејавањем, уз помоћ човека.
- ✓ **Размножавање биљака** може бити полно и бесполно (вегетативно); код полног размножавања, нова јединка настаје као резултат спајања хаплоидног женског и мушког гамета, формирајући диплоидни зигот из којег се развија нови организам; вегетативно размножавање је бесполни метод у коме се из корена, стабла или листа развија нова биљка, која је идентична (клон) матичној биљци.
- ✓ **Адаптације биљака на животну средину** – према облицима адаптација, биљке се деле у неколико група: **хидрофити** (живот у води), **хигрофити** (у влажној средини или на веома влажним земљиштима), **мезофити** (у умереној влажности у тропским и хладнијим подручјима) и **ксерофити** (за живот у сувој средини и веома неповољним условима).

Питања за проверу знања из Теме 3

1. Попуните празнине у табели повезујући карактеристике ткива са његовом класификацијом и локацијом (коме органу припада):

Биљни орган	Врста биљног ткива		Карактеристике ткива
	меристемско ткиво	трајно ткиво	
	апикални меристем		ткиво које формира калиптру и дерматоген
			фотосинтетско ткиво диференцирано као палисадни и сунђераст тип
	бочни меристем	не	
			покорично ткиво, са кутикулом, трихомима и стомама
	фелоген	не	
стабло, корен и лист	не	да	

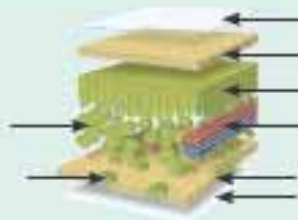
2. Објасните када, како и из којих ћелија настају секундарни меристеми и која је њихова улога у биљци.
3. Одговорите на следећа питања:
- Који су основни делови у грађи корена у уздужном пресеку?
 - Од којих делова је састављен апикални меристем стабла?
 - Шта је пупољак и од којих делова је састављен?
 - Од којих делова је изграђен лист и која је њихова функција?
4. Коренови се разликују од стабла по томе што немају:
- проводне снопиће
 - резервни паренхим
 - чворове и чланке
 - секундарну грађу
5. Које од следећих ткива губи језгро и цитоплазму током ћелијске диференцијације?
- коленхим
 - апсорптивни паренхим
 - фотосинтетски паренхим
 - склеренхим

6. Наведите врсте снопића и делове од којих су састављени.



7. Грађа корена и стабла код дикотиледоних и монокотиледоних биљака разликује се по томе што:
- дикотиледоне немају централни цилиндар у стаблу, а у корену је представљен радијалним снопићима
 - монокотиледоне немају централни цилиндар у стаблу, а у корену је представљен радијалним снопићима
 - дикотиледоне немају изражену примарну кору у стаблу и корену, а снопићи су распоређени насумично
 - монокотиледоне имају изражену примарну кору у стаблу и корену, а снопићи су распоређени кружно

8. Именујте означене делове на слици:



9. Објасните поступак хербаризовања биљака и значење хербаријумске колекције.
10. Напишите латинске називе за збирне појмове делова цветa:
- чашица _____
- круница _____
- прашници _____
- тучак _____
11. Попуните празна места у реченицама.
- Тучак изграђен од једног оплодног листића је _____. Када се тучак формира спајањем већег броја оплодних листића, он је _____. Тучак се састоји од _____ и _____. Према положају тучка у односу на остале цветне елементе, разликујемо _____ и _____ тучак.

Опрашивање почиње када _____
_____.

Аутогамија је _____, а алогамија
се јавља као _____ и
_____.

Оплодна се одвија у _____
(наведите део тучка).

12. Одговорите на следећа питања:

- Где се формирају мушке и женске полне ћелије код једнодомних и дводомних биљака?
- Како и где се формира ембрионова кесица?
- Како је грађен један прашник?
- Која је улога полена у полном размножавању биљака, где се формира и како сазрева?
- Шта значи двострука оплодна, где се одвија и чиме се завршава?

13. Повежите врсту опрашивања са основним карактеристикама које одређују овај процес.

Врста опрашивања	Карактеристике	број-слово
1. ветром	а) цветови са лепо обојеним, мирисним листићима и нектарицама	
2. животињама	б) опрашивање изнад површине воде или под водом	
3. водом	в) унакрсно опрашивање ради добијања жељених карактеристика	
4. вештачко опрашивање уз помоћ људи	г) велика количина полена који је лаган, сув и фин	

14. Именујте означене делове на слици:



15. Попуните празна места у реченицама.

Семе се састоји од _____,
_____ и _____.

Разлика у структури ембриона код
монокотиледона и дикотиледона је у броју
_____ и у количини _____.

Семе монокотиледоних биљака има мали
_____, и стога има добро развијен
_____, док дикотиледоне имају велики
_____ јер њихов _____
складишти хранљиве материје.

16. Наведите начине расејавања семена и плодова и објасните специфичности у њиховој грађи везане за олакшавање процеса удаљавања од матичне биљке.

17. Опишите полно и вегетативно размножавање код биљака, објашњавајући предности, недостатке и њихов значај за опстанак врсте.

18. Када биљни орган има епидермис са добро развијеном кутикулом, прекривен је трихомима или се метаморфозира у трн, онда је то:

- стабло хидрофитске биљке
- лист мезофитске биљке
- лист ксерофитске биљке
- стабло хигрофитске биљке
- лист хидрофитске биљке

19. Објасните како и којим адаптацијама се прилагођавају условима средине биљке из групе:

- хидрофита
- хигрофита
- мезофита



ТЕМА 4

БИОТЕХНОЛОГИЈА И ГЕНЕТСКИ ИНЖЕЊЕРИНГ

- ▶ Примењена биологија и генетски инжењеринг
- ▶ Биотехнологија у индустрији и енергетици
- ▶ Биљна биотехнологија
- ▶ Микробиолошка биотехнологија
- ▶ Форензичка биологија и биоинформатика
- ▶ Биотехнологија у медицини



У овој теми ћете научити:

- да објасните улогу примењене биологије, биотехнологије и генетског инжењеринга у развоју науке, индустрије и свакодневног живота;
- да опишете и упоредите биотехнолошке процесе у биљкама, микроорганизмима и индустрији и да их повежете са концептом одрживог развоја;
- да објасните примену биотехнологије у медицини и да препознате користи и ризике за здравље и друштво;
- да примените знања из форензичке биологије и биоинформатике како бисте разумели како се ДНК анализира и примењује и да изразите став о етичкој и одговорној употреби биотехнолошких технологија и научних података.

Истовремено, развићете свест о:

- етичким и друштвеним последицама примене биотехнологије, генетског инжењеринга и вештачке интелигенције у науци, здравству и свакодневном животу;
- одговорност науке и научника у коришћењу и заштити генетских података, биолошких ресурса и животне средине;
- међусобна повезаност људи, технологије и природе, као и потреба за одрживим решењима која доприносе здрављу, квалитету живота и очувању биодиверзитета.

4.1 Примењена биологија и генетски инжењеринг

Подсети се!

- Шта је ген?
- Шта мислите, могу ли људи да промене молекул ДНК биљака или животиња?

Биологија није само теоријска наука – она има огромну примењену вредност. Уз помоћ биолошких знања и техника, људи решавају проблеме у свакодневном животу: лече болести, производе храну, стварају нове материјале и штите природу. Ову практичну примену биологије називамо примењеном биологијом. Она је мост између теорије и свакодневног живота.

У ствари, **примењена биологија** се може дефинисати као биологија у служби људи. Биологија је одувек имала практичну примену – од древних цивилизација које су користиле ферментацију за прављење хлеба и вина, преко открића микроорганизама и њихове улоге у болестима и ферментацији (у време Луја Пастера), до савременог развоја антибиотика, вакцина, као и њеног ширења у медицини, пољопривреди, индустрији и заштити животне средине.

Тако се данас примењена биологија користи у различитим областима:

- **Медицини:** производња вакцина, антибиотика, хормона (инсулин, хормон раста), дијагностички тестови.
- **Пољопривреди:** стварање отпорних биљних сорти, биолошка контрола штеточина, побољшање приноса.
- **Индустрији:** ензими у детерџентима, ферментација за производњу алкохолних пића, биопластика.
- **Заштити животне средине:** употреба микроорганизама за чишћење загађеног земљишта и воде, поновна употреба отпада итд. На пример: неке бактерије могу разградити нафту и користе се за чишћење нафтних мрља у морима.



Употреба микроорганизама за чишћење нафтених мрља у морима

Биотехнологија је наука која користи живе организме, ћелије или њихове производе за стварање корисних материјала и услуга. То може бити ензим, хормон, протеин или енергија. Примери биотехнолошких процеса су производња хране (ферментација са квасцем *Saccharomyces cerevisiae* за производњу хлеба, пива и вина), производња лекова (рекомбинантни инсулин који производе бактерије, вакцине добијене генетским инжењерингом), производња енергије (биогаз из органског отпада, биодизел из алги) итд.

Биотехнологија је врста „практичне примењене биологије“ која користи природне процесе за стварање хране, лекова, енергије и материјала. Може бити традиционална (ферментација, оплећење биљака) или модерна (генетски инжењеринг, синтетичка биологија).

БИОИНЖЕЊЕРИНГ

Биоинжењеринг је област која комбинује знања из биологије, хемије, физике и инжењерства. На пример, у медицини, биоинжењери развијају биопротезе, вештачке органе и решења за испоруку лекова; у пољопривреди се стварају биљке отпорне на сушу или штеточине; а у индустрији се микроорганизми користе као мале биолошке фабрике за производњу ензима, хормона и биогорива.

Биоинжењеринг се као дисциплина појавио у другој половини XX века. Тада су се појавили први биомедицински уређаји, попут вештачких срчаних залистака.

ГЕНЕТСКИ ИНЖЕЊЕРИНГ И ГЕНЕТСКИ МОДИФИКОВАНИ ОРГАНИЗМИ (ГМО)

Генетски инжењеринг је техника која мења или преноси генетске информације (ДНК) са једног организма на други. Циљ је стварање бактерија које производе лекове, биљака отпорних на сушу или штеточине, организама са побољшаним особинама итд.

Поступак укључује изоловање жељеног гена, његово уметање у плазмид и трансформацију микроорганизма или ћелије. Генетски инжењеринг је почео да се развија 1970-их, када су научници први пут научили да комбинују ДНК из различитих организама – процес који се назива технологија рекомбинантне ДНК. Године 1973, Херберт Бојер и Стенли Коен су први пут створили рекомбинантне бактерије у лабораторији. Касније се појавио први рекомбинантни лек – инсулин који производе бактерије – што је био огроман напредак у медицини.

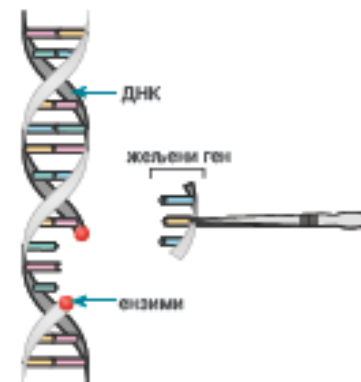
Када се ДНК биљака, животиња или микроорганизма промени генетским инжењерингом, добијају се **генетски модификовани организми (ГМО)**. На овај начин се добијају ГМО биљке (кукуруз који садржи ген из бактерије и тако постаје отпоран на инсекте, соја која је отпорна на хербициде, пиринач са додатним витаминима),



Биодизел се производи употребом биотехнологије



Модел срчаног залиска добијен путем биоинжењеринга



Генетски инжењеринг - процес који се може користити за уметање или уклањање гена

ГМО животиње (рибе које брже расту, козе које производе лековите протеине у свом млеку) или ГМО микроорганизми (квасац за производњу укуса и ензима).



Проклијало семе из ГМО биљака узгајаних на леду ради тестирања њихове отпорности на ниске температуре



Генетски модификовани парадајз

Активност

Постер „Биологија за бољи свет“

Направите постер или инфографику са примерима примењене биологије у медицини, пољопривреди, индустрији и екологији. Представите постер свима.

Питања за проверу знања

1. Шта је примењена биологија?
2. Наведите три области у којима се користи примењена биологија.
3. Шта је генетски инжењеринг? Наведите један практичан пример.
4. Шта је биоинжењеринг? Наведите један пример.
5. Шта су ГМО? Наведите неколико примера.

Занимљива биологија

- ГМО кукуруз и соја су најчешће коришћене културе у свету данас – отпорне су на инсекте и сушу, чиме обезбеђују стабилну храну милијардама људи.
- Генетски модификованом луку, који је створио истраживачки тим са Новог Зеланда 2008. године, уклоњени су ензими који изазивају сузење код људи. Овај генетски модификовани лук такође има више здравствених користи од обичног лука.

4.2 Синтетичка биологија и CRISPR технологија

Подсети се!

- Шта је генетски инжењеринг?
- Како је изграђен молекул ДНК?

Синтетичка биологија је модерна област која иде корак даље од генетског инжењеринга – не само да мења постојеће гене, већ и дизајнира нове биолошке системе. Циљ је стварање ћелија са потпуно новим функцијама, као што је производња биосензора за детекцију загађивача.

Синтетичка биологија има корене у технологији рекомбинантне ДНК, када су научници први пут успели да комбинују гене из различитих организама. Осамдесетих година прошлог века произведен је први рекомбинантни инсулин помоћу бактерија. У двехиљадитим годинама појавила се идеја о „BioBricks” – генетским деловима који се могу комбиновати попут Лего коцкица да би се створили нови биолошки системи. 2010. године створен је први синтетички геном, тј. вештачка ДНК уметнута у ћелију која је почела да функционише и дели се. Ово се сматра првим примером „вештачког живота”.

Примери синтетичке биологије укључују:

- Синтетичке имуне ћелије – могу препознати и уништити туморе.
- Биосензори – ћелије које светле или мењају боју када открију загађивач у води. На пример, бактерије које светле ако је присутан арсен, па се могу користити као јефтин тест за контаминирану воду.
- „Golden Rice” (Златни пиринач) – пиринач који је генетски модификован да производи β -каротен (провитамин А). Овај витамин помаже у спречавању слепила код деце у земљама где постоји недостатак витамина А.



„Златни пиринач” на пириначним пољима

CRISPR-Cas9 технологија (*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats* – Кратки палиндромски понављајући низови груписани у правилним интервалима) је револуционарни алат за уређивање генома који се користи за промену делова генома уклањањем, додавањем или променом делова ДНК. Откривена је као природни одбрамбени механизам код бактерија, а данас се користи у медицини, пољопривреди и биотехнологији.

Бактерије имају свој „имуни систем”, односно природни начин да се бране од вируса који их нападају. Користе посебне делове своје ДНК, назване CRISPR секвенце, да би запамтиле који су их вируси напали. Када се исти вирус поново појави, бактерија користи ензим под називом Cas9 да исече вирусни ген и уништи га. Године 2012, два научника (Емануел Шарпантије и Џенифер Дудна) су показали да се овај систем може користити као алат за прецизно уређивање гена у било ком организму. За ово откриће добили су Нобелову награду за хемију 2020. године.

CRISPR технологија се користи у многим областима. У медицини се тестира за лечење наследних болести попут анемије српастих ћелија (CRISPR исправља ген који изазива дефект хемоглобина), а истражује се и за терапије рака. У пољопривреди се стварају усеви отпорни на сушу, инсекте и

болести. У екологији научници раде на комарцима који не преносе маларију. У биотехнологији се развијају микроорганизми који могу да разграде пластику или створе биогорива.

Данас су биоинжењеринг, генетски инжењеринг, синтетичка биологија и CRISPR технологија део модерне биотехнологије која има огроман потенцијал да побољша животе људи и реши глобалне проблеме.

Међутим, са великом моћи долази и велика одговорност. Приликом примене ових технологија, покрећу се многе етичке дилеме о могућим непредвидивим ефектима на екосистеме, као и злоупотреби у неконтролисаним условима. Етичке дилеме постоје у свим областима где се ове технологије примењују. На пример: да ли је оправдано мењати људске гене како би се излечиле наследне болести? Шта ако се технологија користи за „дизајнирање“ беба са одређеним особинама? ГМО биљке могу бити отпорне на сушу и штеточине, али да ли би њихово ширење могло утицати на традиционалну пољопривреду? Ко има право да одлучује о употреби ових технологија, научници, владе или грађани?

Све ове технологије треба користити одговорно. То значи да поред научног напретка мора постојати етичка дискусија и пажљива процена. Потребна је регулација и разговор о користима и ризицима. Одговоран приступ значи проналажење равнотеже између научних могућности, етичких вредности и дугорочних користи за људе и природу.

Активност

Дебата „За и против ГМО“

Поделите се у две групе: једну која брани предности ГМО (већи приноси, отпорност на сушу, смањена употреба пестицида) и једну која истиче ризике (етичка питања, зависност од компанија).

Нека сваки тим припреми аргументе које ће представити у дебати.

Питања за проверу знања

1. Објасните разлику између генетског инжењеринга и синтетичке биологије.
2. Шта је CRISPR технологија? Које су њене користи и ризици?
3. Шта се постиже CRISPR технологијом?
4. Које су користи биотехнологије за одрживи развој?

Занимљива биологија

- Синтетичка биологија омогућава стварање потпуно нових организама – на пример, бактерија које светле у мраку или микроорганизма који могу да разграде пластику.
- Људски геном садржи око 20 000 гена који кодирају протеине. Ако се узму у обзир сви гени (укључујући и оне некодирани), број је близу 79 000. Са CRISPR-ом, може да се уреди један јединствени ген и може се изменити и цела особина (на пример, отпорност на болести).

4.3 Биотехнологија у енергетској индустрији

Подсети се!

- Које врсте енергије најчешће користимо у домаћинствима и транспорту?
- Шта су фосилна горива?

Енергија коју користимо за индустрију, домаћинства и транспорт најчешће потиче из фосилних горива – угља, гаса и нафте. Међутим, њихова употреба је главни разлог повећања гасова стаклене баште у атмосфери, што доводи до климатских промена.

Стога наука тражи друга решења и фокусира се на обновљиве изворе енергије који имају мањи утицај на природу. Данас се за то користи биотехнологија. Она се може користити за производњу биогорива од биолошких материјала који емитују мање гасова стаклене баште. Примери таквих горива су биогорива – биогаз, биоетанол и биодизел. За њихово добијање користи се отпад и биљни остаци.

Табела: Поређење биогорива и фосилних горива

Карактеристика	Биогорива	Фосилна горива
Порекло	Биљни остаци	Нафта, угљ, природни гас
Обновљивост	Обновљива (поново се стварају)	Необновљива (исцрпљују се)
Време формирања	Година до деценије	Милиони година
Еколошки ефекат	Мања емисија гасова стаклене баште, биоразградиви споредни производи	Велика емисија CO ₂ , загађење
Енергетска независност	Могу се производити локално	Зависност од увоза и глобалних тржишта

Биогорива су енергетски материјали добијени из органског отпада. Могу бити течна (биоетанол, биодизел), гасовита (биогаз) или чврста (дрвене пелете). Она су обновљиви извор енергије јер настају кроз природне циклусе (раст биљака, ферментација, биолошка разградња). За разлику од фосилних горива (нафта, угљ, природни гас), којима је потребно милионима година да се формирају и нису обновљива, биогорива су доступна и обновљива.

Биогаз је мешавина метана (CH₄) и угљен-диоксида (CO₂), која настаје разградњом органске материје у окружењу без кисеоника (анаеробна ферментација).



Модерна фабрика за биогаз

За производњу биогаза користи се органски отпад: животињски отпад, биљни остаци и/или отпад од хране. Биогаз добијен на овај начин користи се за грејање и кување у домаћинствима, за производњу електричне енергије у биогаз постројењима, а такође и као гориво за возила (компримовани биогаз). Његова производња и употреба смањују отпад и загађење, али и обезбеђује обновљиви извор енергије.

Биоетанол је алкохол (C_2H_5OH) добијен ферментацијом шећера (алкохолна ферментација) из биљних сировина. Кукуруз, шећерна трска, пшеница или целулозни материјали могу се користити као сировине, док се квасац (*Saccharomyces cerevisiae*) користи као радни микроорганизам, који претвара шећере у етанол.

Да би се добио биоетанол, биљне сировине морају проћи претходну обраду у којој се скробни или целулозни материјали (кукуруз, шећерна трска, дрена биомаса) разлажу на једноставне шећере (скроб се разлаже на глукозу помоћу ензима амилазе, или целулоза се разлаже на глукозу помоћу целулазе). Након тога следи процес ферментације у којем квасац *Saccharomyces cerevisiae* претвара шећере у етанол и CO_2 . На крају процеса следи дестилација, где се биоетанол пречишћава и концентрише.

Биоетанол добијен на овај начин користи се као адитив у бензину (мешавине E10, E85), у индустрији растварача и хемијској индустрији, као и у фармацеутским производима и козметичи. Његова употреба смањује емисију штетних гасова, а такође смањује и увоз нафте. На пример, у Бразилу се биоетанол из шећерне трске интензивно користи као гориво за аутомобиле (мешавине E85).

Биодизел је гориво добијено из биљних уља или животињских масти, или из отпадних уља из прехранбене индустрије. Биодизел се користи као замена или адитив за дизел гориво у моторима. Његова употреба смањује емисију сумпорних једињења и честица. У Аустрији се биодизел из уља репице користи за јавни превоз и пољопривредне машине.



Активност**1. Дискусија у групама**

Наставник ће вас поделити у групе и доделити вам тему: биогаз, биоетанол, биодизел. Унутар групе разговарајте о томе како се добија, где се користи и које су предности/мане. Презентујте резултате осталим ученицима.

2. Дебата

Разговарајте о теми „Да ли је оправдано користити пољопривредно земљиште за производњу биогорива уместо хране?“. Узмите у обзир етичке и економске аспекте.

3. Креативни задатак

Осмислите и направите кратку презентацију о значају биогорива за заштиту животне средине. Користите слике, симболе и кратке поруке да би сте пренели идеју.

Питања за проверу знања

1. Које су главне разлике између обновљивих и необновљивих извора енергије?
2. Шта су биогорива и од чега се могу добити?
3. Зашто се биогорива сматрају бољом алтернативом фосилним горивима са аспекта животне средине?

Занимљива биологија

- Један од главних гасова стаклене баште који се ослобађају сагоревањем фосилних горива је угљен-диоксид, који доприноси око 65 % глобалног загревања.
- Биогаз се може производити чак и од отпада од хране – једна тона отпада може генерисати довољно енергије за напајање домаћинства током целог дана.
- Биодизел се такође може производити од отпадног уља за кување – ово смањује загађење и производи корисно гориво.
- Производња биогорива је део циркуларне економије – отпад постаје сировина, а енергија се враћа у систем.

4.4 Биотехнологија у индустрији

Подсети се!

- Које резервне супстанце се могу наћи у бактеријама?
- Шта мислите, колико је година је потребно да се пластична боца разгради у природи?
- Где се најчешће срећете са пластиком у свакодневном животу и шта се дешава са њом када је баците?

Пољопривреда, која нам обезбеђује храну, производи много остатака и отпада који често завршавају у природи и загађују воду, земљиште и ваздух. Уместо да баца овај отпад на депоније и доприноси глобалном загревању, биотехнологија нуди решење: претварање остатака у биополимере. Ово не само да користи отпад, већ ствара и нове материјале који се могу користити у индустрији, медицини и у свакодневном животу.

Биополимери се описују као материјали које стварају микроорганизми. Микроорганизми функционишу као „мини-фабрике“ које могу да претворе угљеник и азот из отпада у различите врсте биополимера. Данас се многи од њих већ користе у нашим животима, на пример у пластици, бојама и другим материјалима. Микробни биополимери су бољи од синтетичких јер се лако разграђују у природи, јефтинији су и нису токсични за људе и животну средину.

Према пореклу, деле се у три групе: биополимери изведени из бактерија, биополимери из гљивица и биополимери из алги.

Најпознатији и најшире коришћени биополимери у свакодневном животу су бактеријска целулоза и ксантан гума.

БАКТЕРИЈСКА ЦЕЛУЛОЗА

Пољопривредни остаци, отпад од хране и индустријски остаци могу да обезбеде бактеријама хранљиве материје које су им потребне за производњу бактеријске целулозе. Примери сировина које се користе за производњу бактеријске целулозе су меласа (нупроизвод индустрије шећера), отпадни раствори из кондиторске индустрије, љуске овса, стабла кукуруза, воћни сокови, текстилни отпад на бази памука, отпадне воде из ферментационих индустрија итд.

Целулоза коју производе бактерије има предности у поређењу са оном коју производе биљке. Много је чистија (без лигнина и других нечистоћа), има боља механичка и термичка својства, дуже траје и може да задржи више воде.

Због ових карактеристика, данас се користи у медицини (за завоје за ране, имплантате, носаче лекова), у прехранбеној индустрији (као згушњивач и стабилизатор) и у текстилној индустрији (као замена за синтетичка влакна).



Бактеријска целулоза произведена коришћењем бактерија

КСАНТАН ГУМА

Одређене бактерије производе ксантан гуму. Лако се раствара у хладној води и има посебна својства која је чине корисном у многим областима. За њену производњу најчешће се користе шећери попут глукозе и сахарозе.

Ксантан гума се користи у прехранбеној индустрији (као згушњивач у сосовима, у преливима за салате, као стабилизатор који спречава одвајање течности и чврстих материја), у козметичи и фармацији (у пастама за зубе, кремама и геловима за бољу текстуру и стабилност), и у новим технологијама (за јестиве филмове и премазе који продужавају рок трајања воћа и поврћа).



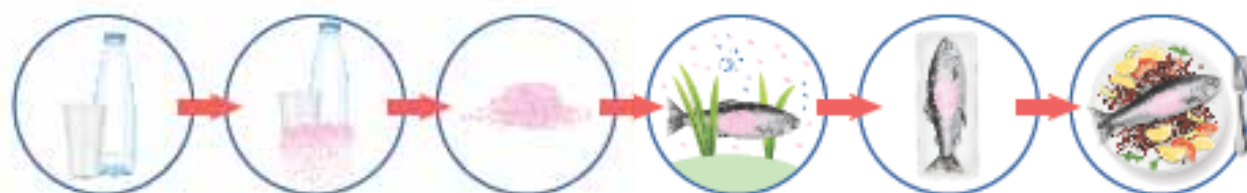
Раствор ксантан гуме, адитива за храну (адитив Е415), који је природни згушњивач

БИОПЛАСТИКА

Пластика је једна од најважнијих иновација XX века, али њена масовна употреба довела је до великог загађења. То је синтетички полимер који се не разлаже и може остати у природи вековима. Свакодневни производи попут флаша, кеса и амбалаже, након употребе постају отпад који ремети еколошку равнотежу.



Временом се пластика разлаже на микропластику – ситне честице које лако улазе у воду, земљиште, па чак и у ланац исхране. Оне се акумулирају у организмима и представљају претњу по природу и људско здравље. Стога је потребно пронаћи друго решење.



Микропластика у ланцу исхране

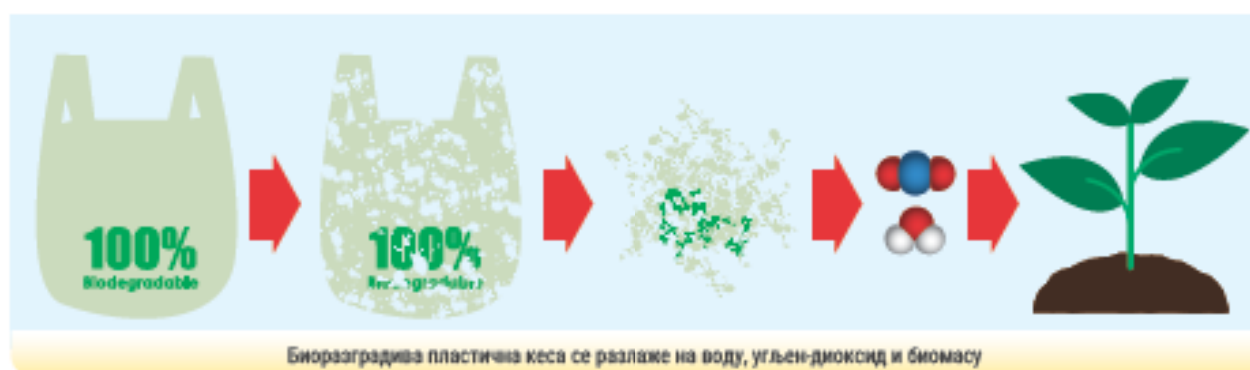
Биопластика се добија из биолошких сировина и може се природно разградити без стварања штетних остатака. Производи се помоћу микроорганизама који синтетишу природне полимере. Ови материјали су биоразградиви, безбедни за организме и погодни за индустријску производњу.

Главне врсте биопластике које се данас користе су: полихидроксиалканоати (PHA) – користе се за медицинске имплантате и амбалажу, полилактична киселина (PLA) – користи се у паковању хране, биомедицинским материјалима и текстилу, скробна биопластика – користи се за производе за једнократну употребу као што су кесе, прибор за јело и амбалажа, целулозна биопластика – користи се за амбалажу и текстил итд.

Табела: Различите врсте биопластике, сировине од којих се добијају, примена и време разградње

Врста биопластике	Сировине	Примена	Време разградње
PHA (полихидроксиалканоати)	Шећери, биљна уља, глицерин (отпад из индустрије биодизела)	Биоразградива пластика, медицински импланти, паковање	1–3 године (у природним условима)
PLA (полилактична киселина)	Шећери из кукуруза, шећерне трске, отпадна биомаса	Паковање, биомедицински материјали, текстил	6 месеци – 2 године (у индустријском компосту)
Скробне биопластике	Скроб из кромпира, кукуруза, отпадне сировине из прехранбене индустрије	Производи за једнократну употребу (кесе, прибор), паковање	Неколико месеци – 1 година
Целулозне биопластике	Целулоза из дрвета, памук, отпадна биљна влакна	Целофан, филмови, текстил, паковање	1–5 година (у зависности од услова)

Сви ови материјали имају један заједнички циљ – да замене класичну пластику еколошки прихватљивијим и биоразградивим решењима.



Активност

1. Добијање биопластике од скроба

- Ставите 1 кашику скроба у посуду, додајте 4 кашике воде и 1 кашику глицерина.
- Додајте 1 кашику сирћета и добро промешајте смесу да бисте добили хомогену течност без грудвица.
- Ставите смесу на електричну ринглу.

- Загревајте на умереној температури (око 70–80 °C). Постепено мешајте док течност не постане гушћа и провидна.
- Сипајте густу смесу на равну површину и равномерно је распоредите у танком слоју.
- Оставите смесу да се суши 24–48 сати на собној температури.

Овим поступком се успешно производи танак и флексибилан биопластични филм од скроба. Експеримент показује да се природне сировине попут скроба, у комбинацији са водом и глицерином, могу трансформисати у материјал сличан пластици, али који је биоразградив и еколошки прихватљивији. Овај једноставан експеримент потврђује могућност добијања алтернатива класичној пластици, које би се могле користити за производе за једнократну употребу и допринети смањењу загађења.

2. Дискусија

Упоредите добијени узорак биопластике са узорком класичне пластике. Наведите сличности и разлике које постоје између два узорака.

3. Експеримент

- Измерите и забележите масу оба узорака (биопластике и класичне пластике).
- Напуните већу посуду земљом.
- Закопајте оба узорака у земљу и оставите посуду на собној температури.
- Након два месеца, извадите узорке, очистите их од земље и поново измерите.

Биопластика, која је биоразградива, се разложила и стога ће њена маса бити мања, за разлику од класичне пластике, чија ће маса остати непромењена.

Питања за проверу знања

1. Које предности има биопластика у поређењу са класичном пластиком?
2. Како биотехнологија може помоћи у смањењу климатских промена?
3. Које су најпознатије целулозне биопластике и у којим областима се примењују?
4. Зашто се биопластика сматра делом глобалне одрживости и циркуларне економије?
5. Шта је микропластика и зашто представља претњу екосистемима и људском здрављу?

Занимљива биологија

- Ксантан гума је биоразградива и сматра се безбедним адитивом (E415). Има способност да одржи вискозност чак и на екстремним температурама и рН вредностима, што је чини веома корисном у разним индустријама. Неке биопластике на бази скроба користе се за производњу јестивих фолија за паковање слаткиша или таблета – замислите амбалажу која се једе заједно са производом!
- Целофан је заправо једна од првих биопластика – откривена је још давне 1908. године.
- Остаци из индустрије биодизела (глицерол) могу се претворити у сировину за производњу РНА. Ово је пример циркуларне економије – отпад постаје сировина.
- Остаци микропластике су чак откривени у људској крви и плаценти, док се биопластика разлаже на природна једињења попут воде и угљен-диоксида, без стварања токсичних честица.

4.5 Биљна биотехнологија – Култура биљног ткива

Подсети се!

- Који су главни делови биљке?
- Шта је ткиво?
- Шта значи да је неки предмет стерилан?

Биљна биотехнологија је модерна наука која помаже биљкама да боље расту и преживе за будуће генерације. Ослања се на знања из биологије и разне лабораторијске технике. Њиховом применом, научници могу да створе здраве саднице, заштите ретке биљне врсте и развију нове сорте са бољим својствима (на пример, сорте које дају већи принос или су отпорне на болести).

Значај биљне биотехнологије је велики и огледа се у многим областима. У пољопривреди омогућава брзу и масовну репродукцију усева који су корисни за људе. У екологији, биотехнологија доприноси очувању ретких и угрожених биљака кроз технике као што су узгој биљних ткива или њихово замрзавање на дужи период. У фармацији и индустрији, биљне ћелије се користе за производњу лекова, укуса и других корисних супстанци под контролисаним условима.

КУЛТУРА БИЉНИХ ТКИВА

Култура биљног ткива је метода којом се биљне ћелије или мали делови биљака узгајају у стерилним лабораторијским условима. То значи да се биљка развија ван свог природног окружења, у контролисаним условима, где не постоји опасност од бактерија или других загађивача.

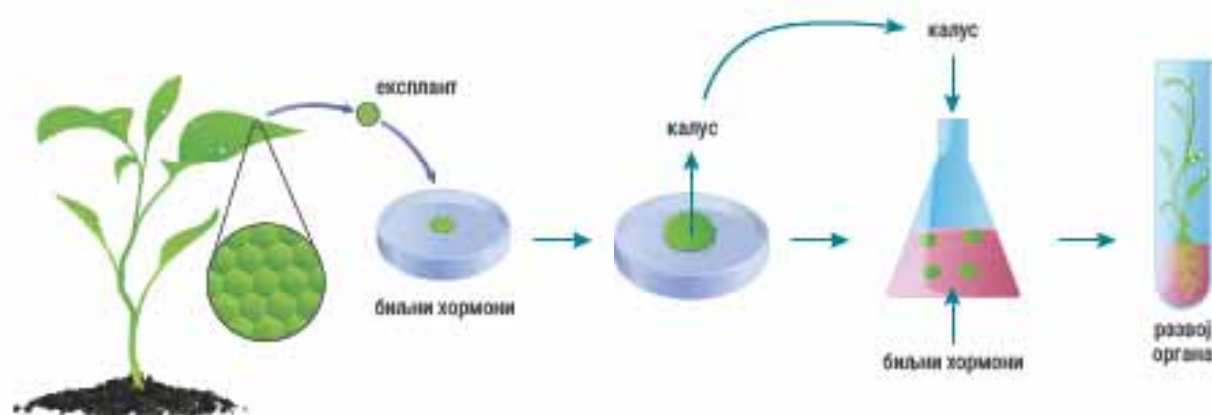
Основа културе ткива је посебна способност биљних ћелија – **тотипотентност**. То значи да се једна ћелија може развити у целу биљку. Уз праву комбинацију хранљивих материја и биљних хормона, ћелије могу прво формирати масу недиференцираних ћелија (**калус**), затим се организовати у органе и коначно добити целу биљку.

Ова техника, названа ***in vitro* култура**, развијена је средином XX века и данас је основни алат у биљној биотехнологији и пољопривреди. Она омогућава да се мали део биљке – назван **експлант** – користи за добијање здравих и генетски идентичних биљака.

Основни кораци у култури биљног ткива су стерилизација, стављање експлантата у одговарајући медијум, контролисани раст и регенерација, а затим аклиматизација добијених биљака. Сваки корак је кључан за успех *in vitro* поступака.



Култура биљног ткива је техника која се користи за узгајање биљних ћелија у стерилним условима



Основни кораци у култури биљног ткива

Избор експланта (меристема, листа, пупољка или корена) је први и најважнији корак у *in vitro* култивацији. Експлант се сече на мале комаде стерилним инструментима и површински стерилише одговарајућим средствима за уклањање микроорганизама. Експлант се ставља у стерилне посуде са хранљивом подлогом која обезбеђује супстанце неопходне за раст ћелија. Тако припремљен, инкубира се под контролисаним условима: температура (обично 20–26 °C), период светлости и таме, интензитет светлости и релативна влажност ваздуха. Редовно се прати појава калуса (недиференцирано биљно ткиво са способношћу развоја у различита ткива).



Калус добијен у култури ткива

Када се формирају нови изданци и листови, биљке се пребацују на медијум који подстиче укоренавање. Након формирања корена, биљке се постављају за аклиматизацију – пребацују се у стерилну мешавину земље или перлита/песак под контролисаним условима и постепено се прилагођавају спољашњим условима (смањење влажности, повећање светлости) како би се смањио шок и морталитет.

Лабораторија има одвојене просторије за припрему подлога, стерилизацију, пренос и инкубацију. Мере безбедности укључују рад у ламинарним кабинетима, употребу личне заштитне опреме и правилно одлагање биолошког отпада.



Раст биљака у стерилним условима у култури биљног ткива

Асептичне (стерилне) технике за рад са биљним материјалом *in vitro*

ЗНАЧАЈ БИОТЕХНОЛОГИЈЕ БИЉАКА И *IN VITRO* КУЛТУРЕ

Биљна биотехнологија је наука која помаже људима да брже и ефикасније узгајају биљке. Уз помоћ лабораторијских техника, научници могу да сачувају семе, замрзну биљни материјал на дужи временски период и створе културе биљног ткива. На овај начин, ретке и угрожене биљне врсте се штите без уништавања њихових природних популација.

Поред тога, биотехнологија омогућава да усеви постану квалитетнији и отпорнији, а корисни производи попут лекова, арома и боја могу се добити из биљних ћелија.

Ова област је веома важна јер доприноси одрживој пољопривреди, заштити разноликости и стварању нових производа који користе људима.

Када се правилно примени, ин витро култивација, тј. узгој биљака у лабораторији, омогућава производњу многих идентичних биљака за кратко време, здравих садница без вируса и очување ретких врста.

Активност

1. Истражи и презентуј

Поделите се у групе. Изаберите једну биљку (на пример: орхидеју, банану, кромпир) и истражите да ли се и како култура ткива користи за њено размножавање. Презентујте своје истраживање.

2. Дебата

Поделите се у две групе. Дебатујте на тему „Да ли је култура ткива биљака боља од традиционалног размножавања?“, изnoseћи аргументе за и против.

Питања за проверу знања

1. Шта означава термин *in vitro*?
2. Објасните шта је култура биљног ткива.
3. Који је значај биљне биотехнологије?

Занимљива биологија

- Готлиб Хаберлант, аустријски ботаничар (1854–1945), познат је као „отац културе биљних ћелија“ јер је 1902. године предложио да се појединачне биљне ћелије могу узгајати и регенерисати у вештачким условима. Иако тада није успео да је реализује, његова визија је постала основа за целу модерну биљну биотехнологију.
- Орхидеје, које је веома тешко размножавати из семена, сада се масовно производе путем ин витро културе ткива. Ово омогућава производњу милиона идентичних биљака за комерцијалну продају и очување ретких врста.
- Банане, које често страдају од вирусних инфекција, успешно се размножавају путем културе меристема. Тако се добијају здраве саднице без вируса, што је кључно за глобалну производњу.

4.6 Биљна биотехнологија – Микроразмножавање и клонирање код биљака

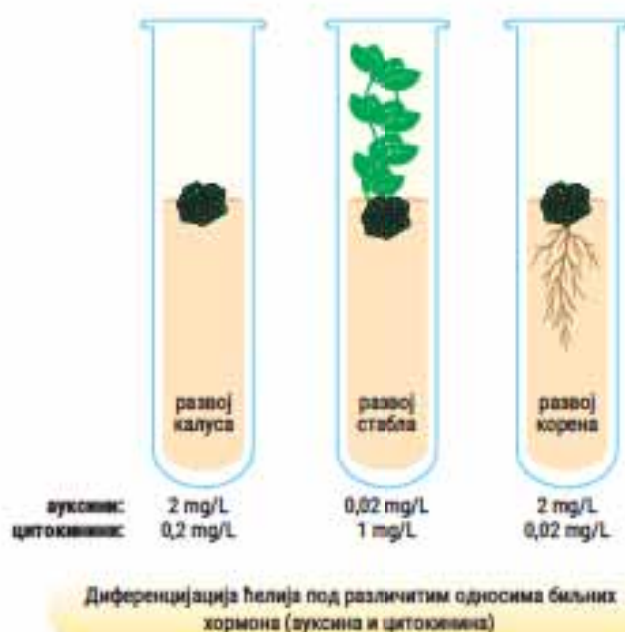
Подсети се!

- Које биљке се називају ендемским биљкама?
- Да ли сте чули за реч „клон“ у свакодневном животу? Шта мислите да значи?
- Која ткива код биљака се називају меристемска ткива?

Микроразмножавање је једна од најважнијих техника у биљној биотехнологији. Њиме се из малог комада биљног ткива – или чак једне ћелије – могу добити многе нове биљке.

Процес почиње одабиром експланта – врха биљке, комада листа или пупољка. Експлант се ставља у стерилне услове, на хранљиву подлогу која садржи минерале, витамине, шећере и биљне hormone. Ово омогућава биљци да расте и развија се.

У почетку се ћелије експланта брзо деле и стварају калус – масу недиференцираних ћелија. Калус је важан јер се може развити у корен или пупољке, у зависности од додатих биљних hormone.



Након тога следи фаза органогенезе, када се из калуса развијају комплетне биљке са свим својим органима. Свака нова биљка је генетски идентична оригиналу, што значи да се добијају **клонови**. Ово је веома корисно за пољопривреду и хортикултуру, јер пружа стабилна својства (отпорност на болести, високу продуктивност или декоративну вредност).



На крају, биљке се аклиматизују, тј. постепено се преносе из лабораторије у природно окружење (земљиште или стакленик). Током ове фазе, оне се навикавају на светлост, температуру и влажност и постају спремне за даљи узгој.

ПРИМЕНА КЛОНИРАЊА КОД БИЉАКА

Клонирање у пољопривреди је техника која омогућава пољопривредницима да добију велики број идентичних биљака успешне сорте. Ово обезбеђује стабилне приносе, отпорност на болести и задржавање жељених особина.

Код усева као што су кромпир, банане или шећерна трска, клонирање се користи за елиминисање вирусних и других инфекција. Ово производи здрав садни материјал који предвидљиво расте и даје поуздане резултате.

Ова техника такође омогућава брзо ширење нових елитних линија. Ако је сорта посебно успешна, може се умножити за кратко време и користити у сезонама када је најпотребнија. На пример, код кромпира, клонирање гарантује уједначен раст и бољи квалитет, а код банана обезбеђује исти укус, изглед и трајност.

У хортикултури, клонирање се користи за очување лепоте украсних биљака, као што су орхидеје, руже и сукуленти. Њиме се очувава тачна боја, облик и време цветања, што је важно и за произвођаче и за купце.

Клонирање је такође важно за заштиту ретких врста. Када су популације мале, биљке се могу размножавати у лабораторији без уништавања природних јединки. Ово спречава њихово изумирање и чува генетски ресурс.



Аклиматизација биљака



Расадник и плантажа где се гаје орхидеје са строго дефинисаним карактеристикама



Нове сорте орхидеја добијених процесом клонирања



Пример очувања биодиверзитета клонирањем је парадајз

Поред тога, постоји криопрезервација, процес замрзавања клонских линија и ћелија за дугорочно складиштење. Ово је посебно важно за орхидеје и ретке планинске врсте, где су природни услови непредвидиви.



Криопрезервација ендемских и угрожених биљака

Активност

Истражи и презентуј

Поделите се у мале групе. Свака група ће добити једну биљку (кромпир, банана, орхидеја, јагода). Истражите на мрежи како се микроразмножавање користи за ту биљку и презентујте остатку разреда.

Питања за проверу знања

1. Шта је микроразмножавање и под којим условима се изводи?
2. Шта је експлант и која је његова улога у процесу?
3. Шта значи термин „клон“ код биљака?
4. Које су предности клонирања код биљака у поређењу са размножавањем семеном?

Занимљива биологија

- Амерички ботаничар Луис Кнудсон успео је да проклија семе орхидеја у лабораторији без потребе за симбиозом са гљивицама. Ово се сматра првим великим кораком у култури биљног ткива.
- Истраживач Гавино Ротор развио је метод за размножавање орхидеја (*Phalaenopsis*) путем културе ткива. Ово је био први пример практичног клонирања биљака у лабораторији.
- Научник Фредерик Стјуарт и његови сарадници успели су да добију комплетне биљке из ћелија шаргарепе. Ово је био први случај где су ембриони и комплетне биљке добијени из недиференцираних ћелија – доказ то-типотентности биљних ћелија.

4.7 Производња ферментисаних прехранбених производа

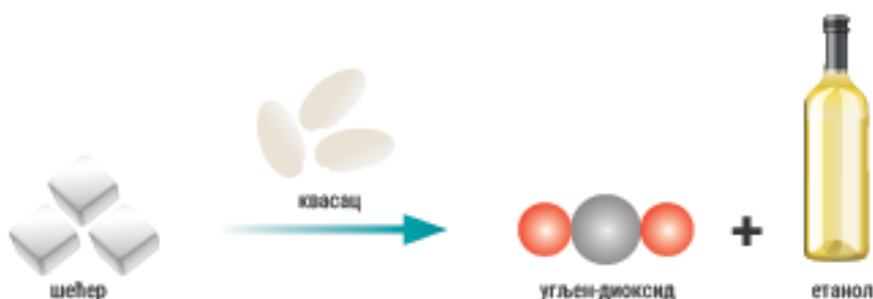
Подсети се!

- Шта су микроорганизми и где се са њима срећемо у свакодневном животу?
- Да ли су сви микроорганизми штетни за људе? Објасните.
- Шта се дешава са млеком када стоји на топлотном месту?
- Које поврће се традиционално кисели у нашој земљи и зашто?

Ферментација је биохемијски процес у којем микроорганизми (бактерије, квасци, плесни) разлажу органску материју, најчешће шећере, стварајући друга једињења, као што су млечна киселина, алкохол или угљен-диоксид. Ферментација је једна од најстаријих метода прераде и конзервисања хране. Од давнина, људи су користили моћ микроорганизма да би створили укусне, хранљиве и трајне производе. Данас се овај процес користи за производњу широког спектра прехранбених производа са бољим укусом, повећаном хранљивом вредношћу и дугим роком трајања.

ПРОИЗВОДЊА ХЛЕБА

Производња хлеба је класичан пример примене микробне биотехнологије у свакодневној исхрани. Примарни микроорганизам који омогућава процес је пекарски квасац *Saccharomyces cerevisiae*. Овај еукариотски микроорганизам има способност да метаболише глукозу и друге једноставне шећере кроз процес алкохолне ферментације.



Производња алкохола из шећера помоћу квасца

У одсуству кисеоника (анаеробни услови), квасац разлаже глукозу кроз неколико узастопних реакција, до крајњег производа етанола и угљен-диоксида. Угљен-диоксид се задржава у тесту, формирајући мале мехуриће који чине структуру хлеба порозном и растреситом.

Биохемијске промене не укључују само производњу гаса и алкохола. Током ферментације синтетишу се и друга једињења – органске киселине, естри и алдехиди – која доприносе карактеристичној ароми и укусу свеже печеног хлеба.

ПРОИЗВОДЊА ЈОГУРТА

Производња јогурта је класичан пример млечнокиселинске ферментације, у којој се глукоза из млечног шећера (лактозе) прерађује у млечну киселину.

Главни микроорганизми који учествују у производњи јогурта су млечнокиселинске бактерије *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*. Ове бактерије прерађују лактозу (млечни шећер) у млечну киселину.

Акумулација млечне киселине узрокује смањење рН вредности млека, што доводи до денатурације млечних протеина (казеина). Овај процес згушњава масу и ствара карактеристичан кисели укус. Поред млечне киселине, формирају се и друге супстанце које доприносе специфичној ароми јогурта.

Јогурт је густ, кремаст и хранљив производ, богат протеинима и калцијумом. Присуство живих млечнокиселинских бактерија даје му пробиотска својства, која побољшавају цревну микрофлору и јачају имунитет.

ВИНО

Производња вина је класичан пример алкохолне ферментације воћних шећера, најчешће глукозе и фруктозе из грозђа. Примарни микроорганизам је вински квасац *Saccharomyces cerevisiae*. У анаеробним условима, квасац метаболише глукозу путем гликолизе, производећи етанол и угљен-диоксид. Поред етанола, процес такође производи секундарне метаболите – органске киселине (јабучну, млечну), естре и алдехиде – који доприносе сложеној ароми и укусу вина.



Ферментација грозђа у производњи вина

ПИВО

Производња пива је пример примене алкохолне ферментације шећера из зрна, најчешће из јечменог слада. Примарни микроорганизам је пивски квасац *Saccharomyces cerevisiae*.

Као основни супстрат се користе зрна јечма, која пролазе кроз неколико фаза. Током ових процеса, скроб из зрна се разлаже на малтозу и глукозу. Квасац ферментише ове шећере, производећи етанол и угљен-диоксид. Угљен-диоксид остаје делимично растворен у течности, дајући пиву карактеристичну газираност. Поред тога, процес производи естре и више алкоhole, који доприносе ароми. Хмељ, који се додаје током процеса кувања, даје горчину и препознатљиву арому, а истовремено делује као природни конзерванс.



Производња пива у домаћим условима

Пиво је освежавајуће пиће са различитим стиловима – од светлих и лаганих до тамних и јаких. Садржи умерене количине алкохола, угљен-диоксида и био-активних једињења из хмеља.

Активност

1. Експеримент: Нарастање теста са квасцем

- Узмите брашно, воду, мало соли и шећера и квасац.
- Припремите смесу за тесто (брашно, со и шећер) и поделите је на два дела: у један део ставите квасац, у други га не стављајте.
- Додајте млаку воду, замесите тесто, ставите их у две посуде и покријте их. Оставите посуде на топлотом месту 30–60 минута. Посматрајте промене које се дешавају.

Тесто са додатим квасцем је нарасло због ферментације која се дешава и ослобођеног угљен-диоксида који је заробљен у тесту. Овим поступком се може видети колико је квасац важан у припреми теста.

2. Експеримент: Прављење јогурта

- Загрејте млеко на млаку температуру (око 40 °C).
- Додајте малу количину јогурта (који садржи бактерије млечне киселине).
- Ставите га у стаклену посуду и покријте.
- Оставите на топлотом месту 6–12 сати.
- Проверите да ли је млеко густо и да ли има киселкаст укус.

На крају добијате домаћи јогурт.

Овај једноставан поступак показује како бактерије из јогурта могу претворити млеко у нови производ кроз ферментацију – јогурт.

Питања за проверу знања

1. Како угљен-диоксид утиче на структуру теста?
2. Који микроорганизми учествују у производњи јогурта?
3. Који микроорганизам је одговоран за алкохолну ферментацију у вину и пиву?

Занимљива биологија

- Ферментација је старија од писања! Археолошки докази показују да су људи правили ферментисана пића још пре 9 000 година.
- Бактерије и квасци стварају стотине различитих арома и укуса – они су одговорни за јединствени мирис хлеба, сира или пива.
- Уместо хемијских адитива, бактерије млечне киселине природно снижавају рН вредност и спречавају раст патогених микроорганизма.
- Свака цивилизација има свој ферментисани производ: мисо и нато у Јапану, кимчи у Кореји, квас у Источној Европи и кисели краставчићи на Балкану.
- У XVIII. веку, морнари су често патили од скорбута – болести изазване недостатком витамина С. Када су почели да носе кисели купус на дуга путовања, приметили су да је болест нестала. Ферментација млечне киселине је сачувала купус и стабилизовала витамин С, што је постало кључно за здравље посаде.

4.8 Производња антибиотика, ензима, хормона и вакцина

Подсети се!

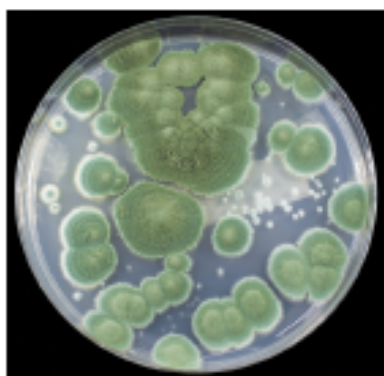
- Шта знате о антибиотикима? За шта се користе?
- Да ли знате шта је инсулин? Зашто је важан?
- Шта је вакцина и зашто се људи вакцинишу?
- Шта је ензим и какву улогу игра у телу?

ПРОИЗВОДЊА АНТИБИОТИКА

Антибиотици су једно од највећих открића у науци. То су природне супстанце које микроорганизми (бактерије и плесни) производе да би се заштитили од других микроорганизама у окружењу. Људи су научили да користе ове супстанце, производе их у великим количинама и пречишћавају их за лечење болести.

Производња антибиотика се одвија ферментацијом, процесом у којем микроорганизми расту у великим посудама (биореакторима) са хранљивим материјама. Када се фаза раста заврши, они почињу да производе антибиотике. Затим се антибиотици изолују и пречишћавају, а понекад се врше додатне измене како би били стабилнији и ефикаснији.

Најпознатији пример је пеницилин, који је био први откривени антибиотик и спасао милионе живота. Захваљујући антибиотикима, људи сада могу да се лече од инфекција које су раније биле опасне по живот.

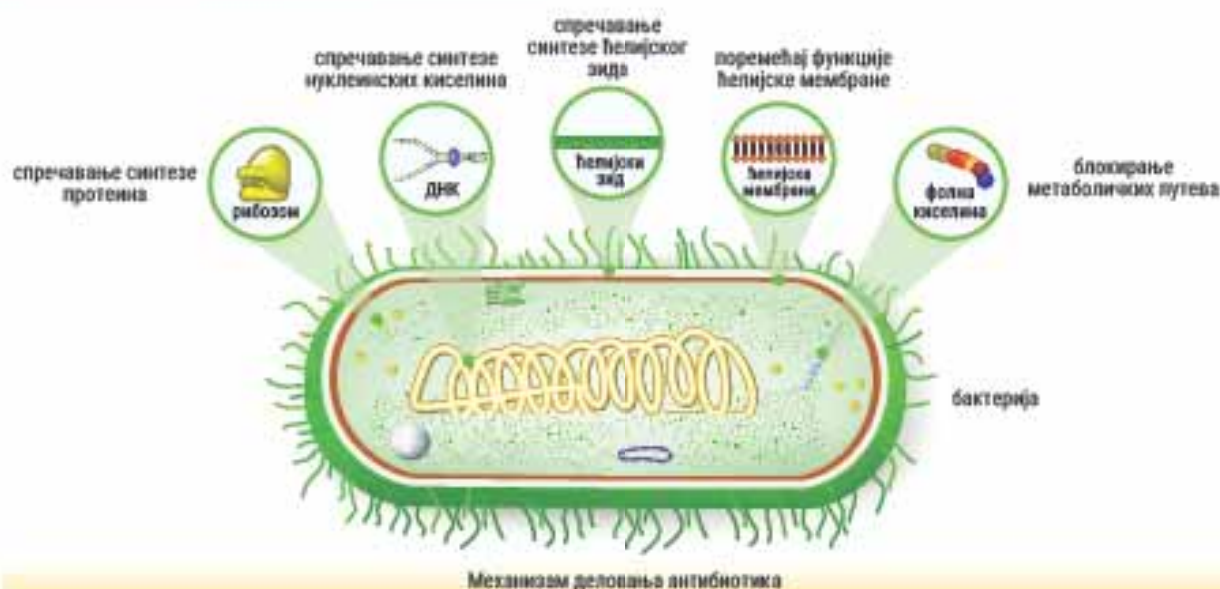


Колоније плесни узгајане ин витро у лабораторији, које производе антибиотик пеницилин



Биореактор за индустријску производњу антибиотика

Антибиотици делују на бактерије на различите начине. Неки спречавају формирање њихових ћелијских зидова (као пеницилин), други блокирају формирање протеина у ћелијама, а постоје и антибиотици који спречавају формирање генетског материјала.



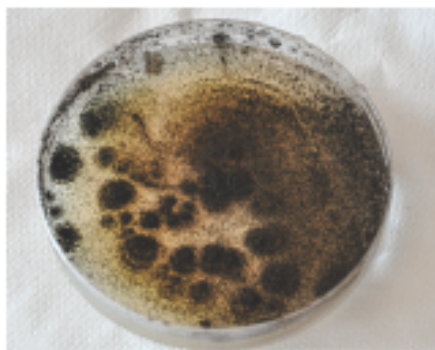
ПРОИЗВОДЊА ЕНЗИМА

Ензими су природни катализатори у ћелијама. Они убрзавају хемијске реакције, а сами се не троше у том процесу. Без ензима, реакције у телу би се одвијале преспоро.

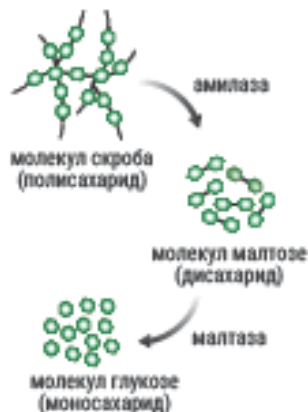
Људи су научили да користе микроорганизме као „мини-фабрике“ за производњу ензима. У контролисаним условима, ови микроорганизми производе велике количине ензима који се затим користе у разним индустријама.

За **индустријску производњу ензима** користе се разне плесни и бактерије, које брзо расту и производе велике количине ензима.

Ензими имају много практичних примена. На пример, користе се у прехранбеној индустрији, где помажу у производњу хлеба, сира и учествују у добијању бистрих сокова. У фармацији се ензими користе у дијагностичким тестовима, као што су тестови шећера у крви. У домаћинству се додају детерџентима за разградњу мрља од масти и протеина, а у текстилној индустрији се користе за омекшавање тканина.



Плесни узгајана у лабораторијским условима за производњу ензима



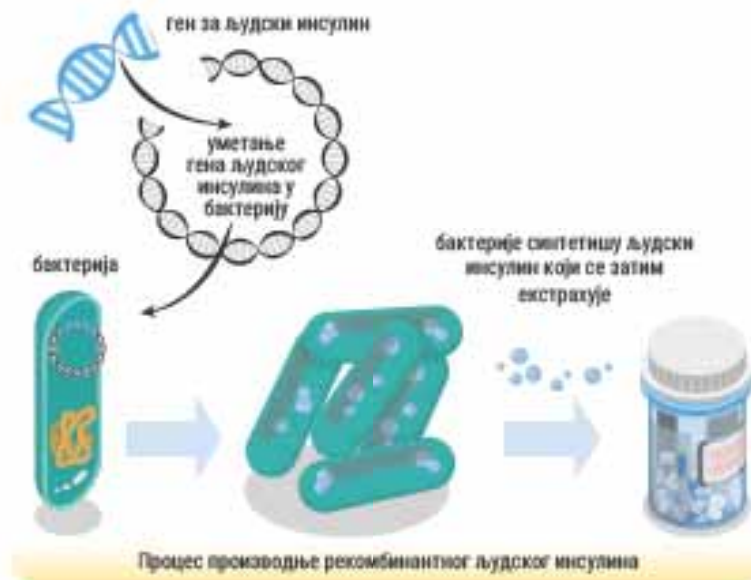
Разградња скроба на глюкозу помоћу ензима амилазе и малтазе

ПРОИЗВОДЊА ХОРМОНА

Хормони су мали молекули који играју огромну улогу у нашем телу. Они су попут „хемијских гласника“ – говоре ћелијама шта да раде и када. Захваљујући њима, тело може да расте, развија се, регулише метаболизам, одржава равнотежу и омогућава репродукцију.

У прошлости су људи добијали хормоне из животињских органа. На пример, инсулин је екстрахован из панкреаса свиња или крва. Али ова метода је била скупа, ограничена и понекад је изазивала нежељене реакције код пацијената.

Данас, захваљујући технологији рекомбинантне ДНК, хормони се производе коришћењем генетски модификованих микроорганизама. Први такав хормон био је инсулин, добијен 1982. године. У овом процесу, људски ген за инсулин се уноси у бактерије или квасце. Такви рекомбинантни микроорганизми почињу да производе инсулин, исти као онај који се производи у људском телу. Овај инсулин се користи за лечење дијабетеса и много је безбеднији од оног добијеног од животиња.



Поред инсулина, ова технологија производи и хормон раста (hGH), који помаже деци са проблемима у расту. Други пример је еритропоетин (EPO) – хормон који стимулише производњу црвених крвних ћелија. Користи се код пацијената са анемијом, посебно након хемотерапије или код хроничних болести.

Предност ових модерних метода је велика: хормони су идентични људским, изазивају мање нежељених ефеката и могу се производити у великим количинама како би задовољили потребе целог света.

ПРОИЗВОДЊА ВАКЦИНА

Вакцине су биолошки препарати који стимулишу имуни систем да створи одбрану од одређених патогена (вируса, бактерија). Оне функционишу као „тренинг“ за наш имуни систем, односно показују телу како изгледа непријатељ, а да не изазову болест, и тако га припремају за праву инфекцију.

Производња вакцина коришћењем микроорганизама један је од најважнијих процеса у биотехнологији. Она директно доприноси превенцији болести и спасава милионе живота сваке године.



Активност

1. Истраживање антибиотика

Поделите се у групе и изаберите један антибиотик за истраживање: пеницилин, стрептомицин, тетрациклин итд. Опишите који микроорганизам га производи и како делује на бактерије. Прикажите резултате.

2. Дејство ензима (амилаза)

- Припремите две посуде са раствором скроба (или комадићима куваног кромпира).
- У прву посуду додајте пљувачку – она садржи ензим који се зове амилаза.
- У другу посуду немојте да додајете пљувачку (то ће бити контролни узорак).
- У обе посуде укапајте неколико капи јода.

Посматрајте како раствор са пљувачком постепено губи плаву боју, док контролна посуда остаје плава. Скроб са јодом даје плаву боју. Амилаза из пљувачке разлаже скроб на мање молекуле. Стога, раствор амилазе губи плаву боју када се дода јод. Ово доказује дејство ензима.

Питања за проверу знања

1. Које групе микроорганизама производе антибиотике?
2. Наведите различите механизме деловања антибиотика.
3. Које су главне примене ензима у прехранбеној индустрији и фармацији?
4. Који је био први рекомбинантни хормон и како се производи?
5. Наведите примере хормона добијених биотехнолошким методама и њихове примене.

Занимљива биологија

- Откриће пеницилина (1928): Александар Флеминг је приметио да је Петријева шоља са бактеријама у његовој лабораторији контаминирана са плесни (*Penicillium notatum*). Бактерије нису расле око плесни. Случајно је открио да плесан производи супстанцу која убија бактерије – први антибиотик, пеницилин. Ово откриће је спасило милионе живота и започело еру модерне медицине.
- Прву вакцину у историји створио је Едвард Џенер 1796. године, када је открио да инфекција крављим богињама може заштитити људе од много озбиљније болести – људских малих богиња. Ово откриће је поставило темеље за модерну имунизацију.

4.9 Форензичка биологија и ДНК анализа

Подсети се!

- Шта је ДНК?
- Где се у нашем телу налази ДНК?
- Која је улога ДНК?

Замислите да сте истражитељ који стоји на месту злочина. Свуда околу су трагови – кап крви, прамен косе, можда комад ткива. Сви ови трагови делују мали и безначајни, али за науку су они прави кључ за откривање истине. Ту долази до изражаја **форензичка биологија** – грана биологије која користи биолошке трагове како би помогла у решавању правних и кривичних случајева. Биолошки трагови су различити материјали који потичу из људског тела или из других живих организама.

Табела: Врсте биолошких трагова и њихова примена

Врста биолошког трага	Карактеристике	Примена у истрази	Конкретан пример
Крв	Садржи ДНК, може да открије и присуство токсина или болести	Идентификација починиоца/жртве, реконструкција догађаја	Крвне мрље на поду показују да је неко био рањен
Пљувачка	Садржи ћелије са ДНК, лако се преноси	Идентификација преко предмета (чаше, цигарете, писма)	Пљувачка на цигарети помогла је да се идентификује осумњичени
Коса	Ако има корен, садржи ДНК; ако нема, може да се анализира структура	Идентификација особе, утврђивање да ли је људска или животињска	Влакно косе починиоца пронађено на одећи жртве
Кожа	Мале ћелије које остају на предметима или оружју	ДНК анализа за идентификацију	Ћелије коже на дршци ножа
Ткиво	Већи биолошки остаци, садрже много ДНК	Детаљна идентификација, медицинска анализа	Парче ткива пронађено при несрећи

Форензичка биологија је наука која се користи за решавање кривичних случајева и доношење праведних одлука у правосудју. Она пружа поуздане и објективне доказе, који се добијају у лабораторији.

Пошто ови резултати могу утицати на судбину људи, потребна је велика прецизност и тачност. Форензичка биологија је попут моста између науке и права – може помоћи у ослобађању невиних људи или доказивању кривице оних који су заиста починили злочин.

Форензичка биологија има бројне примене.

- Помаже у идентификацији починилаца путем биолошких трагова. Кожа, коса или крвне ћелије се често налазе на местима злочина. Анализом ДНК може се утврдити ко је био тамо присутан. На пример, ако се ћелије коже пронађу на оружју, оне се упоређују са ДНК профилем осумњиченог и могу потврдити његово присуство.

- Идентификација жртава у несрећама, природним катастрофама или војним сукобима. Када се жртве не могу визуелно препознати, ДНК анализа је једина поуздана метода. Чак и мали комад ткива или косе може бити довољан за утврђивање идентитета.
- Утврђивање породичних веза, као што је тестирање очинства. Поређењем ДНК профила детета и потенцијалног оца, може се са великом тачношћу утврдити да ли постоји биолошка веза.
- Откривање присуства токсина или патогених микроорганизама. На пример, у случају сумњиве смрти, анализа крви може показати да ли је жртва отрована. У другим случајевима, може се утврдити да ли је неко био заражен одређеном болешћу, што је важно за јавну безбедност.



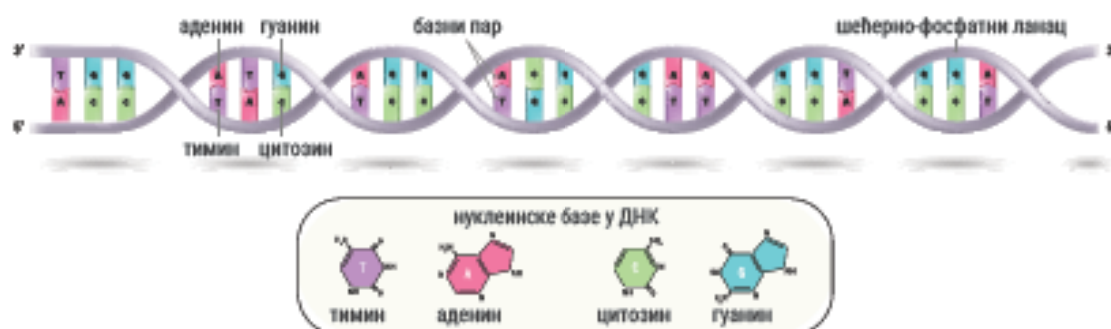
Узимање узорка крви као биолошког трага са места злочина



Форензичар на увид на месту злочина

ДНК АНАЛИЗА

У језгру сваке ћелије у нашем телу налази се молекул дезоксирибонуклеинске киселине - ДНК. Године 1953, два научника, Џејмс Вотсон и Франсис Крик, открили су да ДНК није обична нит, већ има облик двоструке спирале. У њој су, са само четири слова, записане све информације о томе ко смо и како функционисемо. Ова слова се називају азотне базе: аденин (А), тимин (Т), гуанин (Г) и цитозин (Ц). Свако слово има свог „партнера“, односно, аденин се увек упарује са тимином, а гуанин са цитозином, формирајући базне парове. Ово правило, познато као комплементарност база, омогућава молекулу да буде стабилан и да се копира са невероватном тачношћу. Тако свака нова ћелија добија иста „упутства за рад“ као и претходна.



Шематски приказ структуре ДНК

Свака ћелија у нашем телу садржи комплетан сет ДНК. То значи да су све информације за цео организам забележене у једној ћелији. Ове информације су јединствене за сваку особу – попут личног генетског потписа. Једини изузетак су идентични близанци, који имају идентичну ДНК.

Читав генетски материјал особе назива се **људски геном**. Састоји се од око 3 милијарде базних парова и преко 20 000 гена. Сваки ген је попут „рецепта“ за стварање протеина, а протеини су градивни блокови и контролори свих процеса у телу. Ако замислимо геном као књигу, то би била енциклопедија са милијардама слова, у којој су забележена сва упутства за развој, функционисање и одржавање организма.

Године 2003, завршен је један од најамбициознијих научних пројеката у историји – Пројекат људског генома (Human Genome Project). По први пут, научници су успели да мапирају целу секвенцу људског генома. Ово је донело нове могућности. У медицини је омогућило развој персонализованих терапија заснованих на ДНК пацијента; у биологији је омогућило боље разумевање наслеђивања и еволуције; У форензици је омогућила прецизнију идентификацију људи.

Форензичка биологија омогућава да се информације које могу идентификовати особу издвоје из једне ћелије. Најмоћнији алат који користи је **ДНК анализа**.

ДНК анализа се изводи у неколико корака:

- Прикупља се узорак (крв, пљувачка, коса).
- Изолује се ДНК.
- Делови ДНК се амплификују помоћу PCR методе.
- Одређује се редослед база и креира се ДНК профил.
- Профил се упоређује са другима у бази података или са профилем осумњиченог.



ДНК профил добијен ДНК анализом

ДНК анализа се такође користи у медицини, за дијагнозу наследних болести, избор најприкладније терапије, предвиђање ризика за будуће генерације и развој нових лекова. На овај начин, медицина постаје персонализована, што значи да сваки пацијент добија терапију која најбоље одговара његовој ДНК.

Активност

1. Истраживачки задатак

Покушајте да пронађете случај из стварног живота где је ДНК доказ помогао у решавању злочина или ослобађању невинне особе. Представите случај разреду на следећем часу.

2. ДНК модел

Поделите се у неколико група. Нека свака група направи ДНК модел од материјала по свом избору.

Питања за проверу знања

1. Шта је људски геном и колико базних парова садржи?
2. Који су кораци у процесу ДНК анализе?
3. Наведите три примера примене форензичке биологије.
4. Како се ДНК анализа користи у медицини?
5. Зашто је прецизност важна у форензичкој биологији?

Занимљива биологија

- Године 1986, ДНК анализа је помогла да се први пут у Великој Британији идентификује и осуди убица, а истовремено је ослобођена невинна особа.
- Након цунамија 2004. године, ДНК анализа је била кључна за идентификацију хиљада жртава, када друге методе (отиси прстију, фотографије) нису биле довољне.
- ДНК анализа је коришћена за потврду идентитета посмртних остатака руског цара Николаја II и његове породице.
- Данас, ДНК тестови могу предвидети ризик од наследних болести и одабрати најприкладнију терапију за пацијента – то је основа персонализоване медицине.
- Свака особа има око 99,9 % идентичне ДНК са другим људима – само 0,1% прави разлику између сваког од нас.
- Када бисмо цео низ људског генома написали словима А, Т, Г и С, требало би нам око 200 томова књига са по 1 000 страница.

4.10 Биоинформатика и биолошка безбедност

Подсети се!

- Како мислите да се рачунари користе у медицини?
- Када чујете реч „безбедност“, шта вам прво падне на памет?
- Да ли сте знали да постоје болести које се наслеђивају у породицама?

Савремена биологија више није ограничена само на микроскопе и лабораторијске експерименте. Данас је уско повезана са информатиком, технологијом и етиком. Нове научне дисциплине отварају могућности за откривање тајни живота, али истовремено доносе изазове који захтевају пажљиво размишљање.

Биоинформатика је савремена наука која комбинује биологију, информатику и математику како би обрадила велике количине биолошких података. Уз помоћ рачунара, научници могу да читају и тумаче геноме који садрже милијарде информација. Омогућава откривање гена повезаних са болестима, развој нових лекова и терапија и поређење генома како би се разумела еволуција и односи између различитих врста. На овај начин, биоинформатика претвара биологију у науку о подацима са великом практичном применом.

Биоинформатика има велику практичну вредност, посебно у медицини.

Један важан пример је отпорност бактерија на антибиотике. Биоинформатичком анализом њихове ДНК, научници могу да открију мутације које омогућавају бактеријама да преживе упркос лечењу. Ово помаже лекарима да изаберу праву терапију, а фармацеутима да развију нове лекове.

Биоинформатика не само да решава специфичне проблеме, већ и ствара велику базу знања. Доприноси персонализованој медицини, терапијама прилагођеним сваком пацијенту и бољем разумевању живота на молекуларном нивоу.



Анализа гела са ДНК секвенцама и тражење мутација у генетском коду

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛЕГЕНЦИЈА У БИОЛОШКИМ ИСТРАЖИВАЊИМА

Замислите технологију која може да чита и обрађује огромне количине биолошких података за веома кратко време. То је **вештачка интелигенција (ВИ)**. Она има способност да открије obrasce у нашим генима и помогне нам да разумемо како се преносе наследне болести. Притом, ВИ може да предвиди који генетски ризици постоје код особе.

У медицини се ова технологија користи за анализу генетских профила. На пример, ако лекари знају које гене пацијент носи, вештачка интелигенција може да предложи најприкладнију тера-

пију или превентивни преглед. На овај начин, свака особа може да добије лечење које је посебно прилагођено за њу.

Својом брзином и прецизношћу, вештачка интелигенција постаје мост између биологије и практичних решења у здравству. Отвара нове могућности за бољу здравствену заштиту и будућност у којој ће медицина бити све више усмерена на индивидуалне потребе сваког пацијента.

БЕЗБЕДНОСТ И ЕТИЧКИ АСПЕКТИ У РАДУ СА БИОЛОШКИМ МАТЕРИЈАЛИМА

Биобезбедност (биолошка безбедност) се односи на мере и правила која обезбеђују безбедност при раду са биолошким материјалима. Она спречава незгоде, ширење инфекција и злоупотребу истраживања. У лабораторијама где се ради са микроорганизмима или вирусима, биолошка безбедност је прва заштита за истраживаче и заједницу. Мере укључују ношење заштитне опреме, ограничен приступ одређеним подручјима и безбедно уништавање узорака. Оне гарантују да ће наука служити добру људи.

Наука се мора спроводити у складу са етичким правилима. Генетски подаци садрже осетљиве информације и морају бити заштићени тако да не буде дискриминације. Нове терапије и лекови треба да буду доступни свима, не само богатима. Научници и институције имају заједничку **одговорност** да спрече злоупотребе, као што су стварање биолошког оружја или манипулација подацима. Само на тај начин наука ће остати снага напретка и просперитета у друштву.



Рад у микробиолошкој лабораторији са ознаком за биобезбедност

Активност

1. Дискусија

Да ли је сваки научни напредак генерално позитиван за друштво?

2. Дебата

Поделите се у две групе. Дебата на тему „Вештачка интелигенција: алат или претња?“ Прва група тврди да је вештачка интелигенција корисна и неопходна у биологији. Друга група тврди да вештачка интелигенција може бити ризична ако се злоупотреби. Завршите дебату заједничким закључком о потреби за етичком контролом.

3. Изработи постер со основни правила за биобезбедност

Можете користити симболе, кратке поруке и визуелне примере. Изложите постер у учионици као подсетник на важност безбедности.

4. Есеј

Налишите кратак есеј на тему „Како бих користио науку да сам истраживач?“

Питања за проверу знања

1. Шта је биоинформатика и које науке уједињује?
2. Наведите три области у којима се примењује биоинформатика.
3. Шта је биолошка безбедност и зашто је неопходна у биолошким истраживањима?
4. Које су основне мере биобезбедности у лабораторији?
5. Ко сноси одговорност за правилно коришћење биотехнолошког знања – појединци или институције?

Занимљива биологија

- У XIV. веку, током опсаде града Кафе (данашња Феодосија у Украјини), нападачи су користили тела људи који су умрли од куге, која су бацали преко градских зидина. Овај чин се сматра једним од првих документованих примера биолошког ратовања. Последице су биле катастрофалне, јер се болест ширила међу становништвом и допринела ширењу „црне смрти“ широм Европе.
- Током Другог светског рата, постоје документовани случајеви где су одређене војске експериментисале са бактеријама и вирусима као оружјем. На пример, једна таква јединица је спроводила експерименте са кугом и другим патогеним микроорганизмима на ратним заробљеницима. Ови догађаји данас служе као упозорење на опасности злоупотребе науке.
- Током Хладног рата, неке земље су развиле програме биолошког оружја, користећи микроорганизме као што је *Bacillus anthracis* (узročник антракса). Иако су многи од ових програма били тајни, касније их је међународна заједница открила и осудила. То је довело до потписивања Конвенције о биолошком оружју (1972), која је данас један од најважнијих међународних споразума о биолошкој безбедности.
- Биолошка безбедност није само лабораторијска пракса, већ је и део свакодневног живота. На пример, правилно прање руку и ношење маске током пандемије сматрају се основним мерама биолошке безбедности.
- Вештачка интелигенција се већ користи за откривање нових лекова: 2020. године, први лек који је у потпуности „дизајнирала“ вештачка интелигенција ушао је у клиничка испитивања, што је означило историјски тренутак за фармацеутску индустрију.



4.11 Биотехнологија у медицини

Подсети се!

- Шта значи реч „регенерација“ и где је у природи можемо посматрати?
- Да ли знате за неке примере из медицине где лекари користе ћелије или ткива како би помогли у лечењу?
- Да ли мислите да је могуће створити нове ћелије или ткива у лабораторији и за шта би се то могло користити?

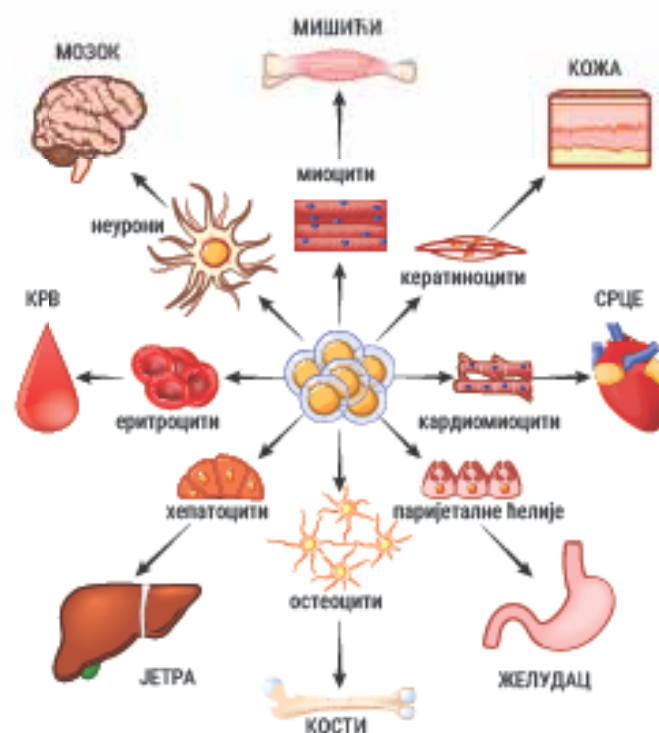
Савремена биологија и медицина налазе се у једном од најдинамичнијих периода развоја. Једна од најреволуционарнијих технологија за лечење болести је употреба матичних ћелија. То су јединствене ћелије са способношћу да се деле и диференцирају у различите типове ћелија, што их чини кључним у регенеративној терапији.

МАТИЧНЕ ЋЕЛИЈЕ

Матичне (STEM) ћелије су ћелије које имају два основна својства. Једно је својство самообнављања, што значи да се могу делити и стварати нове матичне ћелије. Друго својство је диференцијација, тј. способност да се претворе у различите типове ћелија (на пример: нервне, мишићне, крвне).

Постоји неколико врста матичних ћелија:

- Ембрионалне матичне ћелије – добијају се из раних ембриона и имају највећи потенцијал за диференцијацију.
- Одрасле матичне ћелије – налазе се у одређеним ткивима (као што је коштан срж) и служе за обнављање оштећених ћелија.
- Индуковане плурипотентне матичне ћелије – добијају се генетском модификацијом обичних ћелија, које се затим враћају у „матично“ стање.



Матичне ћелије се могу диференцирати у различите типове ћелија и размножавати се неограничено

Употреба матичних ћелија у медицини заснива се на њиховој способности да замене оштећене или изгубљене ћелије. Ова технологија се примењује у неколико области, као што су лечење болести крви (трансплантација коштане сржи је класичан пример, у којој се лече леукемија и друге хематолошке болести), неуродегенеративне болести (матичне ћелије се могу користити за стварање нових нервних ћелија код пацијената са Паркинсоновом или Алцхајмеровом болешћу),

дијабетес типа 1 (матичне ћелије се користе за стварање ћелија које производе инсулин, како би се замениле оштећене бета ћелије у панкреасу) и кардиоваскуларне болести (постоји могућност да се матичне ћелије претворе у ћелије срчаног мишића и помогну у поправци оштећеног срца након срчаног удара).

РЕГЕНЕРАТИВНА ТЕРАПИЈА

Регенеративна терапија је област медицине усмерена на поправку, замену или **регенерацију** оштећених људских ћелија, **стварање нових ткива** или органа ради обнављања нормалне функције. Ово се постиже коришћењем сопствених способности тела за исцељење коришћењем биолошких средстава као што су матичне ћелије, плазма богата тромбоцитима (PRP) или инжењерски направљени материјали.

У лабораторијама широм света, научници комбинују матичне ћелије са биоматеријалима – супстанцама које могу послужити као „скела“ за раст нових ћелија. На пример, ако пацијент има оштећено подручје коже, научници могу да направе матрицу биоматеријала на којој матичне ћелије могу да расту и формирају ново ткиво.

Још један напредни приступ је стварање органоида – минијатурних органа који се узгајају из матичних ћелија у лабораторији. Органоиди нису потпуно функционални органи, али могу да имитирају одређене функције и да се користе за тестирање лекова или истраживање болести.

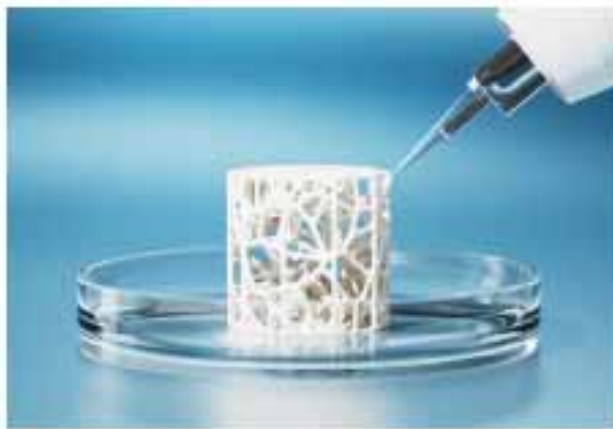
Најфутуристичкија технологија је биоштампање – коришћење 3Д штампача за „штампање“ ћелија ради стварања сложених структура, као што су делови срца или јетре. Иако је ова технологија још увек у развоју, она обећава да ће у будућности бити могуће створити органе „по потреби“, што би смањило зависност од донорских органа.

КУЛТУРА ТКИВА IN VITRO

Термин *in vitro* значи „у стаклу“ и односи се на процесе који се спроводе ван тела, у контролисаним лабораторијским условима. **Култура ткива** омогућава ћелијама да расту и развијају се у хранљивим медијумима, под стерилним условима. Ово омогућава научницима да их проучавају, манипулишу и користе за стварање нових ткива. Ова метода је основа за регенеративну медицину, тестирање лекова и персонализоване терапије, где се ћелије пацијента култивишу како би се избегао ризик од одбацивања током трансплантације.



Органоидно ткиво. Органоид је минијатуризована и поједностављена верзија органа произведеног *in vitro*



3Д штампани узорак костију

Култура ткива већ има практичне примене које спасавају животе. Код пацијената са опекотинама, ћелије се изолују из здраве коже, размножавају се и стварају нове слојеве за трансплантацију. Слично томе, ћелије рожњаче могу се култивисати и вратити визуелну функцију код оштећених очију. Истраживања показују да ћелије срца добијене *in vitro* могу помоћи у зарастању оштећеног срчаног ткива, а органоиди – минијатурни модели органа – користе се за тестирање лекова и проучавање болести. Стога, култура ткива постаје мост између лабораторије и клинике, отварајући нове могућности за медицину.



Постављање културе ткива

ЕТИЧКИ И ПРАКТИЧНИ АСПЕКТИ

Ин витро култура ткива је веома корисна, али има и своје изазове. Са етичке тачке гледишта, мање је контроверзна од коришћења ембрионалних матичних ћелија, јер се најчешће користе ћелије одраслих пацијената или донора. Међутим, увек је важно имати информисани пристанак – пацијенти морају знати како ће се њихове ћелије користити и како ће се њихов биолошки материјал чувати.

Научни изазови су повезани са чињеницом да се ћелије у лабораторији не понашају увек исто као у телу. Понекад другачије реагују на лекове или се не развијају у потпуно функционална ткива, па се резултати морају пажљиво проверити пре него што се примене на пацијентима. Практична ограничења су још једна препрека – процес је скуп, захтева стерилне лабораторије, специјализовану опрему и обучено особље, а стварање функционалног ткива може трајати недељама или месецима.

Упркос овим препрекама, ин витро култура ткива има огромну вредност. Она већ спасава животе и отвара нове могућности у медицини. Зато је важно наставити истраживање и развој технологија које ће ову терапију учинити безбеднијом, ефикаснијом и приступачнијом већем броју људи.

Активност

1. Истраживачки задатак

Поделите се у мале групе. Нека свака група истражи и пронађе један актуелан пример из медицине где се користе матичне ћелије или култура ткива. Презентујте разреду.

2. Питања за критичко размишљање/дебату

Разговарајте са својим другарима из разреда о теми: „Како би се здравствена заштита променила када бисмо могли да правимо прилагођене органе?“ и „Који би ризици постојали ако би се култура ткива користила неконтролисано?“

3. Израда постера

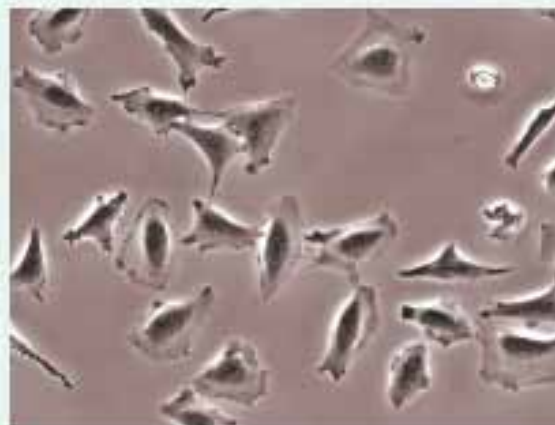
Креирајте и дизајнирајте постер са визуелним приказом процеса *in vitro* културе ткива и/или различитих врста матичних ћелија и њихове примене.

Питања за проверу знања

1. Објасните шта су матичне ћелије и наведите њихова два главна својства.
2. Опишите како се технологија матичних ћелија може користити за лечење болести, наводећи конкретан пример.
3. Шта је регенеративна терапија и које биотехнологије је подржавају?
4. Који су главни етички и научни изазови повезани са применом матичних ћелија и *in vitro* културе ткива?

Занимљива биологија

- Саламандери могу да регенеришу целе делове тела – ногу, реп, па чак и делове срца и очију.
- Морске звезде могу да развију потпуно ново тело из једног крака.
- Мали део листа или стабла може да израсте у потпуно нову биљку ако се смести у одговарајуће услове. Ово је природни облик „културе ткива“.
- Научници проучавају како ћелије расту у микрогравитацији. Занимљиво је да се неке ћелије брже деле у свемиру него на Земљи.
- 2006. године, научници су успели да створе функционалну бешику од ћелија култивисаних *in vitro* и да је трансплантирају пацијенту – прва успешна примена инжењеринга ткива код човека.
- Златне рибице и зебрице могу да регенеришу делове срца и мозга, што их чини важним моделима за истраживање у регенеративној медицини.
- Чувена ћелијска линија HeLa, добијена 1951. године од рака грлића материце, и данас се користи у хиљадама лабораторија широм света. Ове ћелије се сматрају „бесмртним“ јер се могу делити неограничено у култури.



4.12 Савремене биотехнолошке технологије: клонирање, ДНК дијагностика, генска терапија и биофармација

Подсети се!

- Зашто неки близанци изгледају веома слично једни другима, док други близанци не?
- Шта значи термин „трансплантација“?
- Да ли сте чули за овцу Доли?

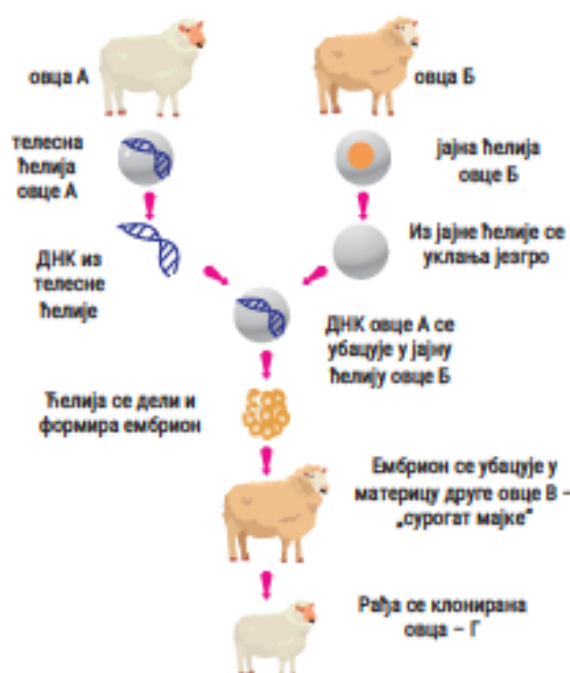
Савремена биологија је наука која стално мења медицину. Данас, захваљујући биотехнологији, човек има могућност да ствара копије ћелија и органа, чита и исправља генетске информације и производи лекове уз помоћ живих организама. Ове технологије нису само научни експерименти – већ се примењују у клиникама и лабораторијама, а њихов значај расте сваког дана.

КЛОНИРАЊЕ – ОД ОВЦЕ ДОЛИ ДО ЛЕКА БУДУЋНОСТИ

Клонирање је једна од најузбудљивијих тема у биологији, јер покреће питања о самој суштини живота. **Клонирање** је процес стварања генетски идентичних копија. То могу бити молекули ДНК, ћелије, ткива или чак цели организми.

Сама природа нам показује примере клонирања. Идентични близанци су природни „клонови“, јер настају из једне оплођене јајне ћелије и имају исти генетски материјал. Код биљака је клонирање још очигледније: из једне гране или листа може се развити потпуно нова биљка која је генетски идентична оригиналу. Ова способност вегетативног размножавања је облик природног клонирања.

Човек је одавно покушавао да имитира природно клонирање. Први експерименти са клонирањем жаба спроведени су педесетих година 20. века, када су научници успели да створе ембрионе преносећи једно из једне ћелије у другу. Али права револуција догодила се 1996. године, када је у Шкотској рођена овца Доли, први сисар клониран из зреле телесне ћелије. У овом процесу, научници су узели ћелију из млечне жлезде овце и спојили је са јајном ћелијом из које је језгро уклоњено. Ово је створило ембрион који је затим имплантиран у сурогат мајку. Пет месеци касније, родила се Доли, генетски идентична копија овце из



Шематски приказ клонирања овце Доли

које је узета ћелија са језгром. Овај догађај је показао да је могуће створити цео организам из једне ћелије, што је отворило нове хоризонте за медицину и биотехнологију.

Међутим, ова врста репродуктивног клонирања, тј. стварање целог организма идентичног оригиналу, најконтроверзнија је врста клонирања, јер покреће етичка питања о могућем клонирању животиња и људи.

У медицини постоји такозвано терапеутско клонирање, које омогућава стварање ћелија и ткива за лечење. На пример, ако пацијент има оштећену јетру, у будућности би неке од његових сопствених ћелија могле бити клониране и створено ново ткиво. Ово избегава ризик од одбацивања током трансплантације.

Клонирање је уско повезано са **трансплантацијом** – пресађивање органа са једне особе (донора) на другу особу. Данас трансплантација зависи од донора, а органи су често у дефициту. Клонирање пружа наду да ће једног дана сваки пацијент моћи да добије орган „по мери“, створен од његових властитих ћелија. Ово је најперспективнији тип лечења болести.

Постоји и такозвано молекуларно и ћелијско клонирање, где се гени или ћелије копирају у истраживачке и медицинске сврхе. Ово је свакодневна пракса у истраживачким лабораторијама.

ДНК ДИЈАГНОСТИКА – ЧИТАЊЕ ГЕНЕТСКЕ КЊИГЕ

Наша ДНК је као књига у којој су записане све информације о нама. Али понекад се у тој књизи појаве „грешке“ – мутације које узрокују наследне болести. **Дијагностика са ДНК технологијама** омогућава откривање ових грешака. Секвенцирањем ДНК, научници могу да идентификују мутације које узрокују болести као што су цистична фиброза, хемофилија или наследни облици рака.

У многим земљама, одмах након рођења се спроводе генетски тестови како би се откриле могуће наследне болести код новорођенчади. На пример, цистична фиброза се може открити анализом ДНК. Ако се болест открије рано, терапија се може започети у првим месецима живота, што значајно побољшава квалитет живота.

Жене које имају наслеђене мутације у генима BRCA1 или BRCA2 имају много већи ризик од развоја рака дојке или јајника. Генетско тестирање може открити да ли жена носи ову мутацију. Ако је резултат позитиван, може предузети превентивне мере, као што су чешћи прегледи, промене начина живота или чак превентивна операција.

Такође, анализом ДНК фетуса, током трудноће могу се открити различити генетски поремећаји. Ово омогућава родитељима и лекарима да се припреме за потребе детета чак и пре његовог рођења. Ово само показује да је дијагноза први корак. Следећи корак је генска терапија, односно покушај исправљања грешака у генетском коду.

ГЕНЕТСКА ТЕРАПИЈА

Ако је болест узрокована дефектним геном, решење је уметање здравог гена који ће преузети његову функцију. CRISPR-Cas9 технологија омогућава прецизно „сечење“ и корекцију ДНК, као да се ради са маказама и лепком. На пример, код неких пацијената, слепило је узроковано дефектним геном који ремети функцију мрежњаче. **Генетском терапијом**, исправан ген се уноси у њихове очи путем вирусног вектора. Овај ген преузима функцију и омогућава делимично обнављање вида.

Мишићна дистрофија је болест код које мишићи постепено слабе због дефектног гена. Генетском терапијом, научници покушавају да убаце здрав ген који ће исправити функцију и успорити напредовање болести.

Још један пример је болест хемофилија. Хемофилија је поремећај код којег се крв не згрушава правилно због недостатка одређеног протеина. Генетском терапијом, у ћелије пацијента се уноси ген који омогућава производњу тог протеина. Ово смањује ризик од опасног крварења.

Ови поступци се сматрају револуционарним јер лече не само симптоме, већ и узрок болести.

БИОФАРМАЦИЈА – ЛЕКОВИ ИЗ ЖИВИХ ЋЕЛИЈА

Фармација је одувек била повезана са хемијом, јер се стварање нових лекова најчешће одвијало синтезом молекула. У последње време развија се нова грана – биофармација, која користи живе организме, као што су бактерије, квасац, па чак и ћелије сисара, за производњу лекова.

Први већи успех у овој области била је производња инсулина коришћењем генетски модификованих бактерија. Пре открића биотехнолошког инсулина, пацијенти са дијабетесом су примали инсулин екстрахован из панкреаса животиња. То је често изазивало нежељене реакције. Користећи технологију рекомбинантне ДНК, научници су увели људски ген у бактерије, које су почеле да производе чисти људски инсулин. Овај инсулин је чист, безбедан и идентичан природном инсулину и данас се користи широм света.

Данас се коришћењем биофармацеутских метода, такође стварају моноклонска антитела. **Моноклонска антитела** су протеински молекули који се стварају у лабораторији и могу да препознају специфичне антигене на површини ћелија рака. Када се унесу у тело, везују се за антигене и активирају имуни систем да их уништи. Ова терапија је веома прецизна и има мање нежељених ефеката од класичне хемотерапије.

Вакцине су такође производ биофармације. Вакцине против вирусних болести, као што је хепатитис Б, производе се коришћењем технологије рекомбинантне ДНК. Уместо да користе цео вирус, научници у лабораторији стварају само део његовог протеина. Овај протеин је довољан да научи имуни систем да препозна и уништи вирус, али не може да изазове болест.

Савремена биологија нам омогућава да завиримо у будућност медицине. Клонирање нуди могућност стварања органа по мери, ДНК дијагностика омогућава рано откривање болести, генетска терапија исправља мутације, а биофармација ствара нове лекове. Међутим, све ове технологије данас покрећу и велика питања. Да ли је прихватљиво клонирати органе или целе организме? Како заштитити пацијенте од злоупотребе њихових генетских информација? Да ли би биотехнолошки лекови требало да буду доступни свима, без обзира на цену?



**Активност****Дебата „Клонирање – нада или претња?“**

Поделите се у две групе. Једна група се залаже за предности клонирања, док друга истиче ризике и етичке дилеме.

Питања за проверу знања

1. Објасните шта је клонирање и наведите примере из природе и модерне биотехнологије.
2. Зашто је овца Доли значајан пример у историји биологије и шта је њено рађање доказало?
3. Објасните улогу генске терапије у лечењу генетских поремећаја и опишите случај где је успешно примењена.
4. Шта је биофармација и како се разликује од класичне фармације? Наведите примере биотехнолошки произведених лекова.

Занимљива биологија

- Доли је била први сисар клониран из зреле телесне ћелије 1996. године. Живела је шест година и имала потомство које је доказало да клониране животиње могу бити плодне.
- Године 2001, прва мачка, названа „CC“ (Copy Cat), клонирана је у Тексасу. CC је живела 18 година и умрла 2020. године, што је дуг и здрав животни век за домаћу мачку.
- Године 2005, научници у Јужној Кореји клонирали су авганистанског хрта кога су назвали Snuppy (по SNU од Seoul National University, где је клонирана и реч риппу – штене).
- У неким земљама, краве се клонирају како би се добила стада која производе више млека или имају бољи квалитет. Ово показује да клонирање није само медицинска технологија, већ има и економске примене.

РЕЗИМЕ ТЕМЕ



- ✓ Примењена биологија је биологија у служби човека и користи се у медицини, пољопривреди, индустрији и екологији.
- ✓ Биотехнологија је наука која користи живе организме и њихове ћелије за производњу хране, лекова, енергије и материјала. Традиционална биотехнологија заснива се на ферментацији и селекцији биљака, док модерна биотехнологија користи генетски инжењеринг и синтетичку биологију.
- ✓ Биогорива попут биогаса, биоетанола и биодизела представљају алтернативу фосилним горивима и доприносе одрживом развоју.
- ✓ Биопластика је биоразградива замена за класичну пластику и део је циркуларне економије.
- ✓ У биореакторима, микроорганизми се гаје под контролисаним условима и стварају производе попут ензима, хормона или биогорива.
- ✓ Генетски инжењеринг омогућава директну промену ДНК уметањем, уклањањем или модификовањем гена.
- ✓ Генетски модификовани организми (ГМО) се стварају да би имали нове или побољшане особине, као што су отпорност на инсекте, отпорност на сушу или производња лековитих протеина.
- ✓ Синтетичка биологија не само да мења постојеће гене, већ и дизајнира потпуно нове биолошке системе са новим функцијама.
- ✓ CRISPR-Cas9 технологија подразумева „генетске маказе“ које омогућавају прецизно уређивање гена са великом тачношћу.
- ✓ Биљна биотехнологија користи културу ткива и микроразмножавање за добијање идентичних биљака из малих експлантата.
- ✓ Тотипотентност је способност једне биљне ћелије да регенерише целу биљку и представља основу културе ткива.
- ✓ Микроразмножавање омогућава производњу клонова, тј. генетски идентичних биљака које се користе за саднице без вируса и за масовну производњу.
- ✓ Микробиолошка биотехнологија заснива се на ферментацији и коришћењу микроорганизама за производњу хране, антибиотика, ензима, хормона и вакцина. Ферментација омогућава производњу хлеба, јогурта, вина и пива.
- ✓ Форензичка биологија користи биолошке трагове као што су крв, коса, плувачка и кожа за идентификацију људи у криминалистички и катастрофама.
- ✓ Бионформатика је комбинација биологије, информатике и математике и користи се за анализу генома, откривање гена повезаних са болестима и развој нових лекова.
- ✓ Вештачка интелигенција омогућава анализу великих биолошких база података и развој персонализоване медицине.
- ✓ Биолошка безбедност је систем мера и протокола за безбедан рад са биолошким материјалима и опречавање злоупотребе.
- ✓ У медицини, матичне ћелије се користе за регенеративну терапију јер имају способност самообнављања и диференцијације.
- ✓ Биостампање омогућава стварање структура из живих ћелија помоћу 3Д штампача и представља будућност за „прилагођене“ органе.
- ✓ Клонирање је стварање генетски идентичних копија и може бити природно, репродуктивно или терапијско.
- ✓ ДНК дијагностика омогућава рано откривање наследних болести и превентивне мере код пацијената. Генетска терапија омогућава корекцију дефектних гена и лечење болести уношењем здравих гена.
- ✓ Биофармација ствара лекове из живих ћелија, као што су рекомбинантни инсулин, моноклонска антитела и савремене вакцине.
- ✓ Сваки биотехнолошки напредак покреће етичка питања, па је потребна одговорна примена, регулација и јавна дискусија о користима и ризицима.

Питања за проверу знања из Теме 4

1. Примењена биологија се најбоље дефинише као:
а) теоријска наука која проучава живе организме
б) биологија у служби човека са практичном применом
в) наука која се бави само пољопривредом
г) метода за посматрање ћелија под микроскопом
2. Шта је пример традиционалне биотехнологије?
а) производња рекомбинантног инсулина
б) ферментација хлеба и вина
в) употреба CRISPR технологије
г) синтетичка биологија
3. Шта је генетски инжењеринг?
а) Процес добијања енергије из биомасе
б) Техника за прецизно уређивање гена у ДНК
в) Метода за посматрање ћелија у лабораторији
г) Производња биопластике
4. Који је први рекомбинантни лек добијен генетским инжењерингом?
а) хормон раста
б) инсулин
в) еритропоетин
г) вакцина против хепатитиса Б
5. Синтетичка биологија се разликује од генетског инжењеринга по томе што:
а) мења само постојеће гене
б) дизајнира нове биолошке системе са потпуно новим функцијама
в) користи се само у пољопривреди
г) не користи микроорганизме
6. CRISPR-Cas9 технологија се назива „генетске маказе“ јер:
а) уништава све микроорганизме у ћелији
б) омогућава прецизно сечење и замену делова ДНК
в) користи се за производњу антибиотика
г) користи се за ферментацију
7. Који термин описује способност биљне ћелије да регенерише целу биљку?
а) аклиматизација
б) тотипотентност
в) калус
г) микроразмножавање
8. Који је основни принцип микроразмножавања код биљака?
а) Свака биљка се добија из семена
б) Много идентичних биљака (клонова) се добија из малог експланта
в) Користи се само за украсне биљке
г) Нове сорте се добијају хибридизацијом
9. Форензичка биологија се користи за:
а) производњу биопластике
б) идентификацију особа путем биолошких трагова
в) производњу биогаса
г) развој биосензора
10. Биоинформатика је спој:
а) биологије, рачунарства и математике
б) хемије, физике и инжењерства
в) пољопривреде, екологије и медицине
г) биологије и уметности
11. Која врста матичних ћелија има највећи потенцијал за диференцијацију?
а) одрасле матичне ћелије
б) индуковане плурипотентне ћелије
в) ембрионалне матичне ћелије
г) крвне ћелије
12. Зашто се биопластика сматра делом циркуларне економије?
а) Зато што се добија из нафте и гаса.
б) Зато што се добија из биолошких сировина и природно се разграђује.
в) Зато што се не разграђује и траје вековима.
г) Зато што је токсична и загађује.
13. Које је највеће етичко питање везано за генетски инжењеринг код људи?
а) Да ли је оправдано мењати људске гене ради лечења наследних болести?
б) Може ли се биогас створити из отпада?
в) Може ли се квасац користити за ферментацију?
г) Може ли се створити биопластика?

14. Зашто се биогорива сматрају бољом алтернативом фосилним горивима?
- Зато што им је потребно милионе година да се формирају
 - Зато што имају мање емисије гасова стаклене баште и обновљива су
 - Зато што се добијају само из нафте
 - Зато што се не разграђују
15. У лабораторији се CRISPR-Cas9 користи за исецање дефектног гена. Који је следећи корак ако научници желе да га замене здравим геном?
- Ћелија ће сама уништити дефектни ген без замене
 - Нова ДНК секвенца се уводи као шаблон за поправку
 - Додаје се ферментациони ензим
 - Микроорганизам се користи за производњу антибиотика
16. Који је основни принцип биотехнологије?
- Коришћење физичких закона за производњу енергије
 - Коришћење живих организама или њихових производа за добијање корисних материјала
 - Коришћење хемијских реакција без учешћа ћелија
 - Коришћење механичких уређаја за стварање нових органа
17. Који је основни механизам CRISPR-Cas9 технологије?
- Синтеза нових протеина из бактерија
 - Прецизно сечење и поправка ДНК

- Производња биогаса путем анаеробне ферментације
- Клонирање ћелија културом ткива

18. Који је пример примене биљне биотехнологије?
- Производња антибиотика
 - Култура ткива за добијање садница без вируса
 - Производња моноклонских антитела
 - Секвенцирање људског генома

19. Повежите технологију са њеном применом:

Технологија	Примена	број - слово
1. биогас	а) прецизно уређивање гена	
2. биопластика	б) масовна производња идентичних садница	
3. култура биљног ткива	в) производња енергије анаеробном ферментацијом	
4. моноклонска антитела	г) прецизна терапија против рака	
5. CRISPR-Cas9	д) биоразградиви материјали за паковање	

ТЕРМИНОЛОШКИ РЕЧНИК

BioBricks – Стандардизовани генетски делови који се могу комбиновати као „лего-коцке“ за стварање нових биолошких система.

Cas9 – Ензим који сече ДНК на означеном месту („генетске маказе“).

Chat GPT – Вештачка интелигенција са којом се може комуницирати на исти начин као са стварном особом. Алатка је „обучена“ на огромној количини текстова са интернета (џурнали, чланци, код, разговори) да би научила како људи ређају речи и како формирају мисли. Она не „размишља“ као човек, већ предвиђа која је следећа најлогичнија реч у реченици на основу постављеног питања.

CRISPR-Cas9 – Алатка за прецизно уређивање гена, заснована на природном механизму код бактерија.

Golden Rice – Генетски модификован пиринач који производи β -каротен (провитамин А).

In vitro култура – Узгајање биљних ћелија или ткива у стерилним лабораторијским условима.

pH – Символ којим се означава концентрација водониковог јона (H^+); вредност која мери релативну киселост (ацидитет) и алкалност (базичност) одређене средине.

A

Аденозин трифосфат (ATP од *adenosine triphosphate*) – Енергетска молекула која постоји у свим ћелијама.

Адреналин (епинефрин) – Неуротрансмитер и хормон, ослобођен из неурона симпатичког нервног система и из медуле (сржи) адреналне (надбубрежне) жлезде.

Аклиматизација – Процес прилагођавања биљака добијених *in vitro* на природне услове.

Активин – Контракtilни протеини у мишићним ћелијама.

Алвеола – Мала кесица, обично танка ваздушна кеса у плућима, преко које се врши размена гасова између спољашњег ваздуха и крви.

Алдостерон – Хормон који се ослобађа из коре надбубрежне жлезде, а подстиче реабсорпцију натријума и воде.

Алергија – Тежња (настојање) да се реагује неповољно на извесну супстанцу која је уобичајено безбедна за већину људи; хиперсензитивност тј. преосетљивост.

Антагонист – Мишић који има дејство супротстављено датом покрету.

Антибиотици – Биолошки активна једињења која продукую микроорганизми за одбрану, а користе се у медицини.

Антиген – Страна супстанца (материја или тело) која изазива имуноски одговор.

Антитело – Супстанца која настаје као одговор на специфичан антиген.

Аорта – Велика артерија која одводи крв са леве коморе срца.

Апарат за хватање инсеката (код биљака) – Морфолошки различити метаморфозирани листови (лепљиви, затварачи или чашкасти) прилагођени за привлачење, хватање

и варење инсеката са циљем обезбеђивања потребних хранљивих материја за биљку.

Апсорпција (код животиња) – Пренос молекула из варене хране из дигестивног тракта у циркулацију, односно крвоток.

Артериосклероза – Отврдњавање артерија.

Атрофија – Губитак или смањење величине одређеног дела тела.

B

Бесполоно размножавање (код биљака) – Начин размножавања који не укључује гамете, па је потамак генетски идентичан са родитељем (клон). Настаје уз помоћ вегетативних делова биљке.

Биљно ткиво – Група ћелија са истом грађом, пореклом и функцијом које заједно врше одређену улогу у биљци.

Биобезбедност – Систем мера за безбедан рад са биолошким материјалима и спречавање злоупотребе.

Биогас – Мешавина метана и CO_2 добијена анаеробном ферментацијом органског отпада.

Биогорива – Горива добијена из биомасе (биогас, биоетанол, биодизел).

Биодизел – Гориво добијено из биљних уља или животињских масти.

Биоетанол – Алкохол добијен ферментацијом шећера из биљних сировина.

Биоинформатика – Дисциплина која обједињује биологију, информатику и математику за анализу биолошких података.

Биопластика – Пластика добијена из биолошких сировина, биоразградива и еколошки прихватљива.

Биореактор – Велики суд у коме се под контролисаним условима узгајају микроорганизми или ћелије за производњу корисних супстанци.

Биотехнологија – Наука која користи живе организме, ћелије или њихове производе за стварање хране, лекова, енергије и материјала.

Биофармација – Производња лекова уз помоћ живих ћелија (инсулин, моноклононска антитела).

Брадаст коренов систем – Коренов систем без главног корена (жиличаст), састављен од танких морфолошки приближно једнаких коренчића који избијају из основе стабла.

Бронхија – Широки канал у плућима кроз који пролази ваздух.

Б-ћелија – Агрануларни (негрануларни) леукоцит који ствара антитела при одговору на дати антиген; В лимфоцит.

V

Вазектомија – Хируршко одстрањивање дела или целог *ductus (vas) deferens*-а; обично се врши са обе стране да би се постигао стерилитет.

Вакуина – Супстанца која се користи за стварање активног имунитета; обично се убризгава дати раствор од ослабљених или убијених патогених организама, да би се спречила специфична болест.

Вегетативни органи (код биљака) – Органи код биљке (корен, стабло и лист) који служе за раст, исхрану и одржавање живота биљке.

Вегетативно размножавање (код биљака) – Беспolni начин размножавања код биљака код којег се од вегетативних органа ствара нова биљка.

Вентилација – Кретање ваздуха из плућа или у плућа.

Веродостојно – Тачно, сигурно и поверљиво.

Вештачка интелигенција – ВИ (*Artificial Intelligence* – AI) – Алгоритми који обрађују велике базе података и предвиђају резултате.

Витами – Органски састојак, потребан у малим количинама за одржавање доброг здравља.

Вршни меристем – Творно ткиво на врху корена и стабла које омогућава раст биљке у дужину.

Г

Ген – Део ДНК молекула који носи информацију за синтезу одређеног протеина или особину.

Генеративни органи (код биљака) – Органи биљке (цвет, плод и семе) који служе за полно размножавање и стварање семена.

Генетска терапија – Уношење или корекција гена за лечење наследних болести.

Генетски инжењеринг – Техника за мењање или преношење генетске информације из једног организма у други.

Гликоген – Макромолекул изграђен од молекула глукозе, који се складишти у јетри и мишићима и служи као избор енергије.

Гломерул – Лоптица капилара у Боумановој капсули нефрона.

Гломеруларни филтрат – Течност и растворене материје које из крви прелазе у бубрежни нефрон преко Боуманове капсуле.

ГМО (генетски модификовани организми) – Биљке, животиње или микроорганизми са измењеном ДНК за нове или побољшане особине.

Горња шупља вена – Велика вена која прима крв из најгорњег дела тела и улива се у десну преткомору срца.

Грлоњан (ларинкс) – Структура између ждрела и душника, која садржи гласне жице и гласну кутију.

Д

Двodomне биљке – Биљке са посебним мушким и женским цветовима смештеним на различитим јединкама, због чега се разликују мушке и женске биљке једне врсте.

Двојна оплодња – Процес код цветница при ком се једном мушком ћелијом (језгром) из полена оплођује јајна ћелија, а другом се оплођује централна ћелија, при чему се стварају ембрион и ендосперм.

Дермис – Права кожа; дубљи део коже.

Дигестија – Процес разлагања хране на честице које могу бити апсорбоване.

Дијабетес мелитус (diabetes mellitus) – Болест код које у ткивима нема довољно оксидације глукозе за добијање енергије, услед недостатка инсулина.

Дијафрагма – Сводаст (куполост) мишић испод плућа који се изравнава при удаху; раздвајајућа мембрана или структура.

Дикотиледони – Цветнице чије семе садржи два семена (ембрионална) листића – котиледона.

Дифузија – Кретање молекула из области са већом у област са њиховом мањом концентрацијом.

ДНК анализа – Лабораторијски процес за идентификацију појединачца преко њиховог генетског профила.

Доња шупља вена – Велика вена која сакупља крв из већег дела тела и улива се у десну преткомору срца.

Душник (трахеја) – Цев која се протеже од ларинкса до бронхија.

Е

Екскреција – Преношење и одстрањивање насталог метаболичког отпада из крви.

Експлант – Мали део биљке (меристем, лист, пупољак) који се користи за започињање културе.

Електролит – Супстанца која даје јоне у раствору; супстанца која проводи електричну струју у раствору.

Ембрион – Млада зародишна форма која се налази у зрелом семену и садржи зачетак корена, зачетак стабла, котиледоне и ембрионални пупољак.

Ендосперм – Ткиво у семену које се формира од оплођене централне триплоидне ћелије и обезбеђује храну за развој ембриона.

Ензими – Биолошки катализатори који убрзавају брзину хемијских реакција, а притом се сами не мењају.

Етика – Систем моралних вредности и правила која нам говоре шта је добро, а шта лоше, шта је исправно, а шта не у понашању људи.

Ж

Ждрело (фаринкс) – Прелаз између уста и једњака.

З

Залистак – Структура која спречава повратно протицање течности; као код срца, вена и лимфних судова.

Зглоб – Регион спајања две или више костију.

И

Изотоничан – Израз за неки раствор који има исту концентрацију одређених материја у себи, са концентрацијом течности у ћелијама.

Имунизација – Употреба вакцине (вакцинисање) да би се створио имунитет.

Имунитет – Моћ (снага, способност) јединке да одоли (да пружи отпор) одређеној болести, или да савлада ефекте од ње или од неког другог штетног агенса.

Инкубација – Процес одржавања одговарајућих услова (температура, влага, време) да би се омогућио развој или раст нечега.

Интерстицијалан – Између; израз се односи на просторе или структуре у органу смештене између активних ткива.

J

Једнодомне биљке – Биљке код којих су мушки и женски цветови смештени на истој биљци.

Јукстагломеруларни апарат – Бубрежна структура састављена од ћелија аферентних артериола и дисталних бубрежних каналића која лучи ензим ренин, најчешће у стању када крвни притисак падне испод одређеног нивоа.

K

Калус – Маса недиференцираних ћелија добијених из експланта.

Капилар – Микроскопски крвни суд преко којег се врши размена материја између крви и ткива.

Кладодије – Метаморфозирани стабла прилагођена да врше фотосинтезу код биљака са смањеним или редукованим листовима.

Клон – Генетски идентичан организам добијен од матичног примерка.

Клонирање – Стварање генетски идентичних копија ћелија, ткива или организама.

Колаген – Еластичан (флексибилан) бели протеин који даје јачину и еластичност везивном ткиву као што су кост и хрскавица.

Коленим – Живо биљно ткиво са неравномерно задебљалим ћелијским зидовима које обезбеђује механичку подршку и чврстину биљци.

Конференција – Организовани састанак или скуп више лица, најчешће експерата или представника, са циљем размене информација, мишљења и идеја.

Концизно – Кратко, јасно и прецизно, без непотребних речи или објашњења.

Корен (код биљака) – Вегетативни орган који се развија у земљишту, служи за причвршћивање биљке и главни је орган за апсорпцију воде и минералних материја.

Коренове длачице – Нежни израштаји на епидермалним ћелијама у корену који повећавају апсорпциону површину и омогућавају упијање воде и минералних материја.

Кортијев орган – Рецептор за слух смештен у пужу унутрашњег уха.

Котиледони – Ембрионални листови који служе за складиштење и снабдевање ембриона хранљивим материјама.

Крајник – Маса лимфоидног ткива у региону ждрела.

Кртола – Метаморфозирани, задебљало подземно стабло које служи за складиштење резервних хранљивих материја и вегетативно размножавање.

Круличани листићи – Обојени листићи на цвету који привлаче опрашиваче и штите прашнике и тучак.

Коерофити – Биљке прилагођене животу у сувим срединама, са различитим адаптацијама и структурама које смањују губитак воде.

Ксилем – Спроводно ткиво које преноси воду и растворене минералне материје од корена ка свим деловима биљке и доприноси чврстини.

Кутикула – Танак, воштани заштитни слој на површини листа и младог стабла, који смањује губитак воде и штити биљку од спољашњих утицаја.

L

Лигамент – Трака од везивног ткива која повезује кост са другом костью; задебљали део или преклоп (фалта) на перитонеуму, који придржава орган или га спаја са другим органом.

Лизозом – Ћелијска органела која садржи дигестивне ензиме.

Лимфа – Течност у лимфном систему.

Лист – Главни вегетативни орган који врши фотосинтезу код биљке, транспирацију и размену гасова.

Луковица – Метаморфозирани подземно стабло са меснатим листовима које служи за складиштење хранљивих материја и вегетативно размножавање.

M

Матичне ћелије (STEM) – Ћелије са способношћу самообнове и диференцијације у различите типове ћелија.

Мезофити – Биљке прилагођене животу у умерено влажној средини.

Меристем – Творно биљно ткиво чије се ћелије активно деле и омогућавају раст и формирање нових ткива.

Метаболизам – Физички и хемијски процеси помоћу којих се организам одржава у животу.

Метаморфозе органа – Прилагођавања корена, стабла и листа који се видоизмењују ради вршења специфичних функција у биљци (складиштење, заштита или фотосинтеза).

Механичко ткиво – Биљно ткиво са делимично или потпуно задебљалим ћелијским зидовима које обезбеђује чврстину, подршку и отпорност биљци.

Микроразмножавање – Техника за добијање великог броја идентичних биљака од малог дела ткива.

Монокотиледони – Цветнице чије семе садржи један семени (ембрионални) лист – котиледон.

Мрежаста нерватура – Тип разграновања жила у листу код дикотиледонских биљака, где је доминантна главна жила од које се ствара мрежаста структура од мањих жила.

N

Научни рад – Стручно, систематски написано дело у коме се приказују научно истраживање, методе, резултати и закључци, са циљем проширивања знања.

Невротрансмитер – Хемикалија ослобођена из завршетка аксона која омогућава нервном импулсу да пређе синаптичку везу (синапсу).

Негативна повратна спрега (веза) – Ауторегулаторни систем код ког резултат неког дејства или акције контролише ту акцију; метод за одржавање хомеостазе и сачување телесног стања у границама нормалног нивоа.

Нервни импулс – Електрични набој (импулс) који се шири низ мембрану нервне ћелије (неурона); акциони потенцијал.

Неурон – Спроводна ћелија нервног система.

Нефрон – Микроскопска функционална јединица бубрега.

О

Оплодња – Процес у ком се мушка полна ћелија спаја са женском (јајном ћелијом) у плоднику цвета, при чему се ствара зигот.

Опашивање – Процес у ком се полен са прашника преноси на жиг тучка цвета, омогућавајући полно размножавање биљке.

Опсег – Граница или распон између најмање и највеће вредности, односно ширина у којој се нешто креће или важи.

Орган – Део тела који садржи два или више ткива која функционишу заједно за остваривање специфичних циљева (задатака).

Органела – Мали део у ћелији специјализован за остваривање одређених функција (задатака).

Органоиди – Минијатурни органи добијени од матичних ћелија у лабораторији.

Осмоза – Кретање воде кроз полупропустливу (семипермеабилну) мембрану.

Осмотски притисак – Тежња раствора да привуче (прими) воду у себе; директно је повезан са концентрацијом раствора.

Основики коренов систем – Коренов систем са добро развијеним главним кореном и системом тањих коренића првог, другог, трећег реда итд.

Остеопороза – Ненормални губитак коштаног ткива са склоношћу ка фрактури (ломљење кости).

П

Палисадни слој – Део мезофила листа, састављен од издужених, густо збијених ћелија богатих хлоропластима у којима се врши најинтензивнија фотосинтеза.

Паралелна нерватура – Тип нерватуре карактеристичан за моноцитиледоне биљке, при чему су жиле у листу приближно једнако развијене и постављене паралелно једна са другом без укрштања.

Паренхим – Основно биљно ткиво састављено од живих ћелија са различитом улогом: фотосинтетску, за складиштење резервних материја или размену гасова.

Патогени – Микроорганизми или агенси који изазивају болести код људи, животиња или биљака.

Пејсмејкер – Синоатријални (SA) чвор срца; група ћелија или вештачки инструмент који регулише степен (брзину) срчаних контракција.

Перикард – Фиброзна кеса обложена серозном мембраном која обавија срце.

Плеура – Серозна мембрана која облаже грудну дупљу и прекрива плућа.

Плод – Генеративни орган биљке који се развија од плодника цвета и служи за заштиту и распрострањивање семена.

Плодник – Женски део цвета прилагођен за полно размножавање, прихватање полена и оплођење.

Повратна спрега (веза) – Враћање информација у систем, при чему се исте могу употребити за регулацију тог система.

Покорично ткиво – Површинско биљно ткиво које покрива и штити биљку од спољашњих утицаја, од губитка воде и врши размену гасова.

Полен – Зрнца са карактеристичним изгледом и грађом прилагођена за опашивање, садрже по две мушке полне ћелије (језгра) којима се врши оплођење.

Полно размножавање – Начин размножавања који укључује спајање мушке и женске полне ћелије, а резултира генетски различитим потомком и стварањем семена.

Портални систем – Венозни систем који спроводи крв до секундарног капиларног слоја пре него што буде враћена у срце.

Посматрање – Пажљиво гледање и праћење појаве, предмета или процеса са циљем да се сакупе информације или извуку закључци.

Проводно ткиво – Биљно ткиво изграђено од специјализованих ћелија које омогућавају транспорт воде, минералних и органских материја кроз биљку.

Прашник – Мушки део цвета у ком се формирају полне ћелије и сазрева полен.

Предвиђање – Процењивање или наговештавање онога што ће се десити у будућности, на основу информација, искуства или анализе.

Претпоставка – Мишљење или тврдња која се прихвата као могуће тачна, али без потпуног доказа.

Примењена биологија – Коришћење биолошких знања и техника за практичне циљеве (медицина, пољопривреда, индустрија, екологија).

Проводни епифити – Комбиновани ткивни системи изграђени од ксилемских и флоемских елемената са одређеним распоредом у групацији, који служе за транспорт воде, минералних и органских материја кроз биљку.

Прост плод – Тип генеративног органа који се развија из плодника једног цвета и садржи семена за размножавање.

Пуфер – Супстанца која спречава нагле промене pH вредности раствора.

Р

Регенеративна терапија – Медицинска примена за обнављање оштећених ткива или органа са матичним ћелијама.

Рекомбинантна ДНК – ДНК створена комбиновањем делова ДНК молекула из различитих организама.

Релевантни – Важни, одговарајући и повезани са темом или проблемом који се разматра.

Рефлекс – Једноставан, оштар, аутоматски одговор у који су укључени неурони.

Рефлексни лук – Путања кроз нервни систем од стимулуса до одговора; у њу обично спадају рецептор (ћелија пријемник надражаја), чулни (сензорни) неурон, централни неурон, моторни неурон и ефектор.

Рецептор – Специјализована ћелија или завршетак чулног (сензорног) неурона (нервне ћелије) која може бити побуђена (ексцитирана) неким стимулусом; такође и једна страна ћелијске мембране за коју се може везати нека посебна супстанца (нпр. хормон, антитело).

Ризом – Подземно, хоризонтално метаморфозирано стабло које служи за складиштење резервних материја и вегетативно размножавање.

РНК (рибонуклеинска киселина) – Нуклеинска киселина изграђена од једног ланца. Има више врста РНК молекула са различитим функцијама. У тексту, од интереса је информациона РНК (мРНК) која преноси генетске информације од ДНК молекула до протеинских „фабрика“ у ћелији, где служи као директан шаблон за стварање протеина.

С

Самоопрашивање – Вид опрашивања када полен са прашника пада на жиг тучка истог цвета, омогућавајући пољно размножавање без учешћа друге биљке.

Секундарни меристем – Творно биљно ткиво које настаје ремеристемизацијом диференцираних ћелија и чијом деобном активношћу корен и стабло секундарно задебљавају.

Семе – Генеративни орган биљке који садржи ембрион, хранљиве резервне материје и семеначу; служи за размножавање и опстанак врсте.

Синапса – Веза између два неурона (нервне ћелије) или између неурона и ефектора.

Синтетичка биологија – Дисциплина која дизајнира нове биолошке системе и функције, не само мењајући постојеће гене.

Ситасте цеви – Живе флоемске ћелије специјализоване за спровођење органских материја кроз биљку.

Склеренхим – Тип мртвог биљног ткива са снажно задебљалим ћелијским зидовима које даје чврстину и механичку потпору биљци.

Сложен плод – Плод који се развија након оплођења више плодника једног цвета или више цветова и садржи више семена.

Сочни лист – Тип листа са дебелим лиском која служи за складиштење воде, типичан за сукуленте и биљке прилагођене сувој средини.

Сочни плод – Тип плода са меснатим сочним ткивом око семена што олакшава његово ширење и конзумацију.

Стабло – Вегетативни орган који служи као потпора биљци, за спровођење воде, минералних и органских материја, носи листове, цветове и плодове.

Статија (чланак у новинама/текст) – Писмени текст који обрађује одређену тему, објављен у новинама, часопису, научном часопису или на интернету.

Столон – Хоризонталан, надземни метаморфозирани изданак који служи за вегетативно размножавање и стварање нових биљака на одређеном растојању.

Стома – Мали отвор у епидермису који се формира од две специјализоване ћелије затварачице које регулишу размену гасова и транспирацију.

Субјективност – Гледање, процењивање или тумачење нечега према личним осећањима, мишљењима и искуствима, а не према објективним чињеницама.

Суви плод – Тип плода са тврдом или сувом семеначом која се најчешће распуцава и отвара да би ослободила семе.

Сумирање – Кратко и јасно изношење најважнијих информација, односно сажимање и свођење суштине дужег текста, разговора или рада.

Сулфурасто ткиво (код биљака) – Део мезофила листа састављен од неправилних ћелија са великим међућелијским просторима што омогућава размену гасова и учествује у фотосинтези.

Сфинктер – Мишићни прстен који регулише величину отвора.

Т

Таламус – Регион мозга смештен у међумозгу (диенцефалон); главни преносни центар за чулне импулсе који путују до мождане коре.

Тетива – Врпца (жица, трака) од влакнастог (фиброзног) везивног ткива која спаја мишић са кошћу.

Ткиво – Група сличних ћелија које извршавају специјализовану функцију.

Тотипотентност – Способност једне биљне ћелије да регенирише целу биљку.

Трахеиди – Издужене тесне ксилемске ћелије са закошеним крајевима, са снажно задебљалим и одрвненим ћелијским зидовима, које поред спроводне, имају и механичку улогу.

Трахеје – Издужени вишећелијски ксилемски елементи (цеви) са снажно одрвненим и задебљалим ћелијским зидовима кроз које се разноси вода и растворене минералне материје.

Три – Тврд и оштар израштај који се формира као метаморфоза стабла или листа и служи за заштиту биљака од животиња.

Тромб – Мало парче згрушане крви у крвним судовима.

Т-ћелија – Лимфоцит активан у имунитету који сазрева у тимусу (грудној жлезди); директно уништава туђе ћелије; Т лимфоцит.

Ћ

Ћелија – Основна структурна и функционална јединица живих организама.

Ћелије пратилице (код биљака) – Специјализоване живе ћелије смештене уз ситасте цеви у флоему, које помажу и подржавају транспорт органских материја.

Ћелијска респирација (дисање) – Серија реакција којима се хранљиве материје оксидишу и ослобађају енергију у ћелији.

У

Унакрсно опрашивање – Вид опрашивања када полен са прашника једног цвета пада на жиг другог цвета, на истој или

другој биљци исте врсте, омогућавајући генетску разноврсност путем ксеногамије.

Уреа – Отпадни азотни производ који се излучује у урину; крајњи производ протеинског метаболизма.

Ф

Фагоцитоза – Прогутавање великих (крупних) честица преко ћелијске мембране.

Фактор – Елемент, узрок или услов који утиче на неки процес, појаву или резултат.

Ферментација – Биохемијски процес у ком микроорганизми разлажу органске материје (шећере) и стварају нова једињења (алкохол, млечна киселина).

Фибрин – Протени у крви (крвни протеин) који формира угушке крв.

Физиологија – Наука која се бави изучавањем функција живих организама.

Филокладије – Метаморфозирани меснати стабла (изданци) листовног облика, служе за фотосинтезу и складиштење воде.

Филтрација – Кретање материје кроз полупропустљиву мембрану, под дејством механичке силе.

Флоем – Спроводно ткиво које преноси органске материје од листова ка другим деловима биљке.

Форензичка биологија – Примена биолошких метода за решавање криминалистичких и правних случајева.

Фракција – Део целине, односно нешто што је подељено на мање делове.

Х

Хемоглобин (Hb) – Протеин који садржи гвожђе и налази се у еритроцитима, који транспортују (преносе) кисеоник.

Хемостаза – Заустављање (прекид) крварења.

Хепатитис – Запаљење јетре.

Хербаријум – Збирка сувих, пресованих и заштићених биљних примерака која служи за истраживање, идентификацију и колекционирање биљних врста.

Хермафродитан цвет – Генеративни орган који садржи и мушке (прашник) и женске (плодник) репродуктивне органе и служи за самооплођење, односно полно размножавање.

Хигрофити – Биљке прилагођене животу у веома влажној средини са адаптацијама за раст и развој на влажном земљишту и ваздуху.

Хидрофити – Биљке прилагођене животу у води или веома влажној средини са посебним адаптацијама за пливање, размену гасова и фотосинтезу.

Хипертоничан – Опис за раствор који је концентрисанији од течности у ћелијама.

Хипоталамус – Део међумозга који контролише хипофизу и одржава хомеостазу.

Хипотоничан – Ознака за раствор са мањом концентрацијом од оне у течности у ћелији.

Хлоропласти – Ћелијске органеле карактеристичне за биљне еукариотске ћелије у којима се налази хлорофил.

Хомеостаза – Стање телесне равнотеже; одржавање телесног стања у регуларним (одређеним) границама.

Хормон – Секрет неке ендокрине жлезде; хемијски гласник са специфичним регулаторним ефектима на одређене (извесне) друге ћелије.

Хормони (рекомбинантни) – Биолошки молекули добијени са генетски модификованим микроорганизмима (инсулин, хормон раста).

Хумано – Људски, милосрдно и са поштовањем поступање, посебно у односу према другим људима или живим бићима.

Ц

Цваст – Скуп више појединачних цветова на заједничкој цветној дршци, развијају се на истом стаблу или граници и формирају једну целину.

Цвет – Генеративни орган биљке који служи за полно размножавање, стварање плода и семена.

Циљно ткиво – Ткиво способно да да одговор на дејство специфичног хормона.

Ч

Чашични листићи – Зелени, спољашњи листићи који штите цветни пупољак пре отварања и представљају први цветни круг на чашици.

КОРИШЋЕНА ЛИТЕРАТУРА

- 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, Џиџ 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.

