

Зоран Ханџиски; Ели Ханџиска; Ана Марија Тасева Василева;
Стефан Коцев

Универзитет „Гоце Делчев” - Штип

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИЈА 2



Штип, 2025

Зоран Ханџиски; Ели Ханџиска; Ана Марија Тасева Василева;
Стефан Коцев

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИЈА 2

Автори:

Насловен проф. д-р Зоран Ханџиски
Насловен проф. д-р Ели Ханџиска
Асистент д-р Ана Марија Тасева Василева
Д-р Стефан Коцев

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИЈА 2

Рецензенти:

Насловен проф. д-р Милка Клиичева
Проф. д-р Мире Спасов

Лектор:

Ранко Младеновски

Уредник:

Проф. д-р Лилјана Колева Гудева

Техничко уредување:

Насловен проф. д-р Зоран Ханџиски
Насловен проф. д-р Ели Ханџиска
Асс д-р Ана Марија Тасева Василева
Д-р Стефан Коцев

Издавач:

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Објавено во е-библиотека:

<https://e-lib.ugd.edu.mk>

DOI: <https://www.doi.org/10.46763/9786082771038>

CIP - Каталогизација во публикација Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски",
Скопје

612(076)

ПРАКТИКУМ по физиологија 2 [Електронски извор] / Зоран Ханџиски ... [и др.]. - Текст во ПДФ формат,
содржи 132 стр., илустр. - Штип :
Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за медицински науки, 2025

Начин на пристапување (URL): <http://e-lib.ugd.edu.mk/1234>. - Наслов преземен од екранот. - Опис на
изворот на ден 17.04.2025 год. - Други
автори: Ели Ханџиска, Ана Марија Тасева, Стефан Коцев. - Библиографија:
стр. 131

ISBN 978-608-277-103-8

1. Ханџиски, Зоран [автор] 2. Ханџиска, Ели [автор] 3. Тасева, Ана Марија [автор] 4. Коцев, Стефан [автор]
а) Физиологија – Практикуми

COBISS.MK-ID 65748997

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП

ФАКУЛТЕТ ЗА МЕДИЦИНСКИ НАУКИ



Насловен проф. д-р Зоран Ханџиски
Насловен проф. д-р Ели Ханџиска
Асистент д-р Ана Марија Тасева Василева
Д-р Стефан Коцев

ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИОЛОГИЈА 2

Штип, 2025

ПРЕДГОВОР

Изработката на овој практикум е само природен резултат од претходно изработениот практикум по физиологија 1. Авторите се исти, идејата и мотивот се исти, потребата е иста, но сепак, многуте промени кои се случуваат и ќе се случуваат ќе допринесат да некои од нас веќе бидат на некои други места, со некои други борби и професионални предизвици. Со овој практикум, ние веќе нашето го исполниме и дадовме допринос во сегашната и идната едукација на нашите студенти.

Благодарам на Ели, Ана и Стефан, и им посакувам да продолжат и понатаму несебично и одговорно, со истиот професионален елан да творат во една од најубавите дисциплини во медицината, физиологијата. Често им говорев, дајте го вие вашиот максимум несебично и со многу љубов, сè друго ќе си дојде, оставајќи на судот кој времето неминовно го носи со себе.

Проф. д-р Зоран Ханциски

СОДРЖИНА

1. Физиологија на бубрези (прв дел)	9
1.1. Користење на лабораториски симулации (PhysioEx)	10
1.1.1. Ефектот на радиусот на артериолата врз гломеруларната филтрација	10
1.1.2. Влијанието на притисокот врз гломеруларната филтрација	15
1.1.3. Бубрежна реакција на изменет крвен притисок	18
1.1.4. Градиенти на растворени супстанции и нивното влијание врз концентрацијата на урината	21
1.1.5. Реапсорпција на глукоза преку протеини - носачи	25
1.1.6. Влијанието на хормоните врз создавањето на урина	28
1.2. Физиологија на бубрези (втор дел)	32
1.2.1. Испитување на урина	32
1.2.2. Физикален преглед на урина	33
1.2.3. Хемиска анализа на урината со помош на тест – ленти	34
1.2.4. Испитување на седимент на урина	35
1.2.5. Бубрежен клиренс	37
2. Ацидобазна рамнотежа во телото	39
2.1. Користење на лабораториски симулации во физиологијата (PhysioEx)	41
2.1.1. Хипервентиација	41
2.1.2. Rebreathing (повторно вдишување на издишаниот воздух)	44
2.1.3. Влијание на уринарниот систем врз ацидобазната рамнотежа	46
2.1.4. Влијание на респираторниот систем врз метаболната ацидоза и алкалоза	49
3. Гастроинтестинален систем	52
3.1. Проценка на дигестија на скроб со плунковна амилаза	53
3.2. Истражување на специфичноста на супстратот на амилазата	56
3.3. Проценка на варењето на протеини со пепсин	60
3.4. Проценка на дигестијата на мастите со липаза	62
4. Физиологија на ендокрин систем	66
4.1. Користење на лабораториски симулации (PhysioEx)	66
4.1.1. Метаболизам и тироидни хормони	66
4.1.2. Гликоза во плазма, инсулин и дијабетес мелитус	76
4.1.3. Терапија за замена на хормони (хормонска заменска терапија)	82
4.1.4. Мерење на кортизол и адренотропниот хормон	85
5. Физиологија на анализатори	90

5.1. Механорецептивни сетила	91
5.1.1. Вежби за изведување	94
5.2. Термички сензации – сетило за топло и ладно	97
5.2.1. Вежба за изведување.....	97
5.3. Сетило за вкус	98
5.3.1. Вежба за изведување.....	99
5.4. Сетило за мирис	100
5.4.1. Вежба за изведување.....	101
5.5. Сетило за вид	101
5.5.1. Испитување на видно поле (Периметрија)	104
5.5.2. Диоптриска способност на окото.....	105
5.5.3. Вежби за изведување	107
5.5.4. Сетило за вид – втор дел	110
5.5.4.1. Најблиска и најдалечна точка на јасен вид (акомодација на окото).....	110
5.5.4.2. Астигматизам.....	111
5.5.4.3. Гледање во боја.....	112
5.5.4.4. Набљудување на очното дно (офталмоскопија)	112
5.5.4.5. Вежби за изведување	114
5.6. Сетило за слух	118
5.6.1. Вежби за изведување	121
5.7. Сетило за рамнотежа (вестибуларен апарат)	124
5.7.1. Вестибулоокуларен рефлекс.....	126
5.7.2. Вестибулоспинални рефлекси	127
5.7.3. Вежби за изведување	128
ЛИТЕРАТУРА	131

1. Физиологија на бубрези (прв дел)

Бубрезите имаат повеќекратна улога во хомеостазата. Најпознатата нивна функција е ослободување на организмот од отпадните материи внесени или произведени со метаболизмот. Друга важна улога е контрола на волуменот и составот на телесните течности. За водата и речиси сите електролити во организмот, рамнотежата меѓу внесот (храната или производите на метаболизмот) и излезот (секрецијата или метаболната потрошувачка) во најголема мера се одржува преку бубрезите. Оваа функција на бубрезите ја одржува стабилна надворешната средина на клетките која е непоходна за извршување на разновидни функции (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Најважната функција која бубрезите ја извршуваат е филтрација на плазмата и отстранување на супстанциите од филтратите во различен степен, зависно од потребите на организмот. Бубрезите ги отстрануваат непосакуваните супстанции од филтратите, а според тоа и од крвта, така што ги излачуваат преку урината, додека супстанциите кои се потребни ги враќаат назад во крвта. Значи бубрезите имаат повеќекратни улоги:

- Излачување на отпадоците на метаболизмот и туѓите хемиски материи;
- Регулација на рамнотежата на водата и електролитите;
- Регулација на осмолалноста на телесните течности и концентрацијата на електролитите;
- Регулација на артерискиот притисок;
- Регулација на ацидо - базната рамнотежа;
- Секреција, метаболизам и излачување на хормоните;
- Гликонеогенеза.

Нефронот е функционална единица на бубрегот

Секој бубрег кај човекот содржи околу 1 милион нефрони, од кои секој создава урина. Секој нефрон содржи две главни компоненти: 1) гломерул (гломеруларни капилари), низ кој се филтрира голема количина течност од крвта и 2) долга тубула, во која филтрираната течност се претвора во урина на својот пат до бубрежната чашка.

Гломерулот се состои од мрежа на разгранети и анастомозни гломеруларни капилари, која во споредба со другите капиларни мрежи, има висок хидростатски притисок (60 mm Hg). Гломеруларните капилари се покриени со епителни клетки, а целиот гломерул е сместен во Бовмановата капсула. Течноста филтрирана од гломеруларните капилари тече во Бовмановата капсула, а потоа во проксималните тубули, кои лежат во кортексот на бубрегот. Од проксималните тубули, течноста тече во Хенлеовата петелка. Секоја петелка се состои од десцендентен и асцендентен крак. Сидовите на десцендентниот крак и долниот крај на асцендентниот се многу тенки и затоа се нарекуваат тенок сегмент на Хенлеовата петелка. Потоа течноста влегува во дисталната тубула, која слично на проксималната тубула, лежи во бубрежниот кортекс (Boron et al., 2016).

По неа следат спојувачка тубула и кортикална собирна тубула, која води до кортикален собирен канал. Почетните делови на 8 до 10 кортикални собирни каналчиња се здружуваат и формираат поединечен поголем собирен канал, кој се простира надолу во медулата и станува медуларен собирен канал (слика бр. 1) (Rhoades & Bell, 2017).

1.1. Користење на лабораториски симулации (PhysioEx)

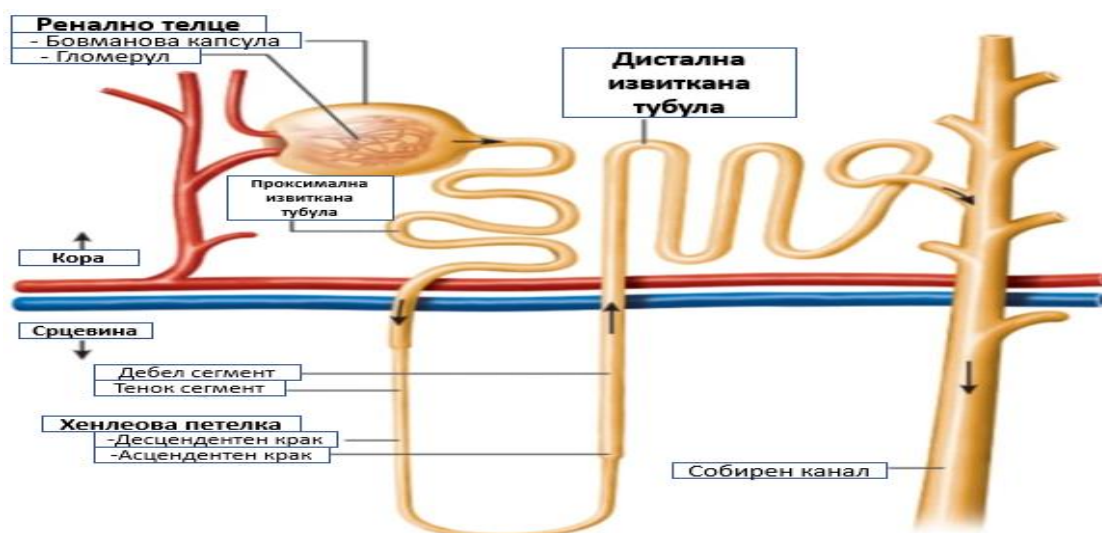
1.1.1. Ефектот на радиусот на артериолата врз гломеруларната филтрација

Цели на вежбата

- Да се разберат термините нефрон, гломерул, гломеруларни капилари, ренални или бубрежни тубули, филтрат, Бовманова капсула, ренално или бубрежно телце или корпускула, аферентна артериола, еферентна артериола, гломеруларен капиларен притисок и стапка на гломеруларна филтрација;
- Да се разбере како промените во радиусот на аферентната артериола влијаат врз гломеруларниот капиларен притисок и филтрација;
- Да се разбере како промените во радиусот на еферентната артериола влијаат врз гломеруларниот капиларен притисок и филтрација.

Вовед во вежбата

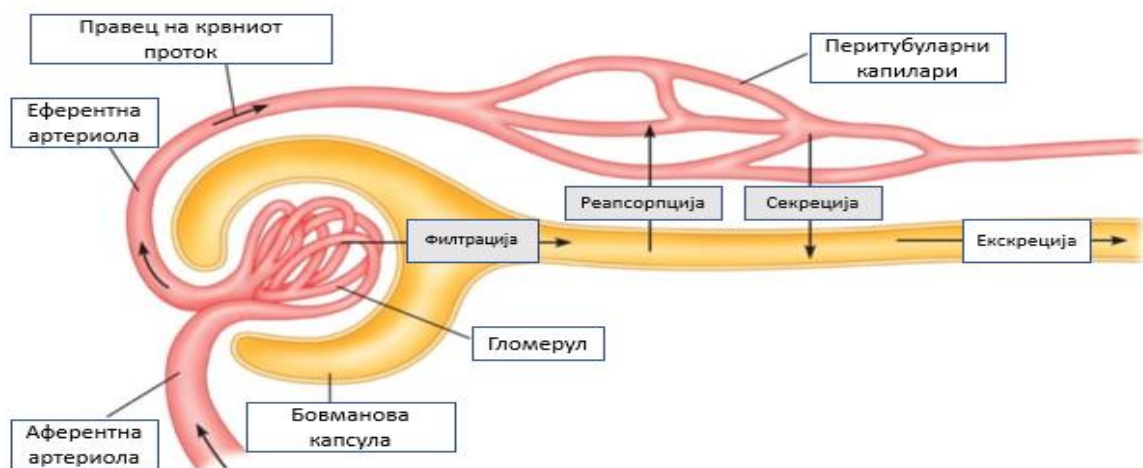
Секој еден нефрон (милион нефрони во секој бубрег) содржи два главни делови: (1) тубуларна компонента односно **бубрежни тубули**, (2) васкуларна компонента односно **ренално телце** (слика бр. 1). Гломерулот е завиткан капиларен јазол којшто ја филтрира течноста од крвта во луменот на бубрежниот тубул. Функцијата на бубрежниот тубул е да ја обработи филтрираната течност, која исто така се нарекува **филтрат**. Почетокот на бубрежниот тубул претставува зголемен крај наречен **Бовманова капсула** (гломеруларна капсула) којашто го обвива гломерулот и служи како инка за филтратот до остатокот од бубрежниот тубул. Заедно гломерулот и Бовмановата капсула се наречени бубрежно телце или корпускула.



Слика бр. 1. Мрежа од крвни садови и тубули кои се поврзани со бубрежно телце, кое се состои од гломерул сместен во внатрешноста на Бовманова капсула (Zao et al., 2020)

Две артериоли се поврзани со секој гломерул: **аферентна артериола** која го храни гломеруларното капиларно корито и **еферентна артериола** која го одводнува односно дренира. Овие артериоли се одговорни за протокот на крв низ гломерулот (Слика бр. 2). Дијаметарот на еферентната артериола е помал од дијаметарот на аферентната

артериола, ограничувајќи го на тој начин крвниот проток надвор од гломерулот. Следствено, притисокот во гломеруларните капилари ја “протерува” течноста низ ендотелот на капиларите во луменот на околната Бовманова капсула. Во суштина, сè во крвта, освен крвните клетки (црвени и бели) и плазма протеините, се филтрира низ гломеруларниот сид. Од Бовмановата капсула филтратот оди во остатокот од бубрежниот тубул за обработка. Функцијата на тубулот е да ги реапсорбира сите корисни супстанции од неговиот лумен и да овозможи отпадоците да се движат низ тубулот за да бидат елиминирани од организмот (Zao et al., 2020).



Слика бр. 2. Градба на бубрежното телце и сатовите кои се поврзани со него (Zao et al., 2020)

За време на гломеруларна филтрација, крвта влегува во гломерулот од аферентната артериола и плазма без протеини протекува од крвта низ сидовите на гломеруларните капилари во Бовмановата капсула. **Стапката на гломеруларната филтрација** е индекс за бубрежната функција. Кај луѓето, стапката на филтрација се движи од 80 – 140 ml/min, така што за 24 часа, 180 литри филтрат се произведува од гломерулите. Создадениот филтрат е лишен од клеточен отпадок, во суштина не содржи протеини и содржи концентрација на соли и органски молекули слично како во крвта.

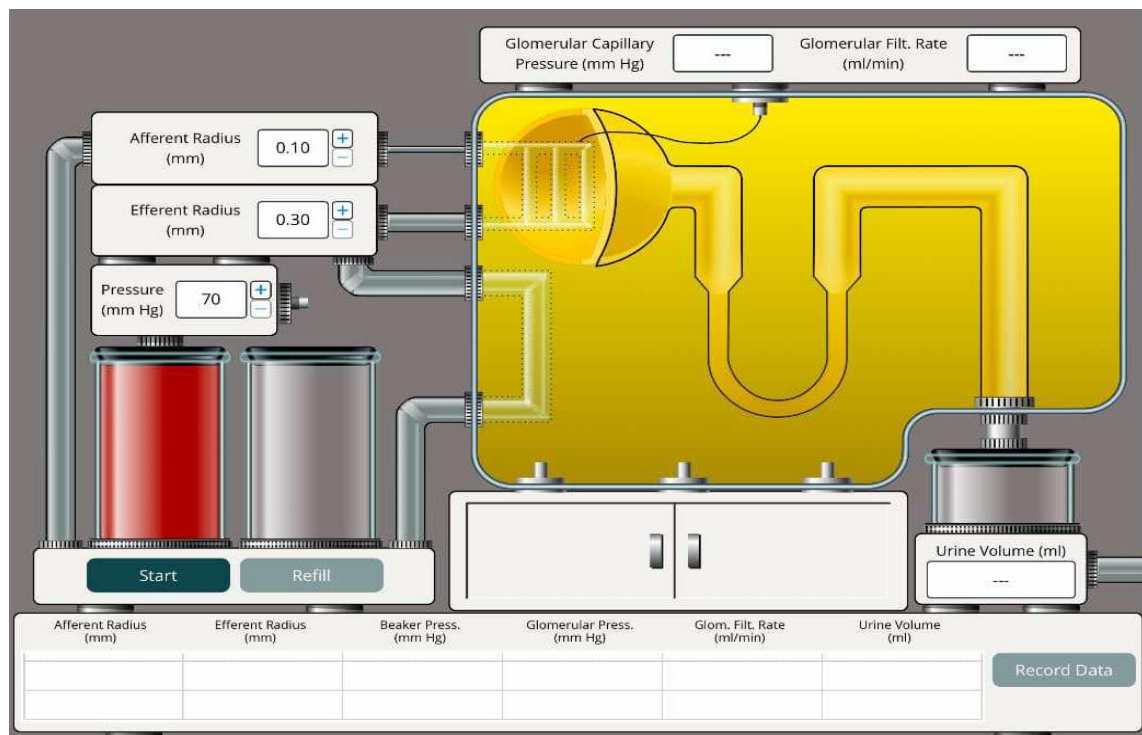
Стапката на гломеруларната филтрација може да биде изменета со промена на артериолната резистенција или артериолниот хидростатски притисок. Во оваа вежба ќе го испитувате влијанието на радиусот на артериолата врз гломеруларниот капиларен притисок и филтрација во единечен нефрон. Можете да ги примените концептите кои ги учите со студирањето на единечен нефрон за да ја разберете функцијата на бубрег во целост (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Изворен сад (сад како што беше употребуван во првите симулации од физиологија 1, односно цилиндричен стаклен сад за лабораториска употреба) за крв, тоа е првиот сад на левата страна од екранот - симулира крвен проток и притисок (mm Hg) од општата циркулација до нефронот;
- Одводен сад (цилиндричен стаклен сад за лабораториска употреба), тоа е вториот сад на левата страна на екранот - ја симулира реналната вена;
- Проточна цевка со радиус кој може да се прилагодува односно регулира - ја симулира аферентната артериола и го поврзува снабдувањето со крв со гломеруларните капилари;

- Втора проточна цевка со радиус кој може да се прилагодува односно регулира - ја симулира еферентната артериола и ги одводнува или дренира гломеруларните капилари во перитубуларните капилари, кои на крајот се одводнуваат, дренираат или исцедуваат во реналната вена (одводниот сад во случајот);
- Симулиран нефрон (филтратот се создава во Бовмановата капсула, протекува низ бубрежниот тубул - тубуларните компоненти и се празни во собирниот канал, кој потоа се одводнува во мочниот меур);
- Нефронски резервоар;
- Гломерул - "топка" од капилари која формира дел од филтрационата мембрана;
- Гломеруларна (Бовманова) капсула - создава дел од филтрационата мембрана и капсуларен простор каде што филтратот на почетокот се создава;
- Проксимален извиткан тубул;
- Хенлеова петелка;
- Дистален извиткан тубул;
- Собирен канал;
- Одводен сад за филтрат (садот на десната страна од екранот) - го симулира мочниот меур.

Експеримент бр. 1



Слика бр. 3. Ефект на радиусот на артериолата врз гломеруларната филтрација (Zao et al., 2020)

1. Забележете ги стандардните вредности за аферентниот радиус, еферентниот радиус и притисокот. Променете ги овие вредности за да бидат: 0.50 mm аферентен радиус, 0.45 mm еферентен радиус и 90 mm Hg притисок. Низ оваа вежба држете ги овие вредности константни, освен ако нема инструкција да променете специфична варијабла.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација.

Како што крвта протекува од изворниот сад низ бубрежното телце, филтратот минува низ бубрежниот тубул, потоа во собирниот канал, а потоа во мочниот меур;

2. Приказот на гломеруларниот капиларен притисок го покажува хидростатскиот крвен притисок во гломеруларните капилари кој придонесува за филтрација, а приказот на

стапка на филтрација ја покажува стапката на проток на течноста која се движи од луменот на гломеруларните капилари во луменот на Бовмановата капсула.

Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

3. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

4. Намалете го радиусот на аферентната артериола до 0.45 mm со кликање на - копчето покрај приказот на аферентниот радиус.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

5. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

6. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

7. Сега ќе го следите ефектот на постепени намалувања во радиусот на аферентната артериола:

- Намалете го радиусот на аферентната артериола за 0.05 mm со кликање на - копчето покрај приказот на аферентниот радиус;
- Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;
- Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;
- Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид.

Повторувајте го овој чекор сè додека не достигнете радиус на аферентната артериола од 0.35 mm;

Понатаму чекорите се повторуваат со тоа што го менувате само радиусот на артериолите по дадени инструкции.

Резултати

Табела 1. Ефекти на промени на радиусот на аферентната и еферентната артериола (Автори)

Радиус на аферентна артериола (mm)	Радиус на еферентна артериола (mm)	Гломеруларен капиларен притисок (mm Hg)	Стапка на гломеруларна филтрација (ml/min)

Лабораториски квиз

1. Ако го зголемите радиусот на аферентната артериола, а ги задржите сите други варијабли константни, стапката на гломеруларна филтрација би:

- а. Се зголемила
- б. Се намалила
- в. Останала иста

2. Ако го намалите радиусот на еферентната артериола, а ги задржите сите други варијабли константни, волуменот на урина што протекува во мочниот меур би:

- а. Се зголемил

б. Се намалил

в. Останал ист

3. Ако го зголемите радиусот на еферентната артериола, а ги задржите сите други варијабли константни, стапката на гломеруларна филтрација би:

а. Се зголемила

б. Се намалила

в. Останала иста

4. Ако го намалите радиусот на аферентната артериола, а ги задржите сите други варијабли константни, волуменот на урина што протекува во мочниот меур би:

а. Се зголемил

б. Се намалил

в. Останал ист

Дискусија

1. Кои се двете примарни функции на бубрезите?

2. Кои се составните делови на бубрежното телце?

3. Почнувајќи од бубрежното телце, набројте ги деловите на бубрежната тубула по ред.

4. Опишете го влијанието на намалување на радиусот на аферентната артериола врз гломеруларниот капиларен притисок и стапката на филтрација.

5. Опишете го влијанието на зголемување на радиусот на аферентната артериола врз гломеруларниот капиларен притисок и стапката на филтрација.

6. Опишете го влијанието на намалување на радиусот на еферентната артериола врз гломеруларниот капиларен притисок и стапката на филтрација.

7. Опишете го влијанието на зголемување на радиусот на еферентната артериола врз гломеруларниот капиларен притисок и стапката на филтрација.

1.1.2. Влијанието на притисокот врз гломеруларната филтрација

Цели на вежбата

- Да се разберат термините гломерул, гломеруларни капилари, ренални или бубрежни тубули, филтрат, Старлингови сили, Бовманова капсула, ренално или бубрежно телце или корпускула, аферентна артериола, еферентна артериола, гломеруларен капиларен притисок и стапка на гломеруларна филтрација;
- Да се разбере како промените во гломеруларниот капиларен притисок влијаат врз стапката на гломеруларна филтрација;
- Да се разбере како промените во притисокот на бубрежните тубули влијаат врз стапката на гломеруларна филтрација;

Вовед во вежбата

Клеточниот метаболизам произведува комплексна комбинација на отпадни продукти коишто мора да се елиминираат од организмот. Оваа екскреторна функција ја извршуваат повеќе органи, но најважни во тој дел се бубрезите. Секој бубрег се состои од околу 1 милион нефрони, коишто извршуваат три клучни процеси: (1) гломеруларна филтрација, (2) тубуларна реапсорпција и (3) тубуларна секреција.

Крвниот притисок во **гломеруларните капилари** и притисокот на филтратот во бубрежните тубули имаат многу значајно влијание на **стапката на гломеруларна филтрација**. За време на гломеруларната филтрација, крвта навлегува во гломерулот од **аферентната артериола**. **Старлинговите сили** (градиенти на хидростатски и осмотски притисок) ја движат течноста без протеини помеѓу крвта во гломеруларните капилари и филтратот во **Бовмановата капсула**. Стапката на гломеруларната филтрација е индекс за бубрежната функција. Кај луѓето, стапката на филтрација се движи од 80 – 140 ml/min, така што за 24 часа, 180 литри филтрат се произведува од гломерулите. Создадениот филтрат во суштина не содржи протеини и содржи концентрација на соли и органски молекули слично како во крвта.

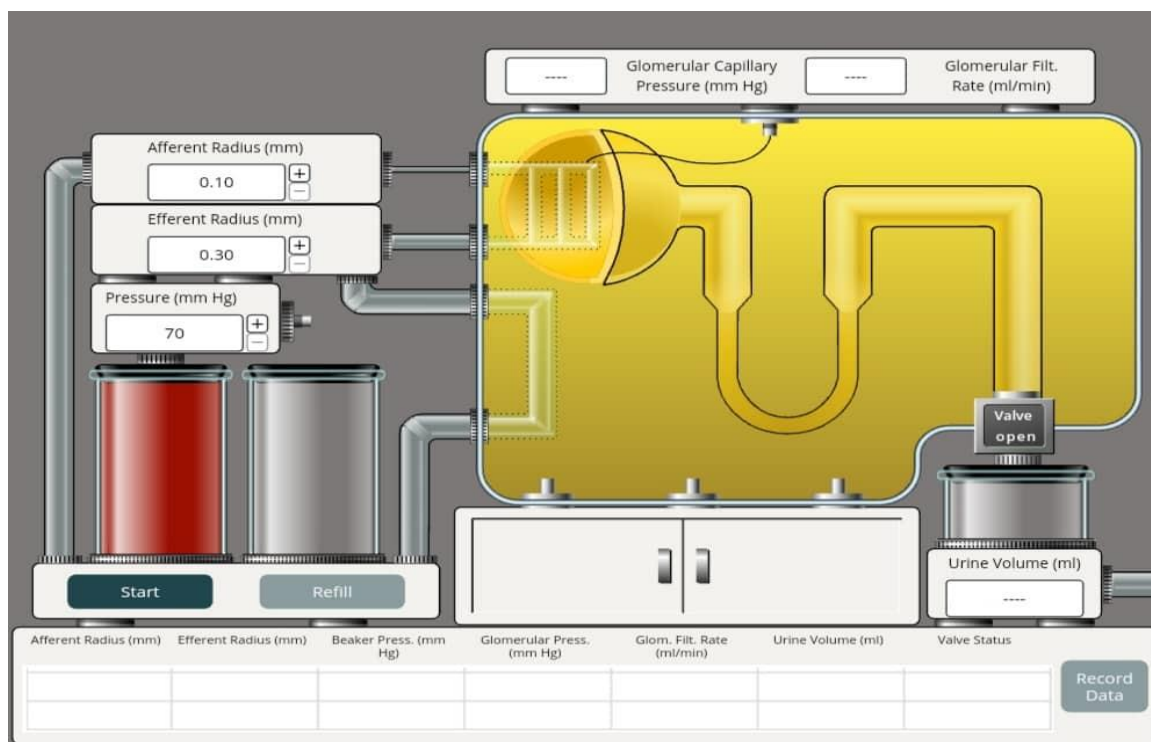
Околу 20% од крвта кога влегува во гломеруларните капилари се филтрира во Бовмановата капсула, каде што потоа се нарекува филтрат. Необично високиот хидростатски крвен притисок во гломеруларните капилари придонесува за оваа филтрација. Од тука, стапката на гломеруларната филтрација може да биде изменета со менување на резистенцијата на аферентната артериола (а со тоа и хидростатскиот притисок) (Zao et al., 2020). Во оваа вежба ќе го испитувате влијанието на крвниот притисок врз стапката на гломеруларната филтрација во единечен нефрон.

Потребни материјали за изведување на експериментот

Материјалите потребни за изведување на вториот експеримент се истите како и во првиот експеримент, со единствена разлика за материјал кој е потребен во вториот, а не е потребен во првиот експеримент:

- Еднонасочен вентил помеѓу крајот на собирниот канал и мочниот меур - се употребува за да го ограничи протокот на филтрат во мочниот меур, а со тоа се зголемува волуменот и притисокот во бубрежните тубули.

Експеримент бр. 2



Слика бр. 4. Влијание на притисокот врз гломеруларната филтрација (Zao et al., 2020)

1. Забележете ги стандардните вредности за аферентниот радиус, еферентниот радиус и притисокот. Променете ги овие вредности за да бидат: 0.50 mm аферентен радиус, 0.45 mm еферентен радиус и 70 mm Hg притисок. Низ оваа вежба држете ги овие вредности константни освен ако нема инструкција да променете специфична варијабла. Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација.

Како што крвта протекува од изворниот сад низ бубрежното телце, филтратот минува низ бубрежниот тубул, потоа во собирниот канал, а потоа во мочниот меур;

2. Приказот на гломеруларниот капиларен притисок го покажува хидростатскиот крвен притисок во гломеруларните капилари кој придонесува за филтрација, а приказот на стапка на филтрација ја покажува стапката на проток на течноста која се движи од луменот на гломеруларните капилари во луменот на Бовмановата капсула.

Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

3. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

4. Зголемете го крвниот притисок 80 mm Hg со кликање на + копчето покрај приказот на притисокот.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

5. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

6. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

7. Сега ќе го следите ефектот на дополнителни постепени зголемувања во крвниот притисок:

- Зголемете го крвниот притисок за 10 mm Hg со кликање на + копчето покрај приказот на притисокот;
- Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

- Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;
- Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид.

Повторувајте го овој чекор сè додека не достигнете крвен притисок од 100 mm Hg;

8. Забележете дека вентилот помеѓу собирниот канал и мочниот меур е отворен. Намалете го крвниот притисок до 70 mm Hg со кликање на - копчето покрај приказот на притисок.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

9. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

10. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

11. Кликнете на вентилот помеѓу собирниот канал и мочниот меур за да го затворите.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

12. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата.

Понатаму чекорите се повторуваат со тоа што во дадени ситуации треба да се менуваат крвниот притисок и состојбата на вентилот.

Резултати

Табела 2. Влијание на притисокот врз гломеруларната филтрација (Автори)

Крвен притисок (mm Hg)	Вентил (отворен или затворен)	Гломеруларен капиларен притисок (mm Hg)	Стапка на гломеруларна филтрација (ml/min)	Волумен на урина (ml)

Лабораториски квиз

1. Кај луѓето стапката на гломеруларна филтрација нормално се движи од:

- 20 - 50 ml/min
- 80 - 140 ml/min
- 100 - 200 ml/min
- 125 - 175 ml/min

2. Што од наведеното нема значајно влијание врз стапката на гломеруларна филтрација?

- а. Крвниот притисок во гломеруларните капилари*
- б. Притисокот на филтратот во бубрежните тубули*
- в. Проодноста на собирниот канал*
- г. Должината на бубрежните тубули*
- 3. Во отсуство на регулаторни механизми, што мислите дека ќе се случи со стапката на гломеруларна филтрација на личност која доживува пораст во крвниот притисок?
 - а. Стапката на гломеруларна филтрација би можела да порасне*
 - б. Стапката на гломеруларна филтрација би можела да падне*
 - в. Стапката на гломеруларна филтрација би останала иста*
- 4. Што мислите дека ќе се случи со стапката на гломеруларна филтрација на личност која доживува масивно крварење?
 - а. Стапката на гломеруларна филтрација би пораснала*
 - б. Стапката на гломеруларна филтрација би паднала*
 - в. Стапката на гломеруларна филтрација би останала на иста вредност*

Дискусија

1. Со порастот на крвниот притисок, што се случи со гломеруларниот капиларен притисок и гломеруларната стапка на филтрација?
2. Споредете го волуменот на урината од почетните вредности со волуменот на урината откако го зголемивте крвниот притисок.
3. Како би можела промената во волуменот на урината со зголемувањето на крвниот притисок да се сфати како корисна за телото?
4. Кога еднонасочниот вентил помеѓу собирниот канал и мочниот меур беше затворен, што се случи со притисокот на филтратот во Бовмановата капсула (ова не е директно измерено во експериментот) и стапката на гломеруларна филтрација?
5. Како зголемувањето на крвниот притисок ги измени резултатите кога вентилот беше затворен?

1.1.3. Бубрежна реакција на изменет крвен притисок

Цели на вежбата

- Да се разберат термините нефрон, бубрежен тубул, филтрат, Бовманова капсула, крвен притисок, аферентна артериола, еферентна артериола, гломерул, стапка на гломеруларна филтрација и гломеруларен капиларен притисок;
- Да се разбере како крвниот притисок влијае врз гломеруларниот капиларен притисок и врз гломеруларната филтрација;
- Да се разгледа што е поефикасно: промени во радиусот на аферентната или еферентната артериола кога настануваат промени во крвниот притисок.

Вовед во вежбата

Кај луѓето околу 180 литри на филтрат протекува во **бубрежните тубули** секој ден. Како што видовме во експериментот број 2, **крвниот притисок** кој го снабдува **нефронот** може да има суштинско влијание врз **гломеруларниот капиларен притисок** и **гломеруларната филтрација**. Без разлика на тоа, во најголем дел од случаевите, гломеруларниот капиларен притисок и гломеруларната филтрација остануваат релативно константни и покрај промените во крвниот притисок бидејќи нефронот има капацитет да го менува радиусот на својата **аферентна** и **еферентна артериола**. За време на гломеруларна филтрација, крвта навлегува во гломерулот од аферентната артериола. Старлинговите сили (примарно градиенти на хидростатски притисок) ја “протеруваат” течноста ослободена од протеини надвор од гломеруларните капилари

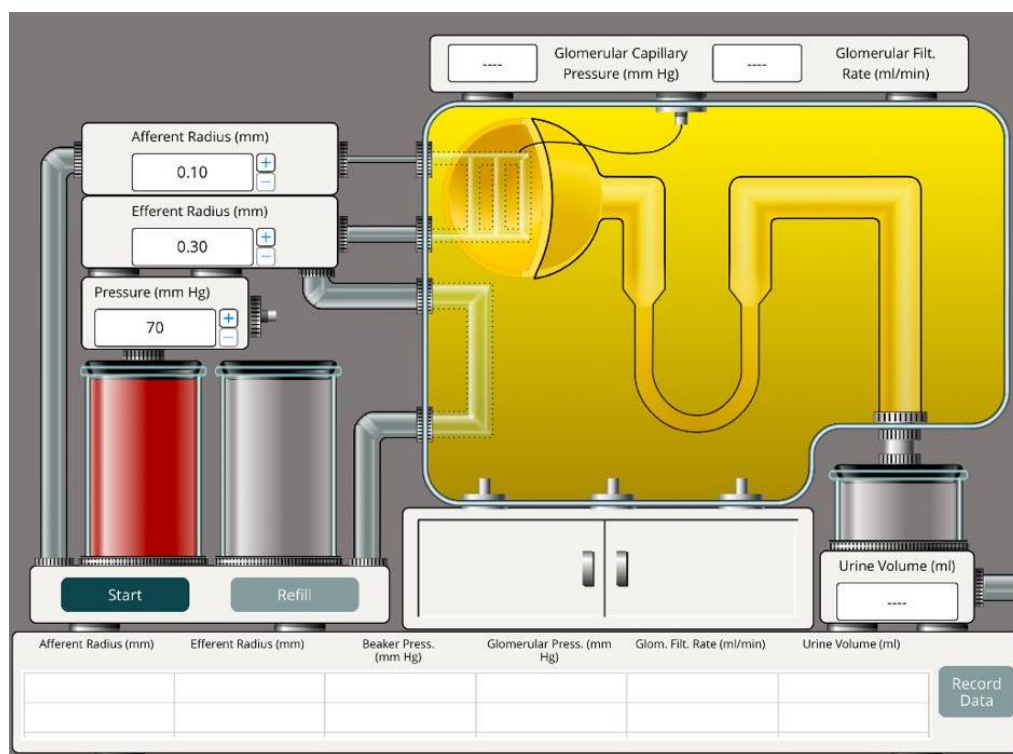
во **Бовмановата капсула**. Клучно за хомеостазата на нашиот организам е да се одржува релативно константна стапка на гломеруларна филтрација од 125 ml/min и покрај широкиот опсег на крвни притисоци кои се случуваат во текот на денот кај просечен човек.

Експериментите број 1 и 2 ги истражуваа независните влијанија на радиусите на артериолите и крвниот притисок врз гломеруларниот капиларен притисок и гломеруларната филтрација. Во човековото тело, овие ефекти се случуваат истовремено. Затоа, во оваа вежба вие ќе ги менувате и двете варијабли за да го испитате нивниот комбиниран ефект врз гломеруларната филтрација и ќе набљудувате како промените во една варијабла можат да компензираат за промените во другата за да одржат соодветна стапка на гломеруларна филтрација (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

Потребните материјали за изведување на овој експеримент се исти како во експериментот број 1.

Експеримент бр. 3



Слика бр. 5. Бубрежна реакција на изменет крвен притисок (Zao et al., 2020)

1. Забележете ги стандардните вредности за аферентниот радиус, еферентниот радиус и притисокот. Променете ги овие вредности за да бидат: 0.50 mm аферентен радиус, 0.45 mm еферентен радиус и 90 mm Hg притисок. Низ оваа вежба држете ги овие вредности константни освен ако нема инструкција да промените специфична варијабла. Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација.

Како што крвта протекува од изворниот сад низ бубрежното телце, филтратот минува низ бубрежниот тубул, потоа во собирниот канал, а потоа во мочниот меур;

2. Приказот на гломеруларниот капиларен притисок го покажува хидростатскиот крвен притисок во гломеруларните капилари кој придонесува за филтрација, а приказот на

стапка на филтрација ја покажува стапката на проток на течноста која се движи од луменот на гломеруларните капилари во луменот на Бовмановата капсула. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

3. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

4. Сега ќе проследите како нефронот може да работи за да ја одржи стапката на гломеруларна филтрација релативно константна и покрај големиот пад на крвниот притисок.

Намалете го крвниот притисок до 70 mm Hg со кликање на - копчето покрај приказот на притисокот.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

5. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата;

6. Изберете **Refill** (наполни повторно) за повторно да го наполните изворниот сад и да го припремите нефронот за следниот обид;

7. Зголемете го радиусот на аферентната артериола до 0.60 mm со кликање на + копчето покрај приказот на аферентниот радиус.

Изберете **Start** (започни) за да започнете гломеруларна филтрација;

8. Забележете ги приказите на гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларната филтрација и изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ви се прикажат резултатите во табелата.

Понатаму чекорите се повторуваат, само во дадени чекори по инструкциите се менува радиусот на артериолите.

Резултати

Табела 3. Компензаторни механизми на бубрезите на промените на крвниот притисок (Автори)

Радиус на аферентна артериола (mm)	Радиус на еферентна артериола (mm)	Крвен притисок (mm Hg)	Гломеруларен капиларен притисок (mm Hg)	Стапка на гломеруларна филтрација (ml/min)

Лабораториски квиз

1. Ако другите варијабли се одржуваат константни, кога крвниот притисок паѓа, гломеруларната филтрација:

- Се зголемува
- Останува речиси иста
- Се намалува

2. Ако радиусот на еферентната артериола се намали поради пад на крвниот притисок, тогаш гломеруларната филтрација:

- Се зголемува
- Останува речиси иста
- Се намалува

3. Ако другите варијабли се одржуваат константни, кога радиусот на еферентната артериола се намалува, гломеруларната филтрација:

а. Се зголемува

б. Останува речиси иста

в. Се намалува

4. Со одржување на крвен притисок на константна вредност, која од следните комбинации ќе ја зголеми стапката на гломеруларна филтрација над основните вредности?

а. Констрикција на аферентна артериола и дилатација на еферентна артериола

б. Дилатација на аферентна артериола и констрикција на еферентна артериола

в. Констрикција на аферентна артериола и констрикција на еферентна артериола

г. Дилатација на аферентна артериола и дилатација на еферентна артериола

Дискусија

1. Наведете неколку механизми за кои истраживте дека ја менуваат стапката на гломеруларна филтрација. Како секој од механизмите специфично ја менува стапката на гломеруларна филтрација?

2. Опишете и објаснете што се случи со гломеруларниот капиларен притисок и стапката на гломеруларна филтрација кога извршивте измени на радиусот и на двете артериоли истовремено во состојба на низок крвен притисок.

3. Како можете да го прилагодувате радиусот на аферентната и еферентната артериола како компензација за влијанието на редуцираниот крвен притисок врз стапката на гломеруларна филтрација?

4. Промената на радиусот на која артериола беше поефикасно како компензација за влијанието на нискиот крвен притисок врз стапката на гломеруларна филтрација? Образложете зошто мислите дека оваа разлика се случува.

5. Како во организмот нефронот одржува речиси константна стапка на гломеруларна филтрација и покрај постојаните промени на крвниот притисок?

1.1.4. Градиенти на растворени супстанции и нивното влијание врз концентрацијата на урината

Цели на вежбата

- Да се разберат термините антидиуретичен хормон (ADH), реапсорпција, Хенлеова петелка, собирен канал, лумен на тубул, меѓупросторен (интерстицијален) простор и перитубуларни капилари;
- Да се објасни процесот на реапсорпција на вода во специфични области од нефронот;
- Да се разбере улогата на ADH во реапсорпција на вода од страна на нефронот;
- Да се опише како бубрезите можат да произведат урина која е четири пати поконцентрирана од крвта.

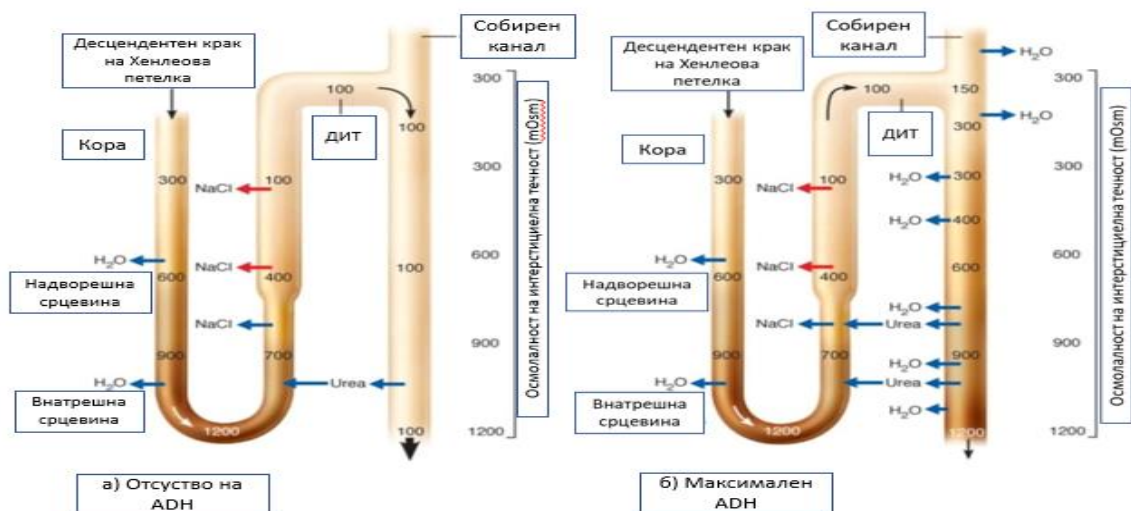
Вовед во вежбата

Како што филтратот се движи низ тубулите на нефронот, растворените супстанции и водата се движат од **луменот на тубулите во интерстицијалните простори** на нефронот. Ова движење на растворени супстанции и вода се потпира на вкупниот градиент на концентрација на растворени материи во интерстицијалните простори околу луменот на тубулот. Интерстицијалната течност е составена најмногу од NaCl (натриум хлорид) и уреа. Кога нефронот е пермеабилан за растворени супстанции или

вода, ќе се постигне еквilibrium помеѓу интерстицијалната течност и содржината на тубуларната течност.

Антидиуретичниот хормон (ADH) ја зголемува пропустливоста за вода на **собирниот канал**, допуштајќи водата да протекува до области со повисока концентрација на растворени супстанции, од луменот на тубулот во околните интерстицијални простори (слика бр. 6). **Реапсорпција** е движење на филтрираните растворени супстанции и вода од луменот на бубрежните тубули назад во плазмата. Реапсорбираните растворени супстанции и вода кои се движат во интерстициелниот простор треба да бидат вратени назад во крвта, во спротивно бубрезите брзо ќе станат едематозни. Перитубуларните капилари околу бубрежниот тубул ги враќаат назад реапсорбираните супстанции во општата циркулација. Перитубуларните капилари произлегуваат од еферентната артериола која излегува од гломерулот, се празнат во бубрежните вени и го напуштаат бубрегот.

Без реапсорпција, ние би ги екскретирале растворените супстанции и водата кои му се потребни на нашиот организам за да ја одржат хомеостазата. Во оваа вежба вие ќе го испитувате процесот на пасивна реапсорпција што се случува додека филтратот се движи низ нефронот и се формира урина (Zao et al., 2020). При завршувањето со оваа вежба, претпоставете дека при присуство на ADH, условите го фаворизираат создавањето на што е можно поконцентрирана урина.

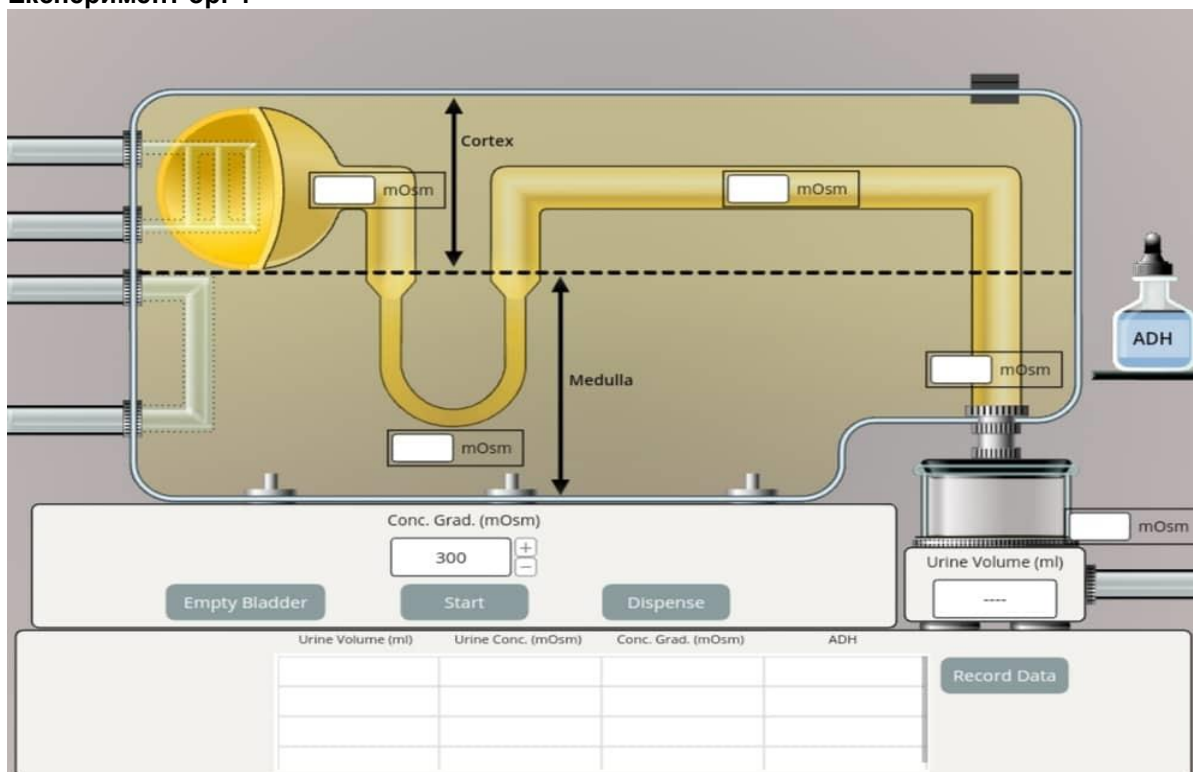


Слика бр. 6. Осмоалност на раствор во луменот на структура која се состои од Хенлеова петелка, дистална извиткана тубула и собирен канал во две ситуации: кога нема присуство на ADH и кога истиот е на максимум (Zao et al., 2020)

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Симулиран нефрон опкружен од интерстицијален простор помеѓу нефронот и перитубуларни капилари (реапсорбирани растворени супстанции, како што е глукоза, ќе се движат од луменот на тубулот во интерстицијалниот простор, а потоа во перитубуларните капилари кои се разгрануваат од еферентната артериола.);
- Одводен сад за филтрат - го симулира мочниот меур;
- Антидиуретичен хормон (ADH)

Експеримент бр. 4



Слика бр. 7. Влијание на градиентот на растворени супстанции врз концентрацијата на урината (Zao et al., 2020)

1. Повлечето го капачето за капнување капка од шишенцето со ADH до сивиот „капак“ над десната страна од нефронскиот резервоар за да го распределите ADH на собирарниот канал;
2. Изберете **Dispense** (дистрибуирај) под приказот на градиентот на концентрацијата за да се прилагоди максималната вкупна концентрација на растворени супстанции во интерстицијалната течност до 300 mOsm (милиосмоли). Бидејќи концентрацијата на растворените супстанции во крвта е исто така 300 mOsm, не постои осмотска разлика помеѓу луменот на тубулот и опкружувачката интерстицијална течност;
3. Изберете **Start** (започни) за да започне филтрација.
Филтратот ќе протече низ нефронот, растворените супстанции и водата ќе се движат надвор од тубулите во интерстицијалниот простор. Течноста исто така ќе се движи назад во перитубуларните капилари и на тој начин се заокружува процесот на реапсорпција;
4. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;
5. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;
6. Зголемете ја максималната концентрација на растворените супстанции во интерстицијалниот простор до 600 mOsm со кликање на + копчето покрај приказот на градиентот на концентрација.
Изберете **Dispense** (дистрибуирај) за да се прилагоди максималната вкупна концентрација на растворени супстанции во интерстицијалната течност;
7. Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација;
8. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;
9. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;

10. Сега ќе го следите ефектот на постепени зголемувања во максималната вкупна концентрација на растворените материји во интерстицијалната течност:

- Зголемете ја максималната концентрација на растворените супстанции во интерстицијалниот простор за 300 mOsm со кликање на + копчето покрај приказот на градиентот на концентрација;
- Изберете **Dispense** (дистрибуирај) за да се прилагоди максималната вкупна концентрација на растворени супстанции во интерстицијалната течност;
- Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација;
- Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;
- Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид.

Повторувајте го овој чекор сè додека не завршите со максимална вкупна концентрација на растворени супстанции во интерстицијалната течност од 1200 mOsm.

Резултати

Табела 4. Градиенти на концентрација и ефекти од истите врз концентрацијата на урина (Автори)

Волумен на урина (ml)	Концентрација на урина (mOsm)	Градиент на концентрација (mOsm)

Лабораториски квиз

1. Во кој од следните делови осмоларноста на тубуларната течност ќе биде секогаш најголема?

- Проксимална извиткана тубула
- Дното на Хенлеовата петелка
- Почетокот на дисталната извиткана тубула
- Врвот на Хенлеовата петелка

2. Во кој од следните делови волуменот на тубуларната течност ќе биде секогаш најголем?

- Проксимална извиткана тубула
- Дното на Хенлеовата петелка
- Почетокот на дисталната извиткана тубула
- Врвот на Хенлеовата петелка

3. Каде ADH директно го менува волуменот на урината?

- Во Бовмановата капсула
- Во мочниот меур
- Во Хенлеовата петелка
- Во собирниот канал

Дискусија

1. Што се случи со концентрацијата на урина кога концентрацијата на растворени материји во интерстицијалниот простор беше зголемена?

2. Што се случи со волуменот на урина кога концентрацијата на растворени материи во интерстицијалниот простор беше зголемена?
3. Што мислите дека ќе се случеше со волуменот на урина доколку не додадевите ADH во собирниот канал?
4. Дали е најголемиот дел од тубуларниот филтрат реапсорбиран во телото или е екскретиран во урината? Образложете.
5. Дали може реапсорпцијата на растворени супстанции да влијае врз реапсорпција на вода од тубуларната течност? Образложете.

1.1.5. Реапсорпција на глюкоза преку протеини - носачи

Цели на вежбата

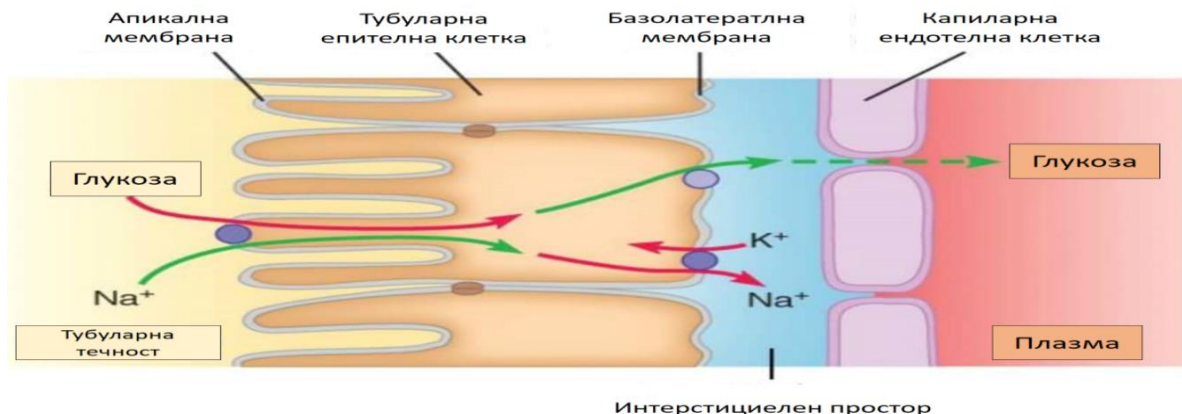
- Да се разберат термините реапсорпција, протеини-носачи, апикална мембрана, секундарен активен транспорт, олеснета дифузија и базолатерална мембрана;
- Да се разбере улогата која глюкозните протеини-носачи ја имаат во отстранувањето на глюкозата од филтратот;
- Да се разбере концептот на транспортниот максимум на носачот на глюкоза и зошто глюкозата нормално не е присутна во урината.

Вовед во вежбата

Реапсорпција е движењето на филтрираните растворени супстанции и вода од луменот на бубрежните тубули назад во плазмата. Без реапсорпција, ние би ги екскретирале растворените супстанции и вода коишто на организмот му се потребни за хомеостаза.

Глукозата лесно се филтрира од плазмата во Бовмановата капсула како дел од филтратот. Со цел глюкозата со сигурност да се реапсорбира во организмот за да може да биде искористена за клеточниот метаболизам, глюкозните **протеини-носачи** се присутни во проксималните тубулни клетки на нефронот (слика бр. 8). Но, бројот на овие глюкозни носачи во секоја бубрежна тубулна клетка е ограничен. Па според тоа, ако премногу глюкоза е присутна во филтратот нема целата да биде реапсорбирана и глюкозата ќе биде несоодветно екскретирана во урината.

Глукозата прво се апсорбира со **секундарен активен транспорт** на **апикалната мембрана** на проксималните тубулни клетки, а потоа излегува од тубулната клетка преку **олеснета дифузија** по должината на **базолатералната мембрана** (слика бр. 8). Двата типа на протеини-носачи кои ги транспортираат овие молекули преку тубуларните мембрани се трансмембрански протеини. Поради тоа што протеини-носачи се потребни за да ја движат глюкозата од луменот на нефронот во интерстицијалните простори, постои ограничување за тоа колкава количина на глюкоза може да биде реапсорбирана. Кога сите глюкозни носачи се врзани со глюкозата која ја пренесуваат, вишокот на глюкоза во филтратот се отстранува во урината (Zao et al., 2020).



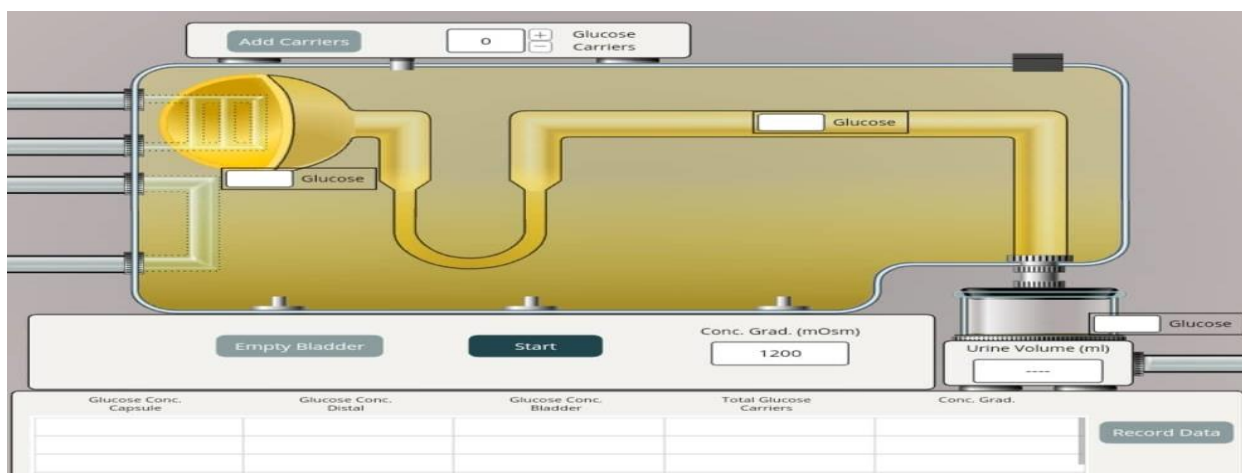
Слика бр. 8. Процес на реапсорпција на глюкоза од проксималната извиткана тубула во капиларите низ интерстицијалниот простор (Zao et al., 2020)

Во оваа вежба ќе испитувате каков ефект имаат промените на бројот на глюкозни транспортни протеини во *проксималниот извиткан тубул*. Важно е да се наведе дека нормално бројот на глюкозни носачи е константен во бубрег на човек, а тоа што варира е плазматската глюкоза во текот на денот. Плазматската глюкоза ќе биде одржувана на константно ниво во оваа вежба, а бројот на глюкозни носачи ќе биде менуван (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Симулиран нефрон опкружен од интерстицијален простор помеѓу нефронот и перитубуларни капилари (реапсорбирани растворени супстанции, како што е глюкоза, ќе се движат од луменот на тубулот во интерстицијалниот простор, а потоа во перитубуларните капилари кои се разгрануваат од еферентната артериола);
- Одводен сад за филтрат - го симулира мочниот меур;
- Рамка за контрола на протеини-носачи на глюкоза - се користи за да се регулира бројот на глюкозни носачи кои ќе бидат вметнати во проксималниот тубул.

Експеримент бр. 5



Слика бр. 9. Реапсорпција на глюкоза преку протеини-носачи (Zao et al., 2020)

1. Забележете дека бројот на глюкозни носачи е поставен на нула (во приказот на глюкозни носачи) и дека максималната вкупна концентрација на растворени супстанции

во интерстицијалната течност е поставена на 1200 mOsm (нормална максимална концентрација на растворени супстанции во бубрег на човек).

Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација.

Филтратот ќе протече низ нефронот, растворените супстанции и водата ќе се движат надвор од тубулите во интерстицијалниот простор. Течноста исто така ќе се движи назад во перитубуларните капилари и на тој начин се заокружува процесот на реапсорпција;

2. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата. Концентрациите на глукоза во Бовмановата капсула, дисталниот извиткан тубул и мочниот меур ќе бидат прикажани во табелата;

3. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;

4. Зголемете го бројот на глукозни носачи до 100 (произволен број) со кликање на + копчето покрај приказот на глукозни носачи.

Изберете **Add Carriers** (додади носачи) за да го вметнете одредениот број на глукозни протеини-носачи по единица површина во мембраната на проксималниот тубул;

5. Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација;

6. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;

7. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;

8. Сега ќе го следите ефектот на постепени зголемувања во бројот на глукозни носачи:

- Зголемете го бројот на глукозни носачи за 100 со кликање на + копчето покрај приказот на глукозни носачи;
- Изберете **Add Carriers** (додади носачи) за да го вметнете одредениот број на глукозни протеини-носачи по единица површина во мембраната на проксималниот тубул;
- Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација;
- Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;
- Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;
- Повторувајте го овој чекор до моментот кога ќе експериментирате со 400 глукозни протеини-носачи по единица површина во мембраната на проксималниот тубул.

Резултати

Табела 5. Глукозни носачи (Автори)

Концентрација на глукоза (mM)			
Бовманова капсула	Дистална извиткана тубула	Мочен меур	Глукозни носачи

Лабораториски квиз

1. Во кој дел на нефронот се сместени глукозни протеински носачи?
 - а. Бовманова капсула*
 - б. Проксимална извиткана тубула*
 - в. Дистална извиткана тубула*
 - г. Собирен канал*
2. Ако концентрацијата на глукоза во филтратот го надмине транспортниот капацитет на протеините носачи, тогаш:
 - а. Нефронот ќе ја редуцира количината на филтрација што се случува во гломерулот*
 - б. Нефронот ќе се собере и ќе вметне повеќе протеински носачи во тубулните клетки*
 - в. Повеќе глукоза ќе биде реапсорбирана од нефронот*
 - г. Транспортен максимум е достигнат*
3. Зошто се појавува глукоза во урината на нетретирани пациенти со дијабет?
 - а. Нивните нивоа на ADH се превисоки*
 - б. Нивните нивоа на инсулин се превисоки*
 - в. Прекумерна количина на глукоза е присутна во нивниот филтрат*
 - г. Прекумерна филтрација се случува во нивните гломерули*

Дискусија

1. Што се случува со концентрацијата на глукоза во мочниот меур како што се зголемува бројот на глукозни носачи?
2. Кои видови на транспорт се искористени за време на реапсорпцијата на глукоза и каде се случуваат истите?
3. Зошто концентрацијата на глукоза во мочниот меур доаѓа до нула во овие експерименти?
4. Пациент со тип 1 дијабет не може да синтетизира инсулин во панкреасот, а пациент со нелекуван тип 2 дијабетес не реагира на инсулиниот создаден во панкреасот. Во двата случаи, зошто би очекувале да најдете глукоза во урината на пациентот?

1.1.6. Влијанието на хормоните врз создавањето на урина

Цели на вежбата

- Да се разберат термините антидиуретичен хормон (ADH), алдостерон, реапсорпција, Хенлеова петелка, дистален извиткан тубул, собирен канал, лумен на тубул и интерстицијален простор;
- Да се разбере како хормоните алдостерон и ADH влијаат врз бубрежните процеси во бубрег на човек;
- Да се разбере улогата на ADH во реапсорпцијата на вода од страна на нефронот;
- Да се разбере улогата на алдостерон во реапсорпцијата и секрецијата на растворени супстанции од страна на нефронот.

Вовед во вежбата

Концентрацијата и волуменот на урина која се екскретира преку бубрезите ќе се променат во зависност од тоа што на нашето тело му е потребно за хомеостаза. На пример, ако некоја личност внесе големо количество на вода, вишокот на вода ќе се елиминира како голем волумен на разредена вода. Од друга страна, ако настапи дехидратација, од огромна корист е способноста на организмот да произведе помал волумен на концентрирана урина за да задржи вода. Во експериментот број 4 видовме

како градиентот на вкупната концентрација на растворени материи во интерстицијалните простори кои го опкружуваат луменот на тубулот овозможуваат да се екскретира концентрирана урина.

Алдостеронот е хормон кој се создава од страна на кората на надбубрежната жлезда под контрола на *ренин-ангиотензин* системот. Пад во крвниот притисок се детектира од страна на клетки во аферентната артериола, кои пак предизвикуваат ослободување на ренин. Ренинот дејствува како протеолитички ензим, предизвикувајќи ангиотензиногенот да биде претворен во ангиотензин I. Ендотелните клетки низ телото поседуваат *конвертирачки или претворачки ензим* кој го претвора ангиотензин I во ангиотензин II. Ангиотензин II праќа сигнали до кората на надбубрежната жлезда за да излучува алдостерон (слика бр. 10). Алдостеронот дејствува на дисталните извиткани тубулни клетки во нефронот за да поттикнуваат реапсорпција на натриум од филтратот во организмот и излучување на калиум од организмот. Оваа замена на електролити придружена со додатокот на **антидиуретичен хормон (ADH)**, исто така предизвикува повеќе вода да се реапсорбира во крвта, а последица на тоа е пораст на крвниот притисок.

Антидиуретичен хормон (ADH) се произведува од страна на хипоталамусот и се складира во заден резен на хипофизата. Врз нивоата на ADH влијае осмолалноста на телесните течности и волуменот и притисокот во кардиоваскуларниот систем. Промена од 1 % во телесната осмолалност ќе предизвика лачење на овој хормон. Примарното дејство на овој хормон е да ја зголеми пропустливоста на собирниот канал за вода, така што повеќе вода ќе се реапсорбира во организмот преку вметнување на аквапорини односно водни канали во апикалната мембрана. Без ваквата реапсорпција на вода, организмот брзо би дехидрирал.

На тој начин, нашите бубрези цврсто ја регулираат количината на вода и растворени супстанции кои се излучуваат за да ја одржат водната рамнотежа во организмот. Ако е намален внесот на вода или ако постои губиток на течност од телото, бубрезите работат во насока да се зачува водата со тоа што ја прават урината хиперосмотска (со релативно висока концентрација на растворени супстанции) во однос на крвта. Ако постои голем внес на течности, урината е повеќе хипосмотска. Во физиолошки услови, осмолалноста на урината се движи од 50 - 1200 mOsm/l вода (Zao et al., 2020).



Слика бр. 10. Создавањето на алдостерон во крвотокот во крвен сад прикажан во лонгитудинален пресек. Прво, ангиотензиноген (синтетизиран во црниот дроб) и ренин (синтетизиран во јукстагломеруларните клетки во бубрегот) се комбинираат во ангиотензин I. По интеракција со АСЕ од капиларните ендотелни клетки, овој хормон се претвора во ангиотензин II, што дава информација на кората на надбубрежната жлезда да лачи алдостерон (Zao et al., 2020)

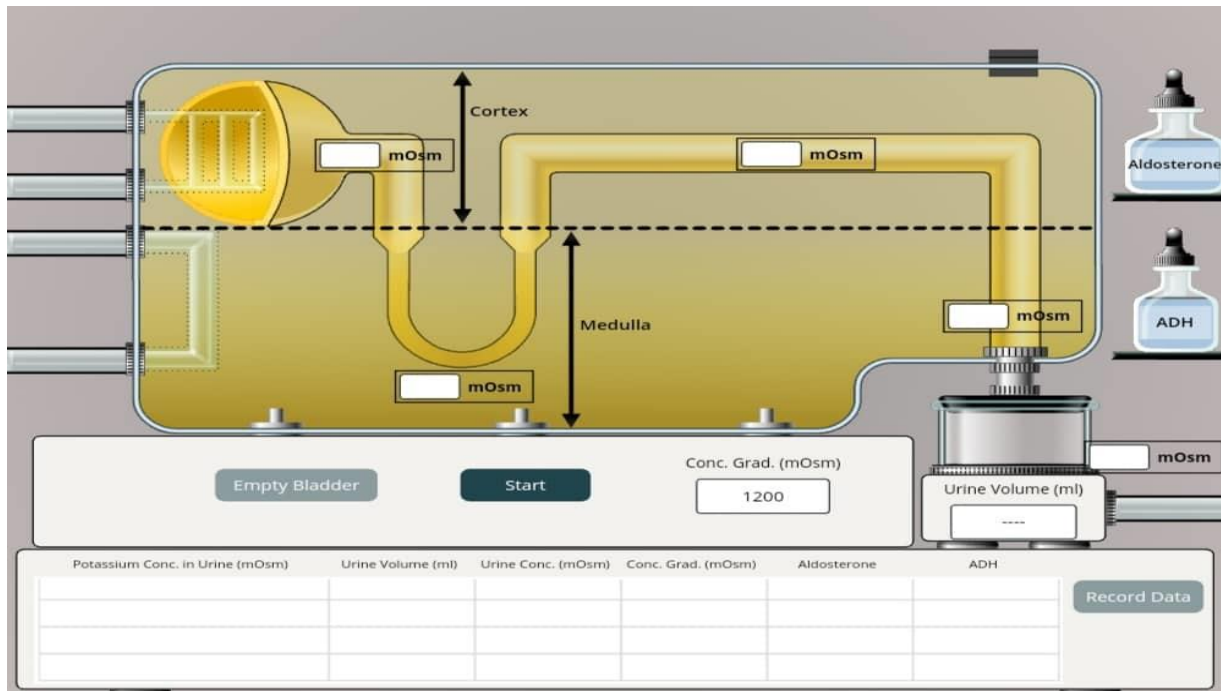
Потребни материјали за изведување на експериментот

- Симулиран нефрон опкружен од интерстицијален простор помеѓу нефронот и перитубуларни капилари (реапсорбирани растворени супстанции, како што е глюкоза,

ќе се движат од луменот на тубулот во интерстицијалниот простор, а потоа во перитубуларните капилари кои се разгрануваат од еферентната артериола);

- Одводен сад за филтрат - го симулира мочниот меур;
- Алдостерон;
- Антидиуретичен хормон (ADH).

Експеримент бр. 6



Слика бр. 11. Влијанието на хормоните врз создавањето на урина (Zao et al., 2020)

1. Забележете дека вкупната концентрација на растворени супстанции во интерстицијалната течност е поставена на 1200 mOsm (нормална максимална концентрација на растворени супстанции во бубрег на човек).

Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација.

Филтратот ќе протече низ нефронот, растворените супстанции и водата ќе се движат надвор од тубулите во интерстицијалниот простор. Течноста исто така ќе се движи назад во перитубуларните капилари и на тој начин се заокружува процесот на реапсорпција;

2. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата. Ќе ги користите овие основни податоци за да ги споредите состојбите на филтратот и волуменот на урината во присуство на хормоните алдостерон и ADH;

3. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;

4. Повлечето го капачето за капнување капка од шишенцето со алдостерон до сивиот „капак“ над десната страна од нефронскиот резервоар за да го распределите алдостеронот во резервоарот кој ги опкружува дисталниот тубул и собирниот канал;

5. Изберете **Start** (започни) за да започнете филтрација;

6. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;

7. Изберете **Empty Bladder** (испразни го мочниот меур) за да се подготвите за следниот обид;

До самиот крај на експериментот чекорите се повторуваат.

Резултати

Табела 6. Влијанието на Алдостерон и ADH врз создавањето на урина (Автори)

Концентрација на калиум (mM)	Волумен на урина (ml)	Концентрација на урина (mOsm)	Алдостерон	ADH

Лабораториски квиз

1. Ако постои значаен губиток на течност од телото, каква урина ќе генерираат бубрезите?
 - а. *Изоосмотска*
 - б. *Хипоосмотска*
 - в. *Голем волумен на урина*
 - г. *Хиперосмотска*
2. Ако пиете голема количина на вода, каква урина ќе генерираат бубрезите?
 - а. *Изоосмотска*
 - б. *Хипоосмотска*
 - в. *Мал волумен на урина*
 - г. *Хиперосмотска*
3. Како реакција на дехидратација, ADH ќе биде ослободен од:
 - а. *Собирен канал*
 - б. *Кора на надбубрежна жлезда*
 - в. *Заден резен на хипофиза*
 - г. *Ендотелни клетки*
4. Како реакција на абнормално ниска осмолалност на плазма, алдостеронот ќе ја зголеми:
 - а. *Реапсорпцијата на натриум долж дисталната тубула и собирниот канал*
 - б. *Реапсорпцијата на калиум долж дисталната тубула*
 - в. *Филтрацијата на натриум долж проксималната тубула*
 - г. *Филтрацијата на калиум долж проксималната тубула*

Дискусија

1. Како влијае додавањето на алдостерон врз волуменот на урина (споредено со основните вредности)? Дали може реапсорпцијата на растворените супстанции да влијае врз реапсорпцијата на вода во нефронот? Образложете.
2. Какво влијание имаше додавањето на ADH врз волуменот на урина и концентрацијата на калиум во урината (споредено со основните вредности)?
3. Која е главната причина за ослободување на алдостерон од кората на надбубрежната жлезда?
4. Како влијае додавањето на ADH и алдостерон врз волуменот на урина (споредено со основните вредности)?
5. Која е главната причина за ослободувањето на ADH од задниот резен на хипофизата? Дали ADH поттикнува создавање на поразредена или поконцентрирана урина?
6. Кој хормон има поголемо влијание врз волуменот на урината (алдостерон или ADH)? Зошто?
7. Во отсуство на ADH, дали може концентрацијата на урина да варира?

8. Разгледајте ја следната ситуација: сакате да има реапсорпција на натриумови јони, но не сакате да се зголеми волуменот на крвта поради реапсорпција на огромни количини на вода од филтратот. Имајќи предвид дека и алдостеронот и ADH се присутни, како ќе ги прилагодувате или регулирате хормоните за да ја постигнете целта?

1.2. Физиологија на бубрези (втор дел)

Со навлегување на гломеруларниот филтрат во бубрежните тубули, тој тече низ последователните делови на тубулите: проксимална тубула, Хенлеова петелка, дистална тубула, собирна тубула и конечно, собирен канал, пред да се излучи како урина. На овој пат, некои супстанции селективно се реапсорбираат од тубулите назад во крвта, додека други се лачат од крвта во луменот на тубулите. На крај, создадената урина и сите супстанции во урината претставуваат збир на три основни бубрежни процеси: гломеруларна филтрација, тубуларна реапсорпција и тубуларна секреција:

Бубрежна екскреција = Гломеруларна филтрација - Тубуларна реапсорпција + Тубуларна секреција

За бројни супстанции, реапсорпцијата игра многу позначајна улога од секрецијата во одредување на крајната брзина на излучување на урина. Меѓутоа, секрецијата е одговорна за значајната количина на калиумови јони, водородни јони и неколку други супстанции кои се појавуваат во урината.

Урината е производ на овие процеси и претставува биолошка течност која се состои од вода, растворени неоргански и органски материи, како и одделни организирани и клеточни елементи. Урината во суштина претставува отпаден продукт на организмот. Веќе напоменаваме дека е производ на повеќе процеси и како таква од бубрезите преку уретерите се спроведува до мочниот меур, каде што останува неколку часови, а потоа со помош на процесот на уринирање се исфрла преку уретрата. Испитувањето на урината може да даде многу важни информации во правец на дијагностика на разни патолошки состојби и поради тие причини рутинската анализа на урината претставува елементарна лабораториска анализа (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Вежби за изведување

1.2.1. Испитување на урина

За да се пристапи кон прецизно и правилно испитување на урина, еден од првите најважни чекори е собирањето на урината. Најдобра за анализа е урината или примерок на урина кој се собира во тек на 24 часа. Но, од практична гледна точка е потешко изводливо, па затоа најчесто се практикува испитување на првата утринска урина. Со цел да се детектираат и најмали абнормалности во составот на урината, потребно е да се земе концентриран утрински примерок. За да се добијат прецизни наоди за физичко-хемиските својства на урината потребно е урината која се анализира да не биде разредена, затоа не се препорачува конзумација на повеќе од една чаша вода наутро. Евентуални отстапки во составот на урината може да укажуваат на патолошки процеси во урогениталниот систем. Од тука, прво нешто што се прави кога се проценува функционирањето на урогениталниот систем е анализа на урината.

Рутинско анализирање на урината се прави со изведување на:

- Физикален преглед на урината;
- Хемиска анализа на урината;
- Испитување или преглед на седимент на урина.

1.2.2. Физикален преглед на урина

Се работи за опишување на физичките карактеристики на урина како што се: мирис, боја, изглед, специфична тежина.

Цели на вежбата: да се определат изгледот, бојата, мирисот, специфичната тежина, диурезата.

Потребни материјали за изведување на вежбата: стаклен контејнер со свежо земена урина, мензура.

Постапка: со цел да се определи диурезата, односно количеството на урина кое е излачено, потребно е да се врши собирање на урината во тек на 24 часа, урината се собира во градуиран контејнер, потоа се префрла во изградуирана мензура и се определува диурезата.

Стаклениот сад наполнет со примерокот на урина што го анализираме, го поставуваме кон извор на светлина и ја определуваме бојата, мирисот и бистрината на урината (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Резултати

Табела 7. Резултати од физикален преглед на урина (Автори)

Диуреза (ml)	
Боја	
Бистрина	
Мирис	

Толкување на резултати: физиолошката урина е бистра и има бледо жолта боја, со специфичен ароматичен мирис. Нормалната диуреза е околу 1.5 литри. Одредено заматување може да биде индикатор за присуство на бактерии, габи и сл. Урината ја добива бојата од присуството на пигменти како што се урохром, уробилиноген и уропорфирин. На бојата на урината можат да влијаат разни фактори. Во зависност од количината на вода која се внесува во организмот, може да биде светло жолта односно темно жолта. Поконцентрирана урина има потемна боја. Поголема конзумација на цвекло или капинки може да доведе до бледо розева боја на урината. Црвена боја на урината укажува на присуство на крв. Некои лекови исто така можат да дадат варијации во бојата на урината, како што се антибиотици, лаксативи и сл. На пример, рифампицинот може да доведе до портокалово-црвено обојување на секретите меѓу кои и урината. Зголемено присуство на билирубин предизвикува темнокафеаво обојување и може да биде индикатор за хепатална лезија и сл. Врз бојата на урината влијание може да имаат зголемена телесна температура, потење, повраќање, дијареа и др.

Мирисот на урината е резултат на постоењето на ароматичните соединенија како составен дел на истата, но може да има разни варијации поради внесување на различна храна, некои патолошки процеси и поради долго стоење на урината. Последната причина доведува до размножување на бактерии кои создаваат амонијак од уреата.

При поголемо внесување на течности расте и самата диуреза и доколку тие вредности дојдат над 2 литри во тек на едно деноноќие станува збор за *полиурија*. *Олигурија* е состојба кога диурезата е под 500 ml. *Анурија* е состојба на речиси целосен прекин на диуреза (50 мл). Овие состојби можат да бидат резултат на патолошки процеси, на пример можат да се јават како фази на акутна бубрежна инсуфициенција.

Специфичната тежина на урината е од 1,012 до 1,025. Од тоа колку течности се внесуваат и од тоа колку бубрезите ја концентрираат урината, овие вредности варираат.

При дијабетес, хипертензија, нарушена функција на хормоните на надбубрежната жлезда може да дојде до зголемена специфична тежина на урината, како и при повраќање, дијареа или зголемена телесна температура. Намалена специфична тежина се јавува при зголемена секреција на урина (Спасов и др., 2015).

1.2.3. Хемиска анализа на урината со помош на тест – ленти

Станува збор за метод кој едноставно се изведува на начин што се користат ленти чие поле е означено со специфични индикатори кои можат да ја менуваат бојата заради различни концентрации на состојките од урината кои се анализираат, а тоа воедно обезбедува и нивна семи-квантитативна анализа. Со овие ленти може да се определат глукозата, протеините, кетонски тела, рН вредност, уробилиногенот, билирубинот, нитритите, леукоцитите, аскорбинската киселина и крвта. Можат да се обезбедат тест-ленти од повеќе производители со различен број на параметри кои се испитуваат (*Urocomb 3*, *Urocomb 8*, *Urocomb 9* и сл.).

Цел на вежбата: да се определи целосниот хемиски состав на урината со помош на универзални тест-ленти.

Потребни материјали за изведување на вежбата: тест-ленти *Urocomb 9*, свежо земена урина.

Постапка: го натопуваме делот од лентата со индикатор краткотрајно (околу 1 секунда) во чашката со свежо земената урина и потоа ја провлекуваме лентата на работ од чашката со цел вишокот на урина да го отстраниме, за потоа по 30 - 60 секунди да ги исчитаме резултатите преку споредба со соодветните можни резултати кои се претставени на тегличката во која се сместени тест-лентите.

Резултати

Табела 8. Резултати од хемиска анализа на урина (Автори)

	Испитаник 1	Испитаник 2	Испитаник 3	Испитаник 4
Параметри				
рН				
Нитрити				
Протеини				
Гликоза				
Кетонски тела				
Уробилиноген				
Билирубин				
Крв				
Аскорбинска киселина				

Толкување на резултатите: нормална, односно физиолошка урина, обично не предизвикува промена на боја на полето со индикатор на тест-лентата освен на полето каде се одредува електрохемиската реакција. Евентуално појава на промена на боја укажува на зголемена концентрација на определен параметар кој се испитува, а со тоа ќе има и друг интензитет на боење на индикаторското поле.

Протеини можат да се најдат во урината при зголемена физичка активност или во тек на бременост и тоа е нормален наод. Во секој друг случај, таквата појава може да биде показател за некои патолошки процеси.

Доколку глюкозата во крвта е над 10 mmol/l, што вообичаено е случај кај дијабетичари, ќе има присуство на глюкоза во урината поради надминување на тој праг, а како што објаснивме во првиот дел, бројот на глюкозни транспортери на ниво на нефронот е ограничен и доколку тој број се надмине доаѓа до гликозурија.

Кетонски тела се откриваат со легалова тест-лента, со реагенс кој ќе покаже позитивен наод веќе по гладување од 12 часа. Ваков наод е можен при гладување, повраќање, кај дијабетичари.

Во нормална урина не се појавуваат билирубин, уробилиноген и нитрити. Евентуално присуство на нитрити може да укажува на присуство на бактерии во уринарниот систем. Електрохемиската реакција на урината вообичаено е слабо кисела, но физиолошки се можни варијации од 4,8 до 8,0. Варијациите се должат на повеќе фактори како што се: исхраната (растително потекло - алкална урина, животинско потекло - кисела урина), физичка активност и сл. Евентуални промени на оваа вредност може да укажува на патолошки промени, ако се јавува константно во подолг период (Малеска – Ивановска и др., 2012).

1.2.4. Испитување на седимент на урина

Организиран седимент на урина се состои од биолошки елементи како што се леукоцити, еритроцити, епителни клетки и микроорганизми. Неорганизираниот седимент на урината содржи кристали на разни соли, како на пример, оксалати, фосфати, урати и аморфни соли. Станува збор за преглед на седиментот на урина односно микроскопски преглед кој се врши после центрифугирање на урината. Центрифугирањето се врши пред микроскопирањето поради оскудноста на седиментот. Описот на наодот на седиментот е на следниот начин: ретки, малку, десетина, многу или маса кога целото видно поле е прекриено. Освен тоа што е наведено погоре, можен наод во седиментот е и наодот на кристали на лекови како на пример од сулфонамиди.

Цел на вежбата: да се направи микроскопски преглед на урината со цел да се докаже присуство на седимент во истата, со семи-квантитативниот метод.

Потребни материјали за изведување на вежбата: свежо земена урина, кивети, пипети, центрифуга, стаклени стапчиња, предметно стакло, покровни стакленца, микроскоп.

Постапка: најпрво потребно е добро да ја промешаме урината и да ја ставиме во епрувета за центрифугирање, па потоа се центрифугира 5 минути на 1500 до 3000 вртежи во минута. Понатаму со пипетата земаме една до две капки од густот слој на дното од епруветата и ги ставаме на предметно стакло. Предметното стакло го покриваме со покровно стакленце, со тоа што мораме да обратиме внимание да не плива слободно, а доколку постои вишок не смее да се извлекува со филтер хартија. Во следен чекор, микроскопираме со спуштен кондензор и на средно зголемување, 100 и 400 пати (Спасов и др., 2015).

Резултати

Табела 9. Седимент на урина (Автори)

Еритроцити (Er)	
Леукоцити (Le)	
Епителни клетки	
Бактерии	
Цилиндри	
Кристали	

Толкување на резултатите: од организираниот седимент, кога станува збор за леукоцити, нормален наод на микроскоп е до 5 леукоцити. Нивно зголемување веројатно укажува на бактериска инфекција. Леукоцитите изгледаат како тркалезни клетки поголеми од еритроцитите, по боја зеленикави, со јадро со тркалезна форма или јадро кое е сегментирано. Нивното движење како амеба знае некогаш и да биде забележано.

Зголемен број на еритроцити вообичаено е поради нефролитијаза, некоја повреда, оштетување на гломеруларна мембрана, тумори и сл. Еритроцитите се биконкавни жолто-црвеникави структури.

Нормално е присуството на мал број плочести епителни клетки. Станува збор за клетките кои го обложуваат уринарниот тракт. Овие клетки се гледаат како широки, плочести клетки со јадро, најголеми на видно поле, за разлика од епителните клетки од длабоките слоеви на слузницата на уринарниот систем, кои се и помали, а и различно изгледаат, како на пример крушковидно, тркалезно, вретенести и сл. Ако е присутен поголем број, може да укажува на некој поинтензивен процес на воспаление.

Цилиндрите се форми кои настануваат во бубрежната тубула и од таму и нивниот облик. Редок нормален наод може да биде присуство на хијалини цилиндри. Гранулирани цилиндри се индикатор на хроничен проблем, додека целуларни цилиндри се индикатор за акутен проблем.

Нормално бактериите се отсутни. Евентуално минимално присуство не мора да индицира инфекција, може да се работи за контаминирање при неправилно земање на урина. Во случај да има поголем број на бактерии, индицирана е уринокултура и антибиограм.

Кај здрави личности вообичаено може да има наод на кристали во седиментот. Станува збор за калциум оксалати, трипелфосфати (во облик на мртовечки сандак, папрат или птичјо перје), аморфни фосфати. Видот на кристалите зависи од рН на урината. Во кисела урина има присуство на уратни кристали односно кристали на мочна киселина (во облик на вретено или плочки, одделни или во облик на розетна со нечисто жолта до црвена боја) и кристали на калциум оксалат (посебно во поголем број кај растителна исхрана, во форма на октаедри), аморфни урати (како црвенкав талог од обоени зрнца). Во алкална урина се наоѓаат кристали на калциум фосфат и карбонат. Кога зборуваме за патолошки наод мислиме на кристали на цистин, леуцин и холестерол (Малеска – Ивановска и др., 2012).



Слика бр. 12. Елементи на седимент на урина под микроскоп (Малеска – Ивановска и др., 2012)

1.2.5. Бубрежен клиренс

Испитувањето на функционалната состојба на бубрегот може да се врши и со одредување на клиренс на определени супстанции. Клиренсот на некоја материја можеме да го дефинираме како количина на плазма која се ослободува од материјата во единица време или поедноставено се мери брзината со која крвта се ослободува од таа материја. Клучен момент за овој феномен е големината на стапката на гломеруларна филтрација. Клиренсот на дадена материја се пресметува со формулата:

$$C_{rs} = U_s \times D / P_s$$

C_{rs} - клиренс на испитуваната супстанција (s) (ml/min)

U_s - концентрација на испитуваната супстанција во урината (s) (mmol/L)

P_s - концентрација на испитуваната супстанција во плазмата (s) (mmol/L)

D - волуменот на излачената урина во единица време (ml/24h; ml/min)

Од клинички интерес е определување на клиренс на внатрешни и надворешни материи. Внатрешни или ендогени материи се креатинин и уреа додека надворешни или егзогени се инулин, манитол, парааминохипурна киселина (PAH) и диодраст. Сите овие супстанции се екскретираат преку урината со различни механизми и според тоа нивното определување има дадено значење за проценување на екскреторната функција на бубрегот (Varshney et al., 2018).

Табела 10. Бубрежен клиренс (Автори)

	Филтрација	Реапсорпција	Секреција	Вредност на клиренс (ml/min)
инулин	+	-	-	125 (110 - 140)
PAH	+	-	+	585
креатинин	+	-	+	150 (90 - 210)
уреа	+	+	-	75 (40 - 90)

Показател за гломеруларната филтрација е клиренсот на инулин. Од друга страна клиренсот на РАН дава податок за протокот на плазма низ бубрезите (RPF) поради тоа што скоро вкупната количина која е внесена и која останува во плазмата по нејзиното поминување низ гломерулот, на ниво на проксималниот тубул, се лачи во луменот на тубулата. Клиренсот на РАН не го мери протокот на плазма во деловите на бубрегот кои не ја филтрираат и секретираат РАН, па затоа клиренсот на РАН го одредува ефективниот проток на плазма низ бубрезите и заради тоа е за 10 % помал од вистинскиот проток на плазма низ бубрезите.

Клиренсот на ендогениот креатинин е за 20 % поголем од оној на инулинот поради тоа што креатининот не се реапсорбира во тубулата и воедно помалку се секретира. Од друга страна, клиренсот на уреа е поголем од клиренсот на инулинот затоа што дел од исфилтрираната уреа се реапсорбира во тубуларниот систем.

Клучно е тоа што сензитивноста на методите за определување на клиренс се огледува во тоа што клиренсите имаат патолошки вредности значајно пред да настане заостанување на азотните материи во крвта. За да одредиме клиренс на дадена материја, потребно е да ја определиме нејзината концентрација во плазмата (P), да ја определиме нејзината концентрација во урината (U) и да се определи волуменот на создадената урина во единица време, 1 мин (D) (ml/min) (Ѓорѓоски и др., 2006).

2. Ацидобазна рамнотежа во телото

Ацидобазна хомеостаза претставува комплекс на механизми кои учествуваат во одржување на релативно константна концентрација на водородни јони (H^+), која е есенцијална за функцијата на клетката, екстрацелуларната течност и сите органски системи. Концентрацијата на водородните јони во крвта е многу ниска, односно 0,00004 mmol и затоа вредноста се изразува преку логаритамска pH скала која има вредности од 0-14 (обратно пропорционално на концентрацијата на H^+ , односно, под pH 7 значи зголемена концентрација на H^+ , а над pH 7 намалена концентрација на H^+). Според мерењата, pH на крвта е во многу тесни граници, односно меѓу 7,35-7,45, т.е. е **слабо базна**.



Слика бр. 13. Скала на pH со бои и опсег на pH вредности (Малеска – Ивановска и др., 2012)

Една од најважните функции на организмот е одржување на pH вредноста на телесните течности во нормални граници. Промена на вредноста се случува при внес на киселини преку исхраната, нивно создавање во тек на метаболичките процеси во клетките, додека најголем извор во услови на аеробен метаболизам е продукцијата на CO_2 . CO_2 во присуство на молекули на вода формира јаглеродна киселина која потоа дисоцира на H^+ и HCO_3^- :



Согласно поголемата продукција на киселини од бази во организмот, pH рамнотежата е предмет на контрола на вишокот на водородни јони. Трите системи кои учествуваат во регулацијата на ацидобазната рамнотежа се хемиските ацидобазни пуферски системи, респираторниот систем и бубрезите.

Пуфер е било која супстанција која може реверзибилно да ги врзува водородните јони. Суштината на тие пуферски системи е да ги врзуваат базните и киселинските јони кои ја нарушуваат ацидо-базната рамнотежа и да создаваат соединенија кои не влијаат значително на нејзината состојба, се до моментот на елиминација, најчесто преку белите дробови и бубрезите. Тие пуферски системи се растворени материи во крвната плазма или интрацелуларниот простор кои благодарение на нивните хемиски афинитети, ја остваруваат оваа улога, без да бидат поттикнати од други надредени системи. Следи опишување на поедини пуферски системи (Ganong, 1993).

1. **Хемиски ацидобазни пуферски системи на телесните течности** – во овие пуферски системи спаѓаат бикарбонатниот пуфер, фосфатниот пуфер и протеините.
- **Бикарбонатен пуферски систем** – е најважен екстрацелуларен пуфер во организмот. Овој систем се состои од воден раствор кој содржи две состојки: слаба киселина (H_2CO_3) и слаба база ($NaHCO_3$).

Компонентите на овој пуферски систем секогаш се наоѓаат јонизирани и подготвени да „уловат“ вишок јони кои ја закиселуваат крвта. Доколку во крвта има вишок на водородни јони (таа е закиселена) тогаш бикарбонатниот јон кој има природна тенденција да се врзува со нив, ги „уловува“ и се создава јаглеродна киселина, која е многу слаба и не го менува ацидо-базниот еквилибриум на крвта, за да потоа истата дисоцира до јаглерод диоксид и вода и се елиминира преку белите дробови и бубрезите. Обратно, доколку во крвта има вишок на бази (таа е алкализирана),

тогаш јаглеродната киселина од бикарбонатниот пуфер ќе се поврзи со нив и ќе се добие бикарбонатна сол и вода, што е типична реакција на неутрализација.

- **Фосфатен пуферски систем** – е важен интрацелуларен пуфер и моќен уринарен пуфер. Овој систем е составен од H_2PO_4^- (киселина) и HPO_4^{2-} (база).
 - **Протеини (органиски пуфер)** - За разлика од претходните пуферски системи, овој пуфер е главно интрацелуларен (структурни и ензимски протеини), но бидејќи постојат и плазматски протеини (албумини, глобулини и фибриноген), и во крвта постои протеински пуферски систем. Главни протеини кои играат таква улога се албумините и гама-глобулините во плазмата. Исто така, **хемоглобинот** кој претставува протеин во еритроцитната цитоплазма има пуферски капацитети, но тој само посредува во тој поглед, врзувајќи го јаглеродниот диоксид кој веќе бил создаден од бикарбонатниот пуферски систем и транспортирајќи го до белите дробови за елиминација од крвта.
2. **Респираторен систем** - Според Хендерсон-Хаселбалховата равенка се знае дека зголемениот PCO_2 (парцијален притисок на јаглероден диоксид) е знак за закиселување на крвта и обратно, падот на PCO_2 ќе ја зголеми рН. Белите дробови се најголемиот елиминатор на јаглерод диоксид, регулирајќи ја ацидо-базната рамнотежа на крвта индиректно. Белите дробови реагираат во период од неколку минути (3-12 минути), со рефлексно контролиран одговор, но не се во состојба да компензираат големи отстапувања на рН. Пример: Доколку во крвта има вишок на јаглероден диоксид, и таа е закиселена, хеморецепторите од сидовите на крвните садови испраќаат импулси до центрите за дишење за забрзување на дишењето и елиминирање вишокот на CO_2 се' до момент додека не дојде до елиминација на вишокот на јаглероден диоксид, кога овој feedback механизам се исклучува.
 3. **Бубрежна регулација на ацидобазната рамнотежа** - Бубрезите ја контролираат ацидо-базната рамнотежа преку излучување на киселини и бази, зависно од тоа што е во вишок. Освен со излучување, промените во ацидо-базната рамнотежа на крвта бубрезите ги корегираат и преку реапсорпција на одредени материи. Така на пример, ако крвта е алкализирана, бубрезите го засилуваат процесот на реапсорпција на водородните јони, доколку крвта е закиселена, тогаш во бубрежните тубули се реапсорбираат повеќе бикарбонатни јони за истата да се неутрализира. Бубрезите реагираат побавно, но во нормални услови се основен метод за справувањето со промените кои ја нарушуваат рН.

Прва линија на одбрана од пореметувањата на ацидобазната рамнотежа се хемиските пуферски системи (бикарбонатен, фосфатен и протеински), а втора линија на одбрана се физиолошките пуферски системи (респираторен систем и бубрези). Нарушувањата на ацидо-базната рамнотежа можат да бидат резултат на пореметување на функцијата на хемиските или физиолошките пуферски системи. Нарушувањето на бубрежната функција води до метаболна ацидоза, алкалоза или мешано, а нарушувањето на респираторната функција води до респираторна ацидоза, алкалоза или мешано (Hall et al., 2021).

2.1. Користење на лабораториски симулации во физиологијата (PhysioEx)

2.1.1. Хипервентилација

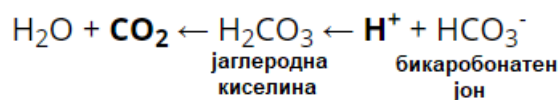
Цели на вежбата

- Да се создаде pH хомеостаза во телото;
- Да се разберат нормалните граници за pH и PCO_2 ;
- Да се препознае респираторната алкалоза и нејзините причини;
- Да се интерпретират трасирање на осцилоскоп за хипервентилација и да се спореди со трасирање за нормално дишење.

Вовед во вежбата

Киселинско-базната нерамнотежа може да има респираторни и метаболички причини. При дијагностицирање на овие нарушувања, се проценуваат два клучни знаци, pH и парцијалниот притисок на јаглерод диоксид во крвта (PCO_2). Нормалниот опсег за pH е помеѓу 7,35 и 7,45, а нормалниот опсег за PCO_2 е помеѓу 35 и 45 mm Hg. Кога pH паѓа под 7,35, се вели дека телото е во состојба на **ацидоза**. Кога pH се искачува над 7,45, се вели дека телото е во состојба на **алкалоза**.

Респираторната алкалоза е состојба на премалку јаглерод диоксид во крвта. Респираторната алкалоза најчесто произлегува од патување на висока надморска височина (каде што воздухот содржи помалку кислород) или хипервентилација, што може да биде предизвикана од треска, напад на паника или анксиозност. Хипервентилацијата, дефинирана како зголемување на фреквенцијата и длабочината на дишењето, го отстранува јаглерод диоксидот од крвта побрзо отколку што го произведуваат клетките на телото, намалувајќи ја количината на H^+ во крвта, а со тоа и ја зголемува pH вредноста на крвта. Следната равенка го покажува поместувањето во рамнотежата што резултира со зголемување на pH на крвта поради помалку јаглерод диоксид во крвта.



Бубрежниот систем може да ја компензира алкалозата со задржување на H^+ и екскреција на бикарбонатни јони за да ги намали нивоата на pH вредноста на крвта назад до нормалниот опсег (слика бр. 14) (Zao et al., 2020).



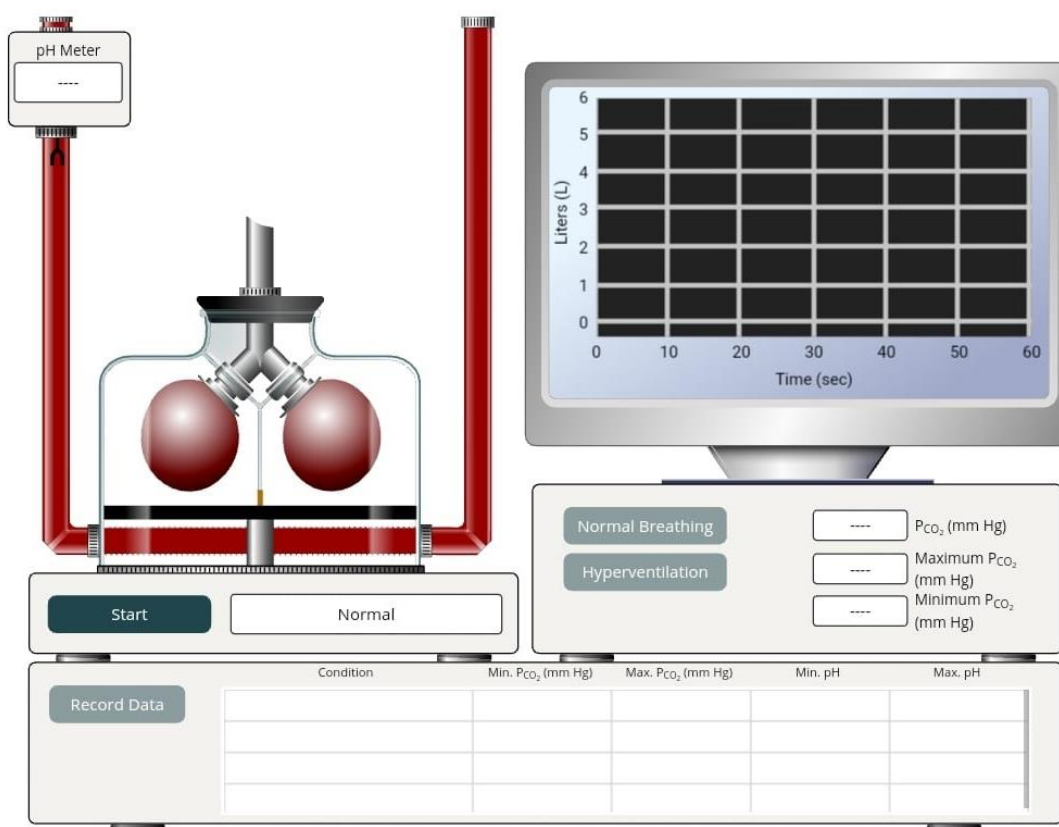
Слика бр. 14. Шема на бубрежен систем кој компензира алкалоза. Двата бубрези генерираат водородни катјони и излачуваат бикарбонатни јони низ уретерите. Двете дејства предизвикуваат намалување на pH на плазмата (Zao et al., 2020)

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Симулирана белодробна комора;
- Ph метар;
- Осцилоскоп;
- Две шеми на дишење: нормално дишење и хипервентилација.

На левата страна од екранот (на слика бр. 15) е поставен систем кој симулира бели дробови (два балона поврзани со цевка во форма на превртена буква Y, која ги претставува трахеата и останатите дишни патишта). Под „белите дробови“ се наоѓа црна платформа која ја имитира дијафрагмата. Долгата цевка во форма на буквата U исполнета со црвена течност ја претставува крвта која поминува низ белодробните. Во горниот лев агол се наоѓа pH метарот. На десната страна се наоѓа монитор на осцилоскоп кој графички ќе ги прикажува белодробните волумени (y-оската ја покажува големината на волумените во литри, а x-оската го покажува времето во секунди). Под мониторот се наоѓаат две копчиња **Normal breathing** и **Hyperventilation**, а покрај копчињата се наоѓаат мали екрани кои го покажуваат парцијалниот притисок на CO_2 во крвта (PCO_2) во тек на експериментот. На дното се наоѓа табела за регистрирање на добиените резултати.

Експеримент бр. 7



Слика бр. 15. Промена на pH и PCO_2 на крвта при различни состојби на дишење (Zao et al., 2020)

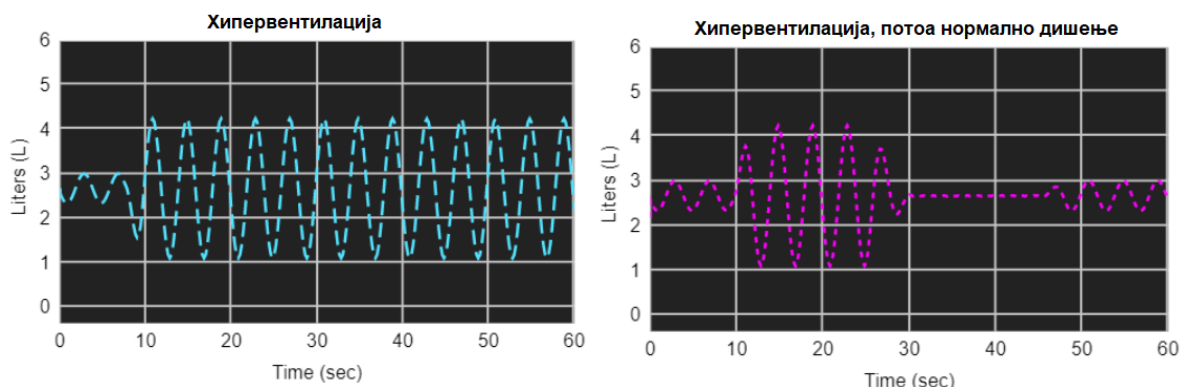
1. Изберете **Start** за да започнете со нормална шема на дишење. Забележете го отчитувањето на pH-метарот горе лево, отчитувањата на приказите на PCO_2 и обликот на трасирањето што се протега низ екранот на осцилоскопот. Во следниот чекор изберете **Record data** за да ги снимите и прикажете вашите резултати во табелата.

- Изберете **Start** за да започнете со нормална шема на дишење, Откако нормалното следење на дишењето ќе трае 10 секунди на екранот на мониторот, изберете **Hyperventilation** за да ја започнете втората шема на дишење, односно хипервентилацијата. Забележете го отчитувањето на pH-метарот горе лево, отчитувањата на приказите на PCO₂ и обликот на следењето што се протега низ екранот на осцилоскопот. Повторно изберете **Record data** за да ги снимите вашите резултати.
- Во следниот чекор повторно повторете го последниот чекор, но после 10 минати секунди од хипервентилаторното дишење, изберете повторно **Normal breathing** (нормално дишење) и следете го отчитувањето на осцилоскопот како и pH метарот и на крајот изберете **Record data**.
- Размислете и одговорете на прашањето: Каков беше ефектот од враќањето на нормалното дишење по хипервентилација?
- Изберете **Submit** за да го снимите вашиот резултат во лабораторискиот извештај.

Резултати

Табела 11. Вредности на pH и PCO₂ при хипервентилација (Zao et al., 2020)

Состојба на дишење	Мин. PCO ₂ (mmHg)	Макс. PCO ₂ (mmHg)	Мин. pH	Макс. pH
Нормално				
Хипервентилација				
Хипервентилација / Нормално				



Пост-лабораториски квиз

- Хипервентилацијата води до:
 - Респираторна ацидоза
 - Респираторна алкалоза
 - Ренална ацидоза
 - Ренална алкалоза
- Со хипервентилација, повисоките врвови на трасирањето укажуваат на:
 - Поголем волумен на воздух
 - Задржување на здивот
 - Астма
 - Покачен јаглерод диоксид во крвта
- Што од наведеното не е потенцијална причина за респираторна алкалоза?
 - Хипервентилација поради напад на паника
 - Патување на голема надморска височина

в) Хипервентилација поради анксиозност

а) Емфизем

4. Бубрезите можат да ја компензираат респираторната алкалоза со:

а) Екскреција на H^+ и излучување на бикарбонат јон

б) Задржување на H^+ и екскреција на бикарбонат јон

в) Задржување на H^+ и задржување на бикарбонат јон

г) Екскреција на јаглородна киселина

Дискусија

1. Опишете ги нормалните граници за рН и јаглород диоксид во крвта.

2. Опишете што се случи со рН вредноста и нивото на јаглород диоксид со хипервентилација.

3. Објаснете како враќањето на нормалното дишење по хипервентилација се разликува од хипервентилацијата без враќање на нормално дишење.

4. Напишете неколку можни причини за респираторна алкалоза.

2.1.2. Rebreathing (повторно вдишување на издишаниот воздух)

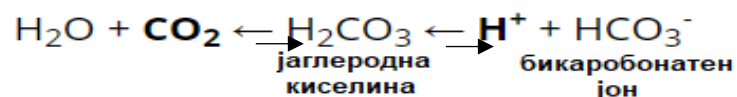
Цели на вежбата

- Да се разбере како повторното дишење на издишан воздух може да симулира хиповентилација;
- Да се набљудуваат резултатите од респираторната ацидоза;
- Да се опишат причините за респираторна ацидоза.

Вовед во вежбата

Се вели дека телото е во состојба на **ацидоза** кога рН на крвта паѓа под 7,35 (иако рН од 7,35 технички не е кисела). Респираторната ацидоза е резултат на нарушено дишење, или хиповентилација, што доведува до акумулација на премногу јаглород диоксид во крвта. Причините за нарушено дишење вклучуваат опструкција на дишните патишта, депресија на респираторниот центар во мозочното стебло, белодробни заболувања (како што се емфизем и хроничен бронхитис) и предозирање со лекови.

Потсетете се дека јаглородниот диоксид придонесува за формирање на јаглородна киселина кога се комбинира со вода преку реверзибилна реакција катализирана од **јаглородна анхидраза**. Јаглородната киселина се дисоцира на водородни и бикарбонатни јони. Бидејќи хиповентилацијата резултира со зголемени нивоа на јаглород диоксид во крвта, рамнотежата се менува, нивоата на H^+ се зголемуваат и рН вредноста на крвта се намалува.

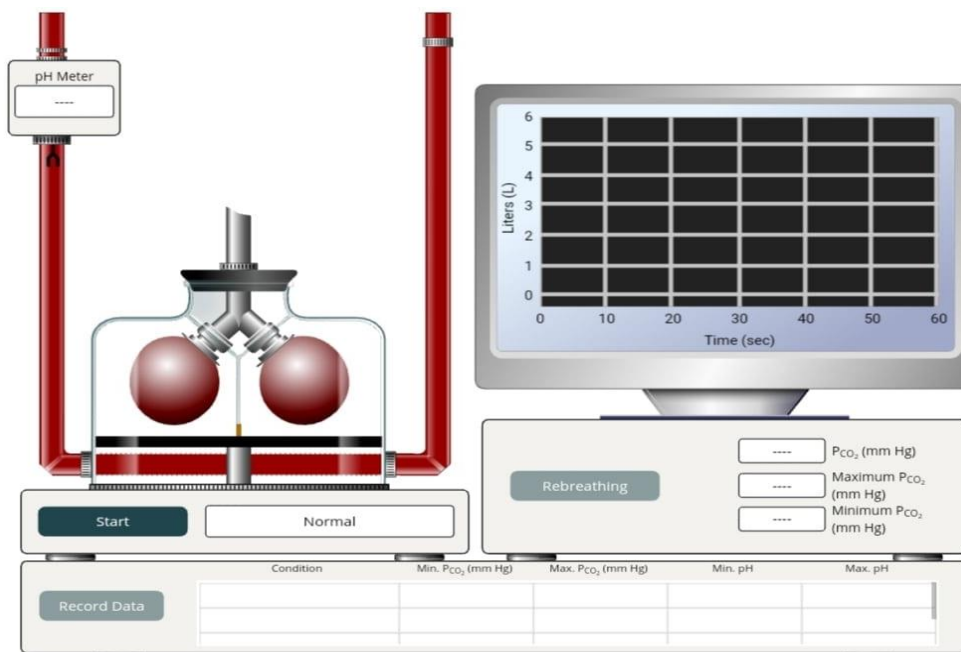


Повторното вдишување на издишаниот воздух е дејство на вдишување на воздухот кој штотуку бил исфрлен од белите дробови. Повторното вдишување на издишаниот воздух резултира со акумулација на јаглород диоксид во крвта. Дишењето во хартиена ќеса е дадено како пример за повторно вдишување на издишан воздух (забележете дека дишењето во хартиена ќеса може да го осиромаша телото со кислород и затоа не е најдобрата терапија за хипервентилација бидејќи може да маскира други опасни по живот итни случаи, како што се срцев удар или астма). Во оваа активност ќе набљудувате што се случува со нивото на рН и јаглород диоксид во крвта за време на

повторното вдишување на издишаниот воздух. Во телото, бубрезите ја регулираат киселинско-базната рамнотежа со менување на количината на излачени H^+ и HCO_3^- во урината (Zao et al., 2020).

Потребните материјали за изведување на експериментот се истите од претходната вежба, со единствена разлика што во шеми на дишење е приложено нормалното дишење и повторното вдишување на издишаниот воздух (слика бр. 16).

Експеримент бр. 8



Слика бр. 16. Промена на pH и PCO_2 на крвта при нормално дишење и после повторно вдишување на издишаниот воздух (Zao et al., 2020)

1. Изберете **Start** за да започнете со нормална шема на дишење. Забележете го отчитувањето на pH-метарот горе лево, отчитувањата на приказите на PCO_2 и обликот на трасирањето што се протега низ екранот на осцилокопот. Во следниот чекор изберете **Record data** за да ги снимите и прикажете вашите резултати во табелата.
2. Изберете **Start** за да започнете со нормална шема на дишење, Откако нормалното следење на дишењето ќе трае 10 секунди на екранот на мониторот, изберете **Rebreathing** за да ја започнете втората шема на дишење. Забележете го отчитувањето на pH-метарот горе лево, отчитувањата на приказите на PCO_2 и обликот на следењето што се протега низ екранот на осцилокопот. Повторно изберете **Record data** за да ги снимите вашите резултати.
3. Изберете **Submit** за да го снимите вашиот резултат во лабораторискиот извештај.

Резултати

Табела 12. Повторно вдишување како симулација на хиповентилација (Zao et al., 2020)

Состојба на дишење	Мин. PCO_2 (mmHg)	Макс. PCO_2 (mmHg)	Мин. pH	Макс. pH
Нормално				
Повторно вдишување на издишаниот воздух				

Пост лабораториски квиз

1. Повторно вдишувањето (Rebreathing) симулира:
 - а) Хиповентилација и респираторна ацидоза
 - б) Хипервентилација и респираторна ацидоза
 - в) Хиповентилација и респираторна алкалоза
 - г) Хиповентилација и респираторна алкалоза
2. Хиповентилацијата резултира со:
 - а) Респираторна алкалоза
 - б) рН на крвта од $> 7,45$
 - в) Акумулација на јаглерод диоксид во крвта
 - г) Повторно вдишување на издишан воздух
3. Бубрежниот систем може да ја компензира респираторната ацидоза со:
 - а) Задржување на H^+ и екскреција на бикарбонатен јон
 - б) Екскреција на H^+ и задржување на бикарбонатен јон
 - в) Задржување H^+ и бикарбонатен јон
 - г) Екскреција на H^+ и бикарбонатен јон
4. Респираторната ацидоза може да биде предизвикана од сите наведени состојби, освен:
 - а) Хиповентилација
 - б) Емфизем
 - в) Предозирање со дроги
 - г) Паничен напад

Дискусија

1. Опишете што се случи со рН вредноста и нивото на јаглерод диоксид при повторното вдишување на издишан воздух.
2. Опишете некои можни причини за респираторна ацидоза.
3. Објаснете како бубрежниот систем би ја компензирал респираторната ацидоза.

2.1.3. Влијание на уринарниот систем врз ацидобазната рамнотежа

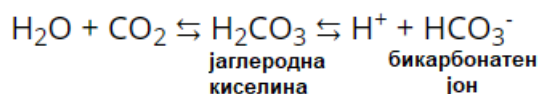
Цели на вежбата

- Да се разберат механизмите на бубрежна компензација за респираторна ацидоза и респираторна алкалоза;
- Да се истражи функционалната единица на бубрезите која реагира на киселинско-базната рамнотежа;
- Да се набљудуваат промените во концентрациите на јоните кои настануваат со бубрежна компензација.

Вовед во вежбата

Бубрезите играат голема улога во одржувањето на течности, електролити и киселинско-базната рамнотежа во внатрешната средина на телото. Со регулирање на количината на изгубена вода во урината, бубрезите го заштитуваат телото од прекумерна хидратација или дехидратација. Со регулирање на киселоста на урината и брзината на екскреција на електролити, бубрезите ја одржуваат рН вредноста на плазмата и нивото на електролити во нормални граници. Бубрежната регулација е примарен метод на телото за компензација на состојби на респираторна ацидоза или респираторна алкалоза. Бубрезите ја регулираат киселинско-базната рамнотежа со менување на количината на излачени H^+ и HCO_3^- во урината. Ако повторно ја разгледаме равенката за дисоцијација на јаглеродна киселина (слаба киселина), ќе видиме дека зачувувањето

на бикарбонатниот јон (базата) го има истиот нето ефект како и губењето на киселината, H^+ .



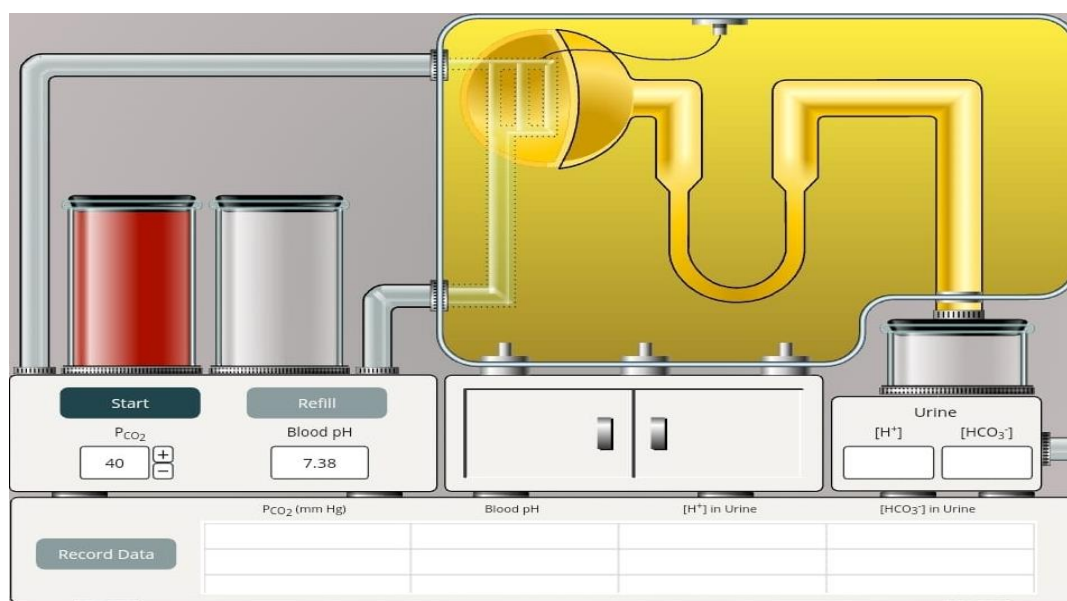
Во оваа вежба ќе испитате како уринарниот систем компензира за респираторна ацидоза или респираторна алкалоза. **Респираторната ацидоза** генерално е предизвикана од акумулација на јаглерод диоксид во крвта поради хиповентилација, но може да биде предизвикана и од повторното вдишување на издишан воздух. Ацидозата резултира со пониска од нормалната pH вредност на крвта. **Респираторната алкалоза** е предизвикана од трошење на јаглерод диоксид, често предизвикано од епизода на хипервентилација и резултира со покачена pH на крвта.

Првенствено ќе работите со променливата PCO_2 . Потсетете се дека нормалниот опсег за pH е помеѓу 7,35 и 7,45, а нормалниот опсег за PCO_2 е помеѓу 35 и 45 mm Hg. Ќе забележите дека зголемувањето и намалувањето на PCO_2 влијае на нивоата на H^+ и HCO_3^- што бубрезите ги излучуваат во урината. Функционална единица за прилагодување на составот на плазмата е нефронот. Запомнете дека, иако бубрежниот систем може делумно да компензира за нерамнотежа на pH поради респираторна причина, сепак, бубрезите не можат целосно да компензираат ако респирациите не се вратат во нормала бидејќи нивото на јаглерод диоксид сè уште ќе биде абнормално (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Цилиндар за крв (прва чаша на левата страна на екранот);
- Цилиндар за дренирање на крв (втора чаша на левата страна на екранот);
- Симулиран нефрон (филтратот се формира во капсулата на Bowman, тече низ бубрежната тубула - тубуларните компоненти и се испушта во собирен канал, кој пак се исцедува во уринарниот мочен меур);
- Цилиндар за дренирање на филтратот - (чаша на десната страна на екранот) - го симулира мочниот меур.

Експеримент бр. 9



Слика бр. 17. Промена на H^+ и HCO_3^- во урина при промена на PCO_2 и pH во крвта (Zao et al., 2020)

1. Забележете дека PCO_2 е поставен на 40 mmHg (во нормален опсег) и дека pH на крвта е исто така во нормален опсег. Изберете **Start** за да започне крвта да тече до гломерулот и да ја филтрира крвта низ бубрегот;
2. Забележете ги H^+ и HCO_3^- во урината и изберете **Record data** за да ги прикажете вашите резултати во мрежата потоа изберете **Refill** за да ја наполните изворната чаша;
3. Намалете го PCO_2 на 30 со избирање на копчето - покрај екранот PCO_2 . Забележете го соодветното зголемување на pH во крвта (над нормалниот опсег). Изберете **Start** за да започне крвта да тече до гломерулот за да ја филтрира крвта низ бубрегот и потоа повторете го претходниот чекор за да ги зачувате вашите резултати;
4. Зголемете го PCO_2 на 60 со избирање на копчето + покрај екранот PCO_2 . Забележете го соодветното намалување на pH на крвта (под нормалниот опсег). Изберете **Start** за да започне крвта да тече до гломерулот за да ја филтрира крвта низ бубрегот и потоа изберете **Submit** за да ги зачувате вашите резултати.

Резултати

Табела 13. Влијание на бубрезите во регулација на ацидо-базна рамнотежа (Zao et al., 2020)

PCO_2 (mmHg)	pH на крв	H^+ во урина	HCO_3^- во урина

Пост-лабораториски квиз

1. Кога ги прилагодувате контролите, што се случува со pH на крвта кога ќе го намалите PCO_2 ?
 - а) pH се зголеми
 - б) pH се намали
 - в) pH не се промени
2. При некомпензирана респираторна алкалоза:
 - а) Нивоата на јаглерод диоксид во крвта се покачени
 - б) Нивоата на јаглерод диоксид во крвта се ниски
 - в) Нивото на јаглерод диоксид во крвта е нормално
 - г) pH на крвта е ниска
3. Каков тип на дишење води кон ацидоза?
 - а) Хипервентилација
 - б) Хиповентилација
 - в) Повторно вдишување на издишан воздух
 - г) Хиповентилација и повторно вдишување на издишан воздух
4. Со ренална компензација за респираторна ацидоза, pH на урината:
 - а) Се зголеми бидејќи H^+ се зголемил
 - б) Се намали бидејќи H^+ се зголемил
 - в) Се зголеми бидејќи H^+ се намалил
 - г) Се намалил бидејќи H^+ се намалил

Дискусија

1. Опишете што се случи со концентрацијата на јони во урината кога PCO_2 беше намален.

2. Која состојба беше симулирана кога PCO_2 беше намален?
3. Опишете што се случи со концентрацијата на јони во урината кога се зголеми PCO_2 .
4. Која состојба беше симулирана кога PCO_2 беше зголемен?

2.1.4. Влијание на респираторниот систем врз метаболната ацидоза и алкалоза

Цели на вежбата

- Да се разберат причините за метаболна ацидоза и метаболна алкалоза;
- Да се набљудуваат физиолошките промени кои настануваат со зголемување и намалување на метаболната стапка;
- Да се објасни како респираторниот систем компензира за метаболна ацидоза и алкалоза.

Вовед во вежбата

Состојбите на ацидоза и алкалоза кои не се настанати поради респираторни причини, се нарекуваат **метаболна ацидоза** и **метаболна алкалоза**. Метаболната ацидоза се карактеризира со низок HCO_3^- и pH во плазмата. Причините за метаболна ацидоза вклучуваат:

- кетоацидоза, акумулација на кето киселини што може да биде резултат на нерегулиран дијабетес мелитус;
- труење со салицилати, токсична состојба која произлегува од внесување на премногу аспирин или масло од зимзелени (супстанција која често се наоѓа во лабораториите);
- ингестија на премногу алкохол, кој се метаболизира во оцетна киселина;
- дијареа, што резултира со губење на бикарбонати со елиминација на цревната содржина;
- напорни вежби, кои можат да предизвикаат акумулација на млечна киселина од анаеробниот мускулен метаболизам.

Метаболната алкалоза се карактеризира со зголемени концентрации на HCO_3^- во плазмата и намалена pH вредност. Причините за метаболна алкалоза вклучуваат:

- ингестија на алкалии, како што се антациди или бикарбонати;
- повраќање, што може да резултира со губење на премногу H^+ ;
- опстипација, што може да резултира со значителна реапсорпција на HCO_3^- .

Зголемувањето или намалувањето на нормалната метаболна стапка на телото, исто така, може да резултира со метаболна ацидоза или алкалоза. Потсетете се дека јаглеродниот диоксид (отпаден производ на метаболизмот) се меша со вода во плазмата за да формира јаглеродна киселина, која пак, формира H^+ (Zao et al., 2020).

Затоа, зголемувањето на нормалната метаболна стапка предизвикува повеќе јаглерод диоксид да се формира како метаболен отпад што резултира со формирање на повеќе H^+ и според тоа, понизок pH во плазмата, што потенцијално предизвикува ацидоза. Други киселини кои се исто така нормални метаболни отпадни производи (како што се кетонски тела и фосфорни, урични и млечни киселини) би се акумулирале со зголемување на стапката на метаболизмот. Спротивно на тоа, намалувањето на нормалната метаболна стапка предизвикува помалку формиран јаглерод диоксид како метаболен отпаден производ што резултира со формирање на помалку H^+ и според тоа, повисока pH на плазмата, потенцијално предизвикувајќи алкалоза. Многу фактори можат да влијаат на стапката на клеточниот метаболизам. На пример, треската, стресот или внесувањето храна предизвикува намалување на стапката на клеточниот

метаболизам. Респираторниот систем компензира за метаболна ацидоза или алкалоза со исфрлање или задржување на јаглерод диоксид во крвта.

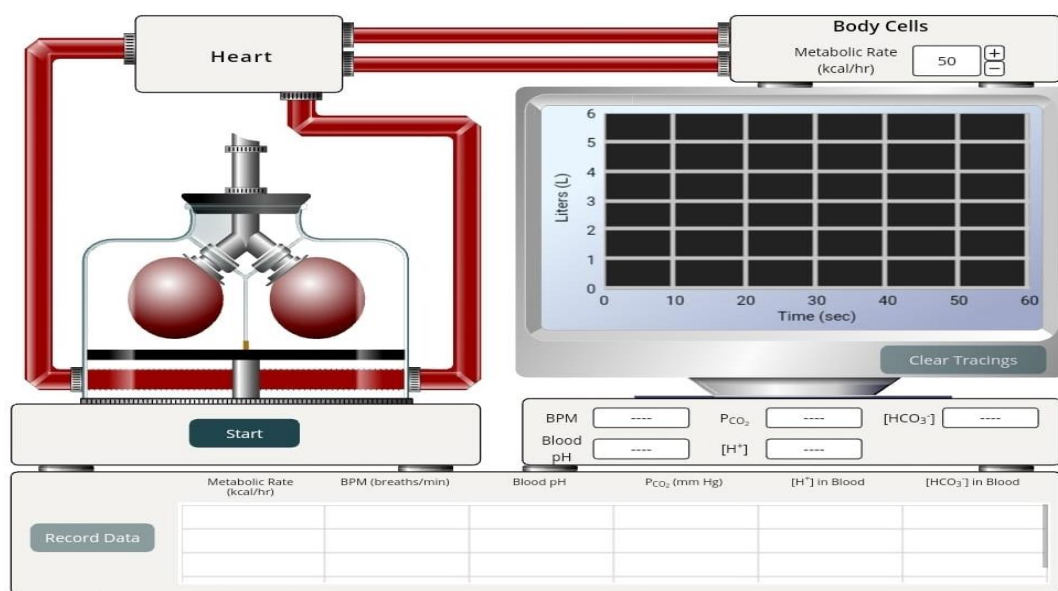
За време на метаболна ацидоза, дишењето се зголемува за да се исфрли јаглеродниот диоксид од крвта, со што се намалува H^+ и се зголемува pH вредноста. За време на метаболната алкалоза, дишењето се намалува за да се поттикне акумулацијата на јаглерод диоксид во крвта, со што се зголемува H^+ и се намалува pH вредноста.

Бубрежниот систем, исто така, компензира за метаболна ацидоза и алкалоза со зачувување или излачување на бикарбонатните јони. Сепак, во оваа активност, ќе се фокусираат на респираторна компензација на метаболна ацидоза и алкалоза.

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Симулирана срцева пумпа;
- Симулирана белодробна комора;
- Осцилоскоп.

Експеримент бр. 10



Слика бр. 18. Влијанието на стапката на метаболизам врз бројот на респирации во минута, pH, H^+ , PCO_2 и HCO_3^- на крвта (Zao et al., 2020)

1. Ќе започнете со набљудување на респираторната активност при нормални метаболни услови. Забележете дека метаболната стапка е поставена на 50 kcal/h (нормална вредност за овој експеримент). Изберете **Start** за да започнете со дишење и проток на крв. Забележете ги стрелките што ја покажуваат насоката на протокот на крв. На екранот на осцилокопот ќе се појави графикон кој прикажува респираторна активност;
2. Забележете ги податоците на приказите под екранот на осцилокопот и изберете **Record data** за да ги прикажете вашите резултати во мрежата;
3. Зголемете ја стапката на метаболизам на 60 kcal/h со избирање на копчето + покрај екранот на метаболната стапка. Изберете **Start** за да започнете со дишење и проток на крв и потоа изберете **Record data** за да ги зачувате вашите резултати;
4. Во следниот чекор зголемете ја стапката на метаболизам на 80 kcal/h, изберете **Start** и потоа **Record data** за да ги зачувате вашите резултати;

5. Сега ќе ја намалувате стапката на метаболизам. Намалете ја на 40kcal/h, па во следниот чекор на 20kcal/h со избирање на копчето – покрај екранот на метаболната стапка и изберете **Start**, а потоа **Record data**;
6. Изберете **Submit** за да ги зачувате вашите резултати.

Резултати

Табела 14. Респираторниот систем во регулација на ацидо-базна рамнотежа (Zao et al., 2020)

Метаболна стапка (kcal/h)	Респирации во минута	pH на крв	PCO ₂ (mm/Hg)	H ⁺ во крв	HCO ₃ ⁻ во крв

Пост лабораториски квиз

1. Што се случи со дишењето кога метаболизмот беше зголемен?
 - а) Вдишувањата во минута се намалија
 - б) Дишењето во минута се зголеми
 - в) Дишниот волумен (tidal volume) се зголеми
 - г) Дишењето во минута и дишниот волумен се зголемија
2. Што од наведеното не е причина за метаболна ацидоза?
 - а) Дијабетес мелитус
 - б) Опстипација
 - в) Дијареа
 - г) Напорен тренинг
3. Ако PCO₂ во крвта се зголеми, тогаш:
 - а) H⁺ се зголемува и pH се намалува
 - б) H⁺ се намалува и pH се намалува
 - в) H⁺ се намалува и pH се зголемува
 - г) H⁺ се зголемува и pH се зголемува
4. Која од наведените вредности се зголемила со намален метаболизам?
 - а) H⁺
 - б) HCO₃⁻
 - в) pH
 - г) pH и HCO₃⁻

Дискусија

1. Опишете што се случи со pH на крвта кога метаболната стапка беше зголемена на 80 kcal/h. Кој систем на телото компензираше?
2. Наведете и опишете некои можни причини за метаболна ацидоза.
3. Опишете што се случи со pH на крвта кога метаболната стапка беше намалена на 20 kcal/h. Кој систем на телото компензираше?
4. Наведете и опишете некои можни причини за метаболна алкалоза

3. Гастроинтестинален систем

Плунка

Плунката е безбојна бистра течност која е производ на секрецијата на трите пара главни плунковни жлезди: паротидни, субмандибуларни и сублингвални. Покрај овие три пара жлезди, постојат и мал број букални жлезди кои се наоѓаат во слузокожата на усната празнина. Во зависност од составот и конзистенцијата на храната која што се конзумира, како и од условите во кои се излачува, дневната количина на излачена плунка варира и е во граници од 1-1,5 л. Специфичната тежина на плунката се движи од 1.003-1.012, а зависи од количината на растворените материи во неа. pH на плунката е од слабо кисела до слабо базна, односно од 5.6 до 7.6. Составот на плунката е 99% вода и од околу 0,5-1% растворени материи од кои 40% се неоргански соли и тоа најмногу натриум и калиум во вид на хлориди, фосфати и бикарбонати. Од овие соли најзначајно е присуството на калциум бикарбонат кој со стоењето на плунката во усната празнина го губи јаглерод диоксидот и поминува во калциум карбонат, кој пак заедно со протеините се таложи на забите формирајќи забен камен. Остатокот се органски материи, како белковини (муцин, албумини, апоеритринот), ензими (птијалин или амилаза, малтаза, лизозим и др.), ферменти и др. Повеќе фактори, како што се цвакањето, говорот, механичките дразби, хемиските дразби, дразнење на сетилата за мирис и вкус и дразнењето на желудникот, имаат влијание врз излачувањето на плунката. Секрецијата на плунката е контролирана од нервни импулси кои потекнуваат од горните и од долните саливаторни јадра сместени на границата помеѓу продолжениот мозок и понсот. Најважни физиолошки функции на плунката се: физичко и хемиско делување на храната во усната празнина, бактерицидно дејство и др. (Gapong, 1993).

Варење во желудник и тенко црево

Дигестија или варење на храната претставува процес кој означува механичка и хемиска обработка на храната. Со овој процес хранливите супстрати (јаглехидрати, масти и протеини) се разложуваат на соединенија со помали молекули кои се погодни за апсорпција. За да се апсорбираат јаглехидратите потребно е да се разложат до моносахариди, протеините до аминокиселини, а мастите до глицерол и слободни масни киселини.

Хранливите материи се разложуваат под дејство на ензими кои се поделени во следните три групи:

1. јагленохидрази: амилаза (се наоѓа во плунката и панкреасниот сок), малтаза, сахарaza, лактаза и изомалтаза (ги има во цревниот сок);
2. протеази: пепсин (во желудник), трипсин и химотрипсин, карбоксиполипептидаза, проеластаза (ги има во панкреасниот сок);
3. липази: најзначајна е липазата од панкреасниот сок, а во мало количество ја има и во плунката.

Во процесот на варење на храната учествуваат и хормони, како што се ацетил холин, гастрин и хистамин (Ѓоргоски и др., 2006).

Ресорпција на хранливите материи

Ресорпција на хранливи материи претставува процес во кој неорганските и органските соединенија поминуваат низ епителот на цревната слузокожа и доаѓаат во крвта и лимфата. Важна улога на клетките од цревниот епител е тоа што клеточните мембрани содржат липидни материи во кои лесно се раствораат повеќе материи. Повеќе фактори влијаат на ресорпцијата: големината на молекулите, нивната растворливост во вода и

масти, големината на ресорптивната површина, прокрвеноста на слузокожата и местото од дигестивниот тракт во кој се одвива (Hall et al., 2021).

3.1. Проценка на дигестија на скроб со плунковна амилаза

Цели на вежбата

- Да се објасни како ензимската активност може да се процени со ензимски анализи: IKI анализата и анализата на Бенедикт;
- Да се дефинира поимот ензим, катализатор, хидролаза, супстрат и контрола;
- Да се разбере специфичноста на дејството на амилазата;
- Да се именуваат крајните производи на варење на јагленохидратите;
- Да се извршат соодветни хемиски тестови за да се утврди дали дошло до варење на одредена храна;
- Да се дискутира за можниот ефект на температурата и pH вредноста врз активноста на амилазата.

Вовед во вежбата

Во оваа активност ќе ја испитате хидролизата на скроб во малтоза со плунковна амилаза, ензимот произведен од плунковните жлезди и секретирани во устата. За да можете да откриете дали имало или не ензимско дејство, потребно е да го идентификувате присуството на супстратот и производот за да одредите до кој степен дошло до хидролиза. Така, контролите мора да бидат подготвени за да обезбедат познат стандард со кој може да се прават споредби. Со позитивни контроли се вклучени сите потребни супстанции и се очекува позитивен резултат. Понекогаш во ваквите експерименти се вклучени и негативни контроли од кои се очекува негативен резултат. Негативните резултати со негативни контроли го потврдуваат експериментот и тие се користат за да се утврди дали има некои загадувачки супстанции во реагенсите. Значи, кога се произведува позитивен резултат, но се очекува негативен резултат, една или повеќе загадувачки супстанции се присутни за да ја предизвикаат промената. Со активноста на амилазата, скробот се намалува, а шеќерот се зголемува како што варењето продолжува според следната равенка:



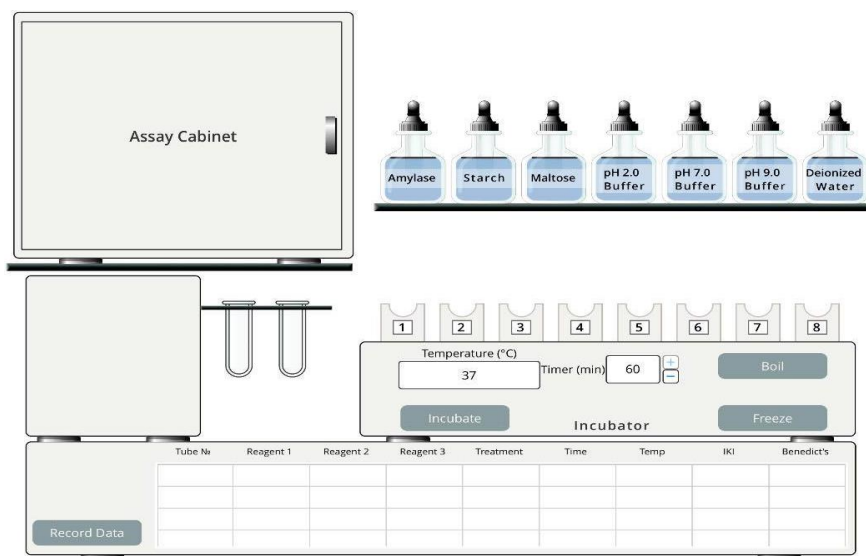
Бидејќи хемиските промени што се случуваат кога скробот се вари во малтоза не можат да се видат со голо око, треба да спроведете ензимска анализа, односно хемиски метод за откривање на присуството на дигестирани супстанции. Ќе извршите две ензимски анализи на секој примерок. Анализата IKI детектира присуство на скроб, а Бенедиктовите тестови детектираат присуство на редуцирани шеќери, како што се гликоза или малтоза, кои се производи за варење на скроб. Важно е да се разбере дека ензимските анализи укажуваат само на присуство или отсуство на супстанции. Ваша задача е да ги анализирате резултатите од експериментите за да одлучите дали настанала ензимска хидролиза (Marieb et al., 2005).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Амилаза - ензим кој го вари скробот;
- Скроб - сложен супстрат од јагленихидрати;
- Малтоза - дисахарииден супстрат;
- pH пуфери - раствори што се користат за прилагодување на pH на растворот;

- Дејонизирана вода - се користи за прилагодување на волуменот така што таа е иста за секоја реакција;
- Епрувети - се користат како реакциони садови за различни тестови;
- Инкубатори - се користат за температурни третмани (вриење, замрзнување и инкубација на 37°C);
- ИКИ реагенс - се користи за откривање на присуство на скроб;
- Бенедиктов реагенс - се користи за откривање на производи од дигестија на скроб (ова ги вклучува редуцираните шеќери малтоза и гликоза).

Експеримент бр. 11



Слика бр.19. Дигестија на скроб при различни услови (амилаза, скроб, малтоза, температура, pH) (Zao et al., 2020)

1. Повлечете епрувета до првиот држач во единицата за инкубација. Во единицата за инкубација автоматски ќе се постават уште седум епрувети;
2. Додадете ги супстанциите наведени подолу во епруветите од 1 до 8 (за да додадете супстанција во епруветата, повлечете го капачето за капалка од шишето на полицата со раствори до врвот на епруветата);

Табела 15. Приказ на содржината во епруветите употребени во експериментот (Zao et al., 2020)

Епрувета 1: амилаза, скроб, pH 7.0 пуфер	Епрувета 2: амилаза, скроб, pH 7.0 пуфер
Епрувета 3: амилаза, скроб, pH 7.0 пуфер	Епрувета 4: амилаза, дејонизирана вода, pH 7.0 пуфер
Епрувета 5: дејонизирана вода, скроб, pH 7.0 пуфер	Епрувета 6: дејонизирана вода, малтоза, pH 7.0 пуфер
Епрувета 7: амилаза, скроб, pH 2.0 пуфер	Епрувета 8: амилаза, скроб, pH 9.0 пуфер

3. Изберете го бројот **1** под првата епрувета. Епруветата ќе се спушти во единицата за инкубација. Сите други епрувети треба да останат во крената положба. Потоа изберете вриење (**Boil**) за да ја зовриете епруветата 1. Откако ќе зоврие неколку секунди, епруветата автоматски ќе се подигне;
4. Повторете го претходниот чекор за епруветата 2, со тоа што нема да изберете вриење туку замрзнување (**Freeze**);
5. Изберете инкубација (**Incubation**) за да го започнете процесот. Имајте предвид дека температурата на инкубација е поставена на 37°C, а тајмерот е поставен на 60 мин.

- Единицата за инкубација лесно ќе ја движи епруветата во инкубаторот, рамномерно мешајќи ја содржината на сите епрувети низ процесот на инкубација. Симулацијата го компресира временскиот период од 60 минути во 10 секунди реално време, така што она што би било 60 минутна инкубација во реалниот живот ќе потрае само 10 секунди во симулацијата. Кога ќе истече времето на инкубација, решетката за епрувета автоматски ќе се крене, а вратите на кабинетот за анализа ќе се отворат;
6. Откако ќе се отворат вратите на кабинетот за испитување, забележете ги двата реагенси. IKI реагенсот детектира присуство на скроб, а Бенедиктовиот реагенс детектира присуство на редукциони шеќери како гликоза или малтоза, кои се продукти за варење на скробот. Под реагенсите има мали епрувети за анализа во кои ќе распределите мала количина на тест раствор од инкубираните примероци во единицата за инкубација, плус капка од IKI раствор;
 7. Повлечете ја првата епрувета во единицата за инкубација до првата мала епрувета на левата страна од кабинетот за анализа за да се преточи приближно половина од содржината на епруветата во тест епруветата. Чекорот на декантирање автоматски ќе се повтори за преостанатите цевки во единицата за инкубација. Во следниот чекор повлечете го капачето на IKI растворот до првата епрувета за да испуштите капка раствор во епруветата за анализа. Автоматски ќе се испуштат капки и низ останатите епрувети;
 8. Забележете ги епруветите и нивната промена на бојата. Сино-црната боја укажува на позитивен тест за скроб. Ако не е присутен скроб, растворот ќе изгледа како разреден ИКИ раствор, негативен тест за скроб. Средните количини на скроб резултираат со бледо-сива боја. Изберете **Record Data** за да ги прикажете вашите резултати во табелата;
 9. Повлечете го капачето за Бенедиктовиот реагенс до првата епрувета во инкубаторот за да испуштите 5 капки од реагенсот во епруветата, а потоа автоматски ќе се испуштат капки и низ другите епрувети. Во следниот чекор изберете Вриење (**Boil**);
 10. Забележете ја промената на бојата на епруветите. Зелено-црвеникава боја покажува дека е присутен редуциран шеќер (reducing sugar) и ова е позитивен тест за шеќер. Примерок со портокалова боја содржи повеќе шеќер отколку зелениот примерок. Црвеникаво-кафеава боја укажува на уште повеќе шеќер. Негативниот тест за шеќер е означен со тоа што нема промена на бојата од оригиналната светло сина боја. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ги зачувате вашите резултати во табелата;
 11. Изберете **Submit** (поднеси податоци) за да ги зачувате вашите резултати во лабораторискиот извештај и продолжете кон пост-лабораторискиот квиз.

Пост лабораториски квиз

1. Епруветите: 3 (амилаза, скроб, pH 7,0 пуфер), 7 (амилаза, скроб, pH 2,0 пуфер) и 8 (амилаза, скроб, pH 9,0 пуфер) откриваат дека:
 - а) активност на амилазата не беше под влијание на pH вредноста
 - б) активност на амилазата беше највисока на pH 9
 - в) активност на амилазата беше највисока на pH 2
 - г) активност на амилазата беше највисока на pH 7
2. Оваа активност вклучува голем број негативни контроли. Која епрувета покажува дека растворот на амилаза не бил контаминиран со малтоза?
 - а) епрувета 1 (амилаза, скроб, pH 7,0 пуфер)
 - б) епрувета 4 (амилаза, дејонизирана вода, pH 7,0 пуфер)
 - в) епрувета 6 (дејонизирана вода, малтоза, pH 7,0 пуфер)
 - г) епрувета 7 (амилаза, скроб, pH 2,0 пуфер)
3. Кои епрувети покажуваат дека дејонизираната вода не содржи контаминиращки скроб или малтоза?

- а) Епрувети: 4 (амилаза, дејонизирана вода, рН 7,0 пуфер) и 5 (дејонизирана вода, скроб, рН 7,0 пуфер)
б) Епрувети: 4 (амилаза, дејонизирана вода, рН 7,0 пуфер) и 6 (дејонизирана вода, малтоза, рН 7,0 пуфер)
в) Епрувети: 4 (амилаза, дејонизирана вода, рН 7,0 пуфер) 5 (дејонизирана вода, скроб, рН 7,0 пуфер) и 6 (дејонизирана вода, малтоза, рН 7,0 пуфер)
г) Епрувети: 1 (амилаза, скроб, рН 7,0 пуфер), 4 (амилаза, дејонизирана вода, рН 7,0 пуфер) и 5 (дејонизирана вода, скроб, рН 7,0 пуфер)
4. Објаснете каде и зошто плунковната амилаза би била најактивна.
а) Плунковната амилаза би била активна во устата и желудникот бидејќи рН 2 и рН 7 се местото каде што се јавува нејзината максимална активност
б) Плунковната амилаза би била најактивна во желудникот бидејќи рН 2 е местото каде што се јавува нејзината максимална активност
в) Плунковната амилаза би била најактивна во тенкото црево бидејќи рН 9 е местото каде што се јавува нејзината максимална активност
г) Плунковната амилаза би била најактивна во устата бидејќи рН 7 е местото каде што е нејзината максимална активност

Дискусија

1. Наведете го супстратот и субединицата на производот на амилазата.
2. Каков ефект имало вриењето врз активноста на ензимите? Зошто?
3. На која рН вредност активноста на амилазата била најактивна? Опишете го значењето на овој резултат.
4. Накратко опишете ја потребата од контроли и наведете пример користен во овој експеримент.
5. Опишете го значењето на користење на температура на инкубација од 37°C за тестирање на активноста на плунковната амилаза.

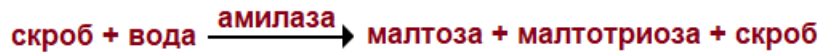
3.2. Истражување на специфичноста на супстратот на амилазата

Цели на вежбата

- Да се објасни како може да се процени хидролитичката ензимска активност со IKI анализата и анализата на Бенедикт;
- Да се разбере специфичноста што ја имаат ензимите за нивниот супстрат;
- Да се разбере разликата помеѓу супстратите скроб и целулоза;
- Да се објасни која би била специфичноста на супстратот на пептидазата;
- Да се објасни како бактериите можат да помогнат во варењето на храната.

Вовед во вежбата

Во оваа вежба ќе ја истражите специфичноста што ја имаат ензимите за нивните супстрати. За да го направите ова, ќе го хидролизирате скробот во малтоза и малтотриоза користејќи плунковна амилаза, ензимот што го произведуваат плунковните жлезди и се лачат во устата. За да откриете дали имало ензимско дејство или не, потребно е да го идентификувате присуството на супстратот и производот за да одредите до кој степен дошло до хидролиза. Супстратот е супстанцијата на која делува ензимот. Ензимот има џеб наречен **активно место**, во кое супстратот или супстратите мора привремено да се вклопат за да се случи катализа. Супстратот често се задржува во активното место со нековалентни врски (слаби врски), како што се јонските врски и водородните врски. Со активноста на амилазата, скробот се намалува, а шеќерот се зголемува како што варењето продолжува според следната равенка:



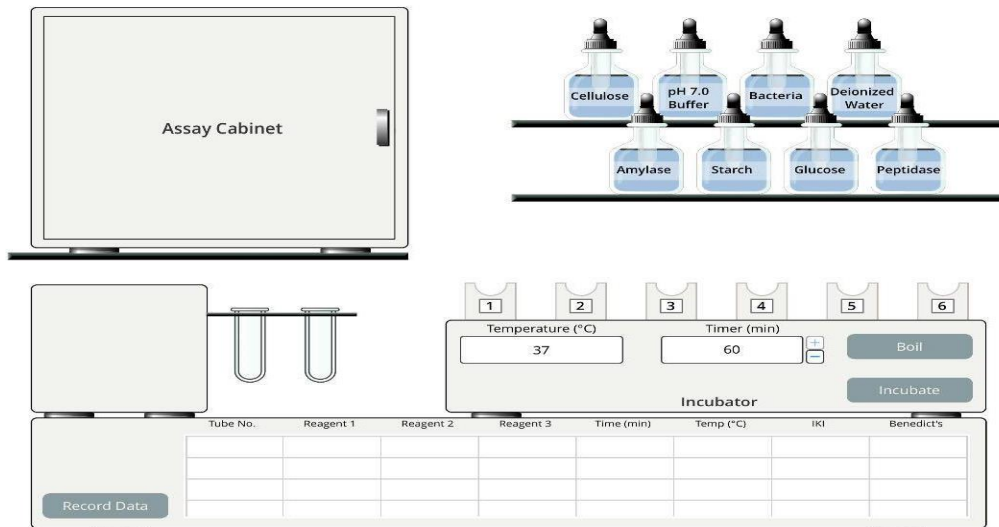
Бидејќи хемиските промени што се случуваат кога скробот се вари во малтоза не може да се видат со голо око, треба да спроведете ензимска анализа, хемиски метод за откривање на присуството на дигестирани супстанции. Ќе извршите две ензимски анализи на секој примерок. Анализата IKI детектира присуство на скроб, а Бенедиктовите тестови се за присуство на редуцирани шеќери, како што се гликоза или малтоза, кои се производи за варење на скроб. Ензимските анализи само укажуваат на присуство или отсуство на супстанции. Ваша задача е да ги анализирате резултатите од експериментите за да одлучите дали настанала ензимска хидролиза. Скробот е полисахарид кој се наоѓа во растенијата, каде што се користи за складирање на енергија. Растенијата имаат и полисахарид целулоза, кој ги обезбедува нивните клеточни ѕидови. Двата полисахарида се полимери на гликоза, но молекулите на гликозата се поинаку поврзани.

Ќе ја тестирате плунковната амилаза за да одредите дали ја вари целулозата. Исто така, ќе испитате дали бактериската суспензија може да ја вари целулозата и дали пептидазата, ензим на панкреасот што ги вари пептидите, може да го разложи скробот (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Амилаза - ензим кој го вари скробот;
- Скроб - полисахарид;
- pH 7,0 пуфер - раствор кој се користи за поставување на pH на растворот на епрувета;
- Дејонизирана вода - се користи за прилагодување на волуменот на растворот во епрувета за да биде иста за секоја реакција;
- Гликоза - редуциран шеќер кој е моносахаридна поединица и на скроб и на целулоза;
- Целулоза - сложен јаглехидрат кој се наоѓа во клеточниот ѕид на растенијата;
- Пептидаза - ензим на панкреасот кој ги разградува пептидите;
- Бактерии - суспензија на живи бактерии;
- Епрувети - се користат како реакциони садови за различни тестови;
- Инкубатори - се користат за температурни третмани (инкубација од 37 °C);
- ИКИ раствор - се користи за откривање на присуство на скроб или целулоза;
- Бенедиктовиот реагенс - се користи за откривање на производи од варење на скроб и целулоза.

Експеримент бр. 12



Слика бр. 20. Влијанието на амилазата врз различни видови на супстрат, како и на бактериска суспензија и пептидази врз целулоза и скроб (Zao et al., 2020)

1. Повлечете епрувета до првиот држач во единицата за инкубација. Уште пет епрувети автоматски ќе се стават во единицата за инкубација;
2. Додадете ги супстанциите наведени подолу во епруветите од 1 до 6 (за да додадете супстанција во епрувета, повлечете го капачето за капалка од шишето на полицата со раствори до епруветата);

Табела 16. Приказ на содржината во епруветите употребени во експериментот (Zao et al., 2020)

Епрувета 1: амилаза, скроб, pH 7.0 пуфер	Епрувета 2: амилаза, глюкоза, pH 7.0 пуфер
Епрувета 3: амилаза, целулоза, pH 7.0 пуфер	Епрувета 4: целулоза, pH 7.0 пуфер, дејонизирана вода
Епрувета 5: пептидаза, скроб, pH 7.0 пуфер	Епрувета 6: бактерија, целулоза, pH 7.0 пуфер

3. Во следниот чекор, што ќе ни биде познат од претходната вежба, изберете **Incubation** (инкубација) за да го започнете процесот. Температурата на инкубација е поставена на 37°C, а тајмерот е поставен на 60 мин (симулацијата го компресира временскиот период од 60 минути во 10 секунди реално време). Кога ќе истече времето на инкубација, решетката за епруветата автоматски ќе се подигне, а вратите на кабинетот за анализа ќе се отворат;
4. Откако ќе се отворат вратите на кабинетот за испитување, ги забележуваме двата реагенса кои ги користевме и во претходната вежба. IKI детектира присуство на скроб, а Бенедиктовиот реагенс детектира присуство на редуцирани шеќери како гликоза или малтоза, кои се продукти за варење на скробот. Под реагенсите има мали епрувети за анализа во кои ќе распределите мала количина на тест раствор од инкубираните примероци во единицата за инкубација, плус капка IKI. Повлечете ја првата епрувета во единицата за инкубација до првата мала епрувета на левата страна од кабинетот за анализа за да се преточи приближно половина од содржината на епруветата во тест епруветата. Чекорот на декантирање автоматски ќе се повтори за преостанатите цевки во единицата за инкубација. Во следниот чекор повлечете го капачето на IKI до првата епрувета за да испуштите капка IKI во епруветата за анализа. Автоматски ќе се испуштат капки и низ останатите епрувети;
5. Забележете ја промената на бојата на епруветите. Сино-црната боја укажува на позитивен тест за скроб. Ако не е присутен скроб, смесата ќе изгледа како разредена IKI, а тоа е негативен резултат за скроб. Средните количини на скроб резултираат со бледо-сива боја. IKI и целулоза резултира со негативен тест за скроб. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ги зачувате резултатите во табелата;

6. Повлечете го капчето за Бенедиктовиот реагенс до првата епрувета во инкубаторот за да испуштите 5 капки од реагенсот во епруветата, а потоа автоматски ќе се испуштат капки и низ другите епрувети и потоа изберете вриење (**Boil**);
7. Забележете ја промената на бојата на епруветите. Зелено-црвеникава боја покажува дека е присутен редуциран шеќер, ова е позитивен тест за шеќер. Примерок со портокалова боја содржи повеќе шеќер отколку зелен примерок. Црвеникаво-кафеава боја укажува на уште повеќе шеќер. Негативниот тест за шеќер е означен со тоа што нема промена на бојата од оригиналното светло сино. Изберете **Record Data** за да ги зачувате вашите резултати во табелата;
8. Врз основа на експериментот, размислете и одговорете на прашањето: Кој е вообичаениот супстрат за панкреасниот ензим пептидаза?
9. Изберете **Submit** (поднеси податоци) за да ги зачувате вашите резултати во лабораторискиот извештај и продолжете кон пост-лабораторискиот квиз.

Пост лабораториски квиз

1. Супстратот(ите) за амилаза е/се:
 - a) скроб
 - b) целулоза
 - c) пептиди
 - d) скроб и целулоза
 - e) скроб и пептиди
2. Резултатот од епрувета 5 (пептидаза, скроб, pH 7.0 пуфер) покажа дека:
 - a) пептидазата може да го вари скробот
 - b) пептидазата не го вари скробот
 - c) пептидазата може да ја вари целулозата
 - d) пептидазата може да ја вари гликозата
3. Зошто целулозата во епруветата 6 (бактерии, целулоза, pH 7.0 пуфер) беше хидролизирана до гликоза?
 - a) Бактериската суспензија го содржела ензимот амилаза, кој ја вари целулозата
 - b) Бактериската суспензија содржела редуцирани шеќери
 - c) Бактериската суспензија го содржела ензимот пептидаза, кој ја вари целулозата
 - d) Бактериската суспензија го содржела ензимот целулаза, кој ја вари целулозата
4. Која епрувета ви овозможува да заклучите дека пуферот не бил контаминиран со амилаза?
 - a) Епрувета 1 (амилаза, скроб, pH 7,0 пуфер)
 - b) Епрувета 2 (амилаза, гликоза, pH 7,0 пуфер)
 - c) Епрувета 3 (амилаза, целулоза, pH 7,0 пуфер)
 - d) Епрувета 4 (целулоза, пуфер pH 7,0, дејонизирана вода)
 - e) Епрувета 5 (пептидаза, скроб, pH 7,0 пуфер)
 - f) Епрувета 6 (бактерии, целулоза, pH 7,0 пуфер)

Дискусија

1. Опишете зошто резултатите во епруветата 1 (амилаза, скроб, pH 7.0 пуфер) и епруветата 2 (амилаза, гликоза, pH 7.0 пуфер) се исти.
2. Опишете го резултатот во епруветата 3 (амилаза, целулоза, pH 7,0 пуфер).
3. Опишете го вообичаениот супстрат за пептидаза.
4. Објаснете како бактериите можат да помогнат во варењето.

3.3. Проценка на варењето на протеини со пепсин

Цели на вежбата

- Објаснете како може да се процени ензимската активност на пепсин со BAPNA анализата;
- Идентификувајте ја специфичноста на супстратот на пепсинот;
- Дискутирајте за ефектите на температурата и pH врз активноста на пепсинот;
- Разберете ја специфичноста на pH на ензимската активност и како таа е поврзана со човечката физиологија.

Вовед во вежбата

Во оваа вежба, ќе го истражувате варењето на протеини (пептиди). Пептидите се две или повеќе аминокиселини поврзани заедно со пептидна врска. Пептидниот ланец кој содржи од 10 до 100 аминокиселини обично се нарекува полипептид. Протеините може да се состојат од голем пептиден синџир (повеќе од 100 аминокиселини) или дури и повеќе пептидни синџири. За време на варењето, главните клетки на стомачните жлезди лачат ензим за варење на протеините наречен **пепсин**. Пепсинот ги хидролизира пептидните врски. Оваа активност ги разложува внесените протеини и полипептиди во помали пептидни синџири и слободни аминокиселини. Во оваа активност, ќе ги користите BAPNA пептидот како супстрат за да ја процените активноста на пепсинот. BAPNA е синтетички пептид кој ослободува производ од жолта боја кога се хидролизира. Растворите на BAPNA стануваат жолти во присуство на активна пептидаза, како што е пепсинот, но во спротивно остануваат безбојни.

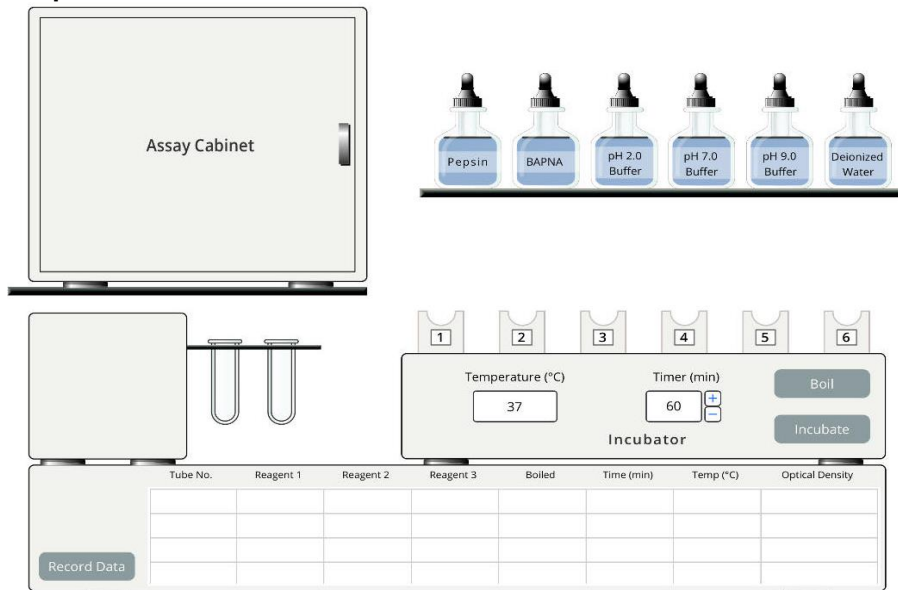
За да ја измерите активноста на пепсинот во секој тест раствор, ќе користите спектрофотометар за да ја измерите количината на произведената жолта боја. Спектрофотометарот ја фрла светлината низ примерокот и потоа мери колку светлина се апсорбира. Делот од апсорбираната светлина се изразува како оптичка густина на примерокот. Жолтите раствори, каде што BAPNA е хидролизиран, ќе имаат оптички карактеристики поголеми од нула. Колку е поголема оптичката густина, толку повеќе се случила хидролиза. Спротивно на тоа, безбојните раствори не апсорбираат светлина и ќе имаат оптичка густина близу нула.

Некои негативни контроли се вклучени во оваа активност. Со негативни контроли се очекува негативен резултат. Негативните резултати со негативни контроли го потврдуваат експериментот. Негативните контроли се користат за да се утврди дали има некои загадувачки супстанции во реагенсите. Значи, кога се произведува позитивен резултат, но се очекува негативен резултат, една или повеќе загадувачки супстанции се присутни за да ја предизвикаат промената (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Пепсин - ензим кој ги дигестира пептидите;
- BAPNA - синтетички пептид;
- pH пуфери - раствори кои се користат за поставување на pH на растворот на епруветата;
- Дејонизирана вода - се користи за прилагодување на волуменот на растворот во епрувета за да биде иста за секоја реакција;
- Епрувети - се користат како реакциони садови за различни тестови;
- Инкубатори - се користат за температурни третмани (вриење и 37°C инкубација);
- Спектрофотометар - кој се користи за мерење на оптичката густина на растворите.

Експеримент бр. 13



Слика бр. 21. Варење на протеини под влијание на пепсин (Zao et al., 2020)

1. Првите неколку чекори во оваа вежба се повторуваат од претходните две, со таа разлика што во овие епрувети ги додаваме следниве супстанции како што е наведено во следната табела:

Табела 17. Приказ на содржината во епруветите употребени во експериментот (Zao et al., 2020)

Епрувета 1: пепсин, BAPNA, pH 2.0 пуфер	Епрувета 2: пепсин, BAPNA, pH 2.0 пуфер
Епрувета 3: пепсин, дејонизирана вода, pH 2.0 пуфер	Епрувета 4: дејонизирана вода, BAPNA, pH 2.0 пуфер
Епрувета 5: пепсин, BAPNA, pH 7.0 пуфер	Епрувета 6: пепсин, BAPNA, pH 9.0 пуфер

2. Изберете го бројот **1** под првата епрувета. Епруветата ќе се спушти во единицата за инкубација. Сите други цевки треба да останат во крената положба. Потоа изберете вриење (**Boil**) за да ја зовриете епруветата 1. Откако ќе зоврие неколку моменти, епруветата автоматски ќе се подигне;
3. Изберете **Incubation** (инкубација) за да го започнете процесот. Имајте предвид дека температурата на инкубација е поставена на 37°C, а тајмерот е поставен на 60 минути (10 секунди реално време);
4. Сега ќе го користите спектрофотометарот за да измерите колку жолта боја е ослободена од хидролизата на BAPNA. Повлечете ја првата епрувета во единицата за инкубација до држачот во спектрофотометарот за да ја испуштите епруветата во држачот;
5. Изберете **Analyze** (анализирај). Спектрофотометарот ќе емитира светлина низ растворот за да ја измери количината на апсорбирана светлина, која ја известува како оптичка густина на растворот. Оптичката густина на примерокот е прикажана на екранот за оптичка густина. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ги снимите резултатите во табелата;
6. Анализирајте ги преостанатите пет епрувети со извршување и повторување на следните чекори за секоја цевка. Повлечете ја епруветата до држачот во спектрофотометарот за да ја испуштите епруветата во држачот. Изберете **Analyze**. Повлечете ја епруветата во првобитната положба во единицата за инкубација. Откако ќе ги анализирате сите пет епрувети, изберете **Record Data** за да ги прикажете вашите резултати во мрежата;

7. Изберете **Submit** (поднеси податоци) за да ги снимите вашите резултати во лабораторискиот извештај.

Пост-лабораториски квиз

1. Пепсинот би бил најактивен:
 - a) Во устата
 - б) Во стомакот
 - в) Во тенкото црево
 - г) Во устата и во стомакот
2. Кои две епрувети ги потврдија резултатите од експериментот?
 - a) Епрувети: 1 (пепсин, BAPNA, pH 2,0 пуфер) и 2 (пепсин, BAPNA, pH 2,0)
 - б) Епрувети: 2 (пепсин, BAPNA, pH 2,0) и 3 (пепсин, дејонизирана вода, BAPNA, pH 2,0)
 - в) Епрувети: 3 (пепсин, дејонизирана вода, BAPNA, pH 2,0) и 4 (дејонизирана вода, BAPNA, pH 2,0 пуфер)
 - г) Епрувети: 4 (дејонизирана вода, BAPNA, pH 2,0 пуфер) и 5 (пепсин, BAPNA, pH 7,0 пуфер)
3. Со поголема ензимска активност, оптичката густина:
 - a) Се зголеми
 - б) Се намали
 - в) Остана иста
4. Ако пепсинот дигестира вистински протеински супстрат, производот би бил:
 - a) пептиди
 - б) аминокиселини
 - в) пептиди и аминокиселини
 - г) BAPNA

Дискусија

1. Опишете го ефектот што го има вриењето врз пепсинот и како може да забележите дека има таков ефект.
2. Дали вашето предвидување беше точно за оптималната pH вредност за активността на пепсин? Разговарајте за физиолошката корелација зад вашите резултати. Потсетете се дека за време на експериментот имавте прашање: На која pH вредност мислите дека пепсинот ќе има најголема активност?
3. Што мислите дека би се случило ако го намалите времето на инкубација на 30 минути за епруветата 5 (пепсин, BAPNA, pH 7.0 пуфер)?

3.4. Проценка на дигестијата на масите со липаза

Цели на вежбата

- Објаснете како може да се процени ензимската активност на панкреасната липаза со мерење базирано на pH;
- Идентификувајте ги производите за хидролиза на дигестијата на масите;
- Разберете ја улогата што ја игра жолчката во варењето на маснотиите;
- Разбирање на значењето на специфичноста на pH на активността на липазата и како таа се поврзува со човечката физиологија;
- Дискутирајте за тешкотијата на користење на pH за мерење на варењето кога ќе се спореди активността на липазата при различни pH вредности.

Вовед во вежбата

Мастите и маслата припаѓаат на разновидна класа на молекули наречени **липиди**. Триглицеридите, еден вид липиди, ги сочинуваат и мастите и маслата. На собна температура, мастите се цврсти, а маслата се течни. И двете се слабо растворливи во вода. Оваа нерастворливост на триглицеридите во вода претставува предизвик за време на варењето бидејќи тие имаат тенденција да се згрутчуваат заедно, оставајќи ги само површинските молекули изложени на ензимите на липазата. За да се надмине оваа тешкотија, жолчните соли се лачат во тенкото црево за време на варењето за физички да ги емулгираат липидите. Жолчните соли делуваат како детергент, ги одвојуваат липидните купчиња и ја зголемуваат површината достапна за ензимите на липазата.

Како резултат на тоа, мора да се појават две реакции:

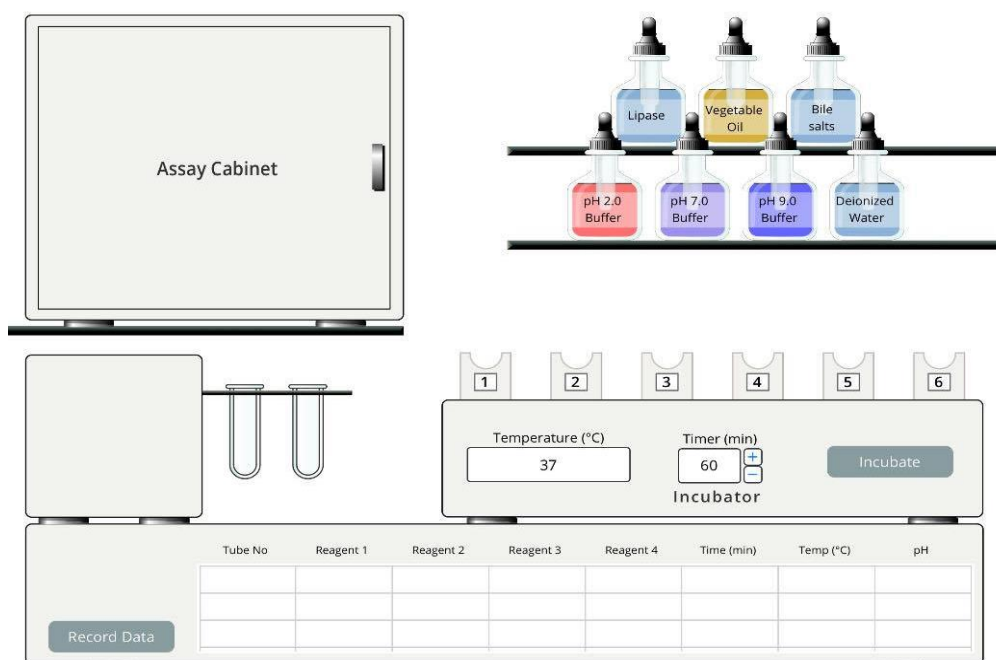


Липазата го хидролизира секој триглицерид до моноглицерид и две масни киселини. Покрај панкреатичната липаза што се секретира во тенкото црево, јазичната липаза и гастричната липаза исто така се лачат. И покрај тоа што жолчните соли не се излучуваат во устата или желудникот, малите количини липиди се варат од овие други липази. Бидејќи некои од крајните производи на дигестијата на мастите се кисели (т.е. масни киселини), активната на липазата може лесно да се мери со следење на pH вредноста на растворот. Раствор кој содржи масни киселини ослободени со активност на липаза ќе има пониска pH вредност од раствор без такво производство на масни киселини. Во оваа вежба ќе ја мерите pH вредноста со pH метар (Zao et al., 2020).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Липаза - ензим кој ги вари триглицеридите;
- Растително масло - мешавина од триглицериди;
- Жолчни соли - раствор кој физички ги раздвојува мастите во помали капки;
- pH пуфери - раствори кои се користат за поставување на pH на растворот на епрувета;
- Дејониизирана вода - се користи за прилагодување на волуменот на растворот во епрувета за да биде иста за секоја реакција;
- Епрувети - се користат како реакциони садови за различни тестови;
- Инкубатори - се користат за температурни третмани (вриење и инкубација на 37 °C);
- pH мерач - се користи за мерење на pH вредност.

Експеримент бр. 14



Слика бр. 22. Дигестија на масти со липаза (Zao et al., 2020)

1. Првите чекори од експериментот се повторуваат од претходните, со тоа што во епруветите ги ставаме супстанциите по дадениот распоред во симулацијата;
2. Изберете **Incubation** (инкубација) за да го започнете процесот. Имајте предвид дека температурата на инкубација е поставена на 37°C, а тајмерот е поставен на 60 минути (10 секунди реално време);
3. Откако ќе се отвори кабинетот за анализа, ќе набљудувате pH-метар што ќе го користите за мерење на конечната pH вредност на растворите за тестирање. Повлечете ја првата епрувета во единицата за инкубација до држачот во pH-метарот за да ја испуштите во држачот;
4. Изберете **Measure pH** (мерење на pH). Сондата ќе се спушти во примерокот, ќе земе pH вредност и потоа ќе се повлече. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да го прикажете резултатот во табелата;
5. Повлечете ја епруветата во првобитната положба во единицата за инкубација;
6. Измерете ја pH вредноста во преостанатите пет епрувети со извршување и повторување на следните чекори за секоја епрувета;
7. Изберете **Submit** (поднеси податоци) за да ги снимите вашите резултати во лабораторискиот извештај.

Пост лабораториски квиз

1. Кој е производ на хидролизата на липаза?
 - а) жолчни соли
 - б) триглицериди
 - в) фосфолипиди
 - г) масни киселини
2. Од вашите резултати, која pH вредност е идеална за активноста на панкреасната липаза?
 - а) pH 2,0
 - б) pH 7,0
 - в) pH 9,0

3. Која епрувета потврдува дека нема липаза во жолчните соли или растителното масло?
- а) епрувета 2 (липаза, растително масло, дејонизирана вода, рН 7,0 пуфер)
 - б) епрувета 3 (липаза, дејонизирана вода, жолчни соли, рН 9,0 пуфер)
 - в) епрувета 4 (дејонизирана вода, растително масло, жолчни соли, пуфер рН 7,0)
 - г) епрувета 5 (липаза, растително масло, жолчни соли, рН 2,0)
4. Каде во телото панкреасната липаза ги хидролизира триглицеридите?
- а) устата
 - б) стомакот
 - в) дебелото црево
 - г) тенко црево

Дискусија

1. Објаснете зошто не можете целосно да ја тестирате активноста на липазата во епрувета 5 (липаза, растително масло, жолчни соли, пуфер рН 2,0).
2. Која епрувета имала најголема липазна активност? Колку вашите резултати се совпаѓаат со вашето предвидување? Разговарајте за можните причини зошто можеби се совпаѓале или не.
3. Објаснете зошто панкреасната липаза би била активна и во устата и во панкреасот.
4. Опишете го процесот на жолчна емулзификација на липидите и како тоа ја подобрува активноста на липазата.

4. Физиологија на ендокрин систем

Ендокриниот систем го сочинуваат ендокрините жлезди што лачат хемиски супстанции наречени хормони. Ендокриниот систем со своите хормони го регулира растот и развојот на организмот, внесот на храна, енергетскиот баланс во телото, односот кон надворешните фактори, стресот, одржувањето на pH на телесните течности, размножувањето и др. Ендокрините жлезди немаат свои канали преку кои се транспортираат хормоните до целните ткива, туку тие ги излучуваат хормоните директно во крвните капилари и на тој начин се распоредуваат во организмот.

Во однос на хемискиот состав хормоните можат да бидат амини кои се прости хормони што претставуваат структурни варијации на аминокиселината тирозин (тироксин и норадреналин), протеини (инсулин, хормонот за раст и калцитонин, а антидиуретскиот хормон и окситоцинот се пептиди) и стероиди (кортизол, алдостерон, естроген, прогестерон и тестостерон) (Silbernagl et al., 2008).

Хормоните ќе бидат секретирани во оној момент кога ќе се појави потреба од нивните ефекти врз целните органи. Клетките на ендокрините жлезди реагираат на промените во крвта, што претставува стимул за зголемување или намалување на секрецијата на нивните хормони. Кога ендокрината жлезда ќе излучи хормон, тогаш се јавува повратна информација за намалување на неговото лачење сè до моментот на појавување на следниот стимул. На пример, инсулин се секретира од панкреасот кога нивото на гликоза во крвта ќе биде високо, односно состојбата на хипергликемија претставува стимул за негово лачење. Инсулинот од циркулацијата дејствува врз клетките да ја примат гликозата, а во хепатоцитите таа да се складира во форма на гликоген. Како резултат на овие промени со дејството на инсулинот, концентрацијата на гликоза во крвта ќе се намали, што пак од своја страна претставува сигнал за престанок на секрецијата на инсулин. Ова претставува пример за **негативна повратна врска**. Поголемиот број на хормони се лачат според овој принцип (Varshney et al., 2018).

4.1. Користење на лабораториски симулации (PhysioEx)

4.1.1. Метаболизам и тироидни хормони

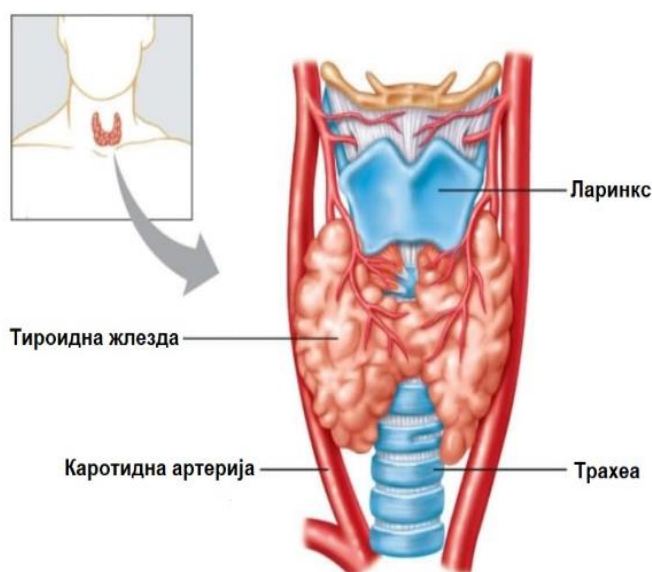
Цели на вежбата

- Да се разберат термините метаболизам, стапка на базален метаболизам (BMR), тиростимулирачки хормон (TSH), тироксин, гушавост, хипотироидизам, хипертироидизам, тироидектомија и хипофизектомија;
- Да се проследи како механизмите на негативна повратна врска го регулираат ослободувањето на хормони;
- Да се разбере улогата на тироксинот во одржување на стапката на базален метаболизам;
- Да се сфати влијанието на TSH врз стапката на базален метаболизам;
- Да се разбере улогата на хипоталамусот во регулацијата на секрецијата на тироксин и TSH.

Вовед во вежбата

Метаболизмот претставува широк опсег на биохемиски реакции кои се случуваат во организмот. Метаболизмот вклучува **анаболизам** и **катаболизам**. Анаболизам е во суштина процес при кој од помали молекули се создаваат поголеми, посложени молекули преку ензимски реакции. Енергијата е складирана во хемиските врски кои се создаваат при градењето на посложени и поголеми молекули.

Катаболизам е распад на поголемите и посложените молекули во помали молекули преку ензимски реакции. Раскинувањето на хемиските врски во катаболизмот ослободува енергија која клетката може да ја користи за да извршува разни дејствија, како што е создавање на АТФ. Клетката не ја користи целата енергија која се ослободува со раскинувањето на врските. Голем дел од енергијата се ослободува како топлина за да се одржи постојана телесна температура, особено кај луѓето. Луѓето се **хомеотермни** организми на кои им е потребно да одржуваат постојана телесна температура, а со тоа да се одржи дејството на разни метаболни патеки во организмот. Најважниот хормон за одржување на метаболизмот и телесната топлина е тироксинот (тироиден хормон), кој исто така е познат како **тетрајодтиронин** или **T4**. Тироксинот се излучува од тироидната жлезда која се наоѓа во вратот (слика бр. 23) (Zao et al., 2020).



Слика бр. 23. Сликата прикажува тироидна жлезда на човек. Сместена е на предната страна од вратот, под ларинксот и околу трахеата. Тироидната жлезда е поврзана со крвните садови кои произлегуваат од каротидната артерија (Zao et al., 2020)

Производството на тироксин е под контрола на хипофизата која лачи **тиростимулирачки хормон (TSH)**. Крвта го транспортира TSH до неговото целно ткиво, а тоа е тироидната жлезда. TSH предизвикува пораст во димензиите на тироидната жлезда и лачење на тироксин во општата циркулација. Ако нивоата на TSH се премногу високи, тироидната жлезда се зголемува. Отекувањето на жлездата во вратот што се јавува како последица се нарекува **гушавост**.

Хипоталамусот во мозокот исто така е неизоставен дел во производството на тироксин и TSH. Се работи за примарна ендокрина жлезда која лачи неколку хормони кои влијаат врз хипофизата која исто така се наоѓа во мозокот. **Тиротропин–ослободувачкиот хормон (TRH)** е директно поврзан со лачењето на тироксин и TSH. TRH од хипоталамусот го стимулира предниот резен на хипофизата да произведува TSH, што потоа ја стимулира тироидната жлезда да произведува тироксин.

Овие случувања се дел од класичниот механизам за негативна повратна врска. Кога нивоата на тироксин во циркулацијата се ниски, хипоталамусот лачи повеќе TRH за да ја стимулира хипофизата да лачи повеќе TSH. Пораст во TSH понатаму го стимулира лачењето на тироксин од тироидната жлезда. Зголемените нивоа на тироксин понатаму ќе влијаат на хипоталамусот да го намали своето производство на TRH.

TRH од хипоталамусот патува до хипофизата преку **хипоталамично–хипофизниот портален систем**. Оваа специјализирана организација на крвни садови се состои од единечна портална вена која поврзува две капилярни корита. Овој портален систем

транспортира многу други хормони од хипоталамусот до хипофизата. Хипоталамусот главно лачи тропни хормони кои го поттикнуваат лачењето на други хормони. TRH е пример за тропен хормон бидејќи го поттикнува ослободувањето на TSH од хипофизата. TSH сам по себе е пример за тропен хормон, бидејќи го поттикнува производството на тироксин (слика бр. 24).



Слика бр. 24. Дијаграмот прикажува сооднос помеѓу разни органи и ткива. Хипоталамусот го стимулира предниот резен на хипофизата преку TRH. Предниот резен на хипофизата ја стимулира тироидната жлезда преку TSH. Тироидната жлезда ги стимулира целните клетки и ги инхибира хипоталамусот и предниот резен на хипофизата преку тироидните хормони (Zao et al., 2020)

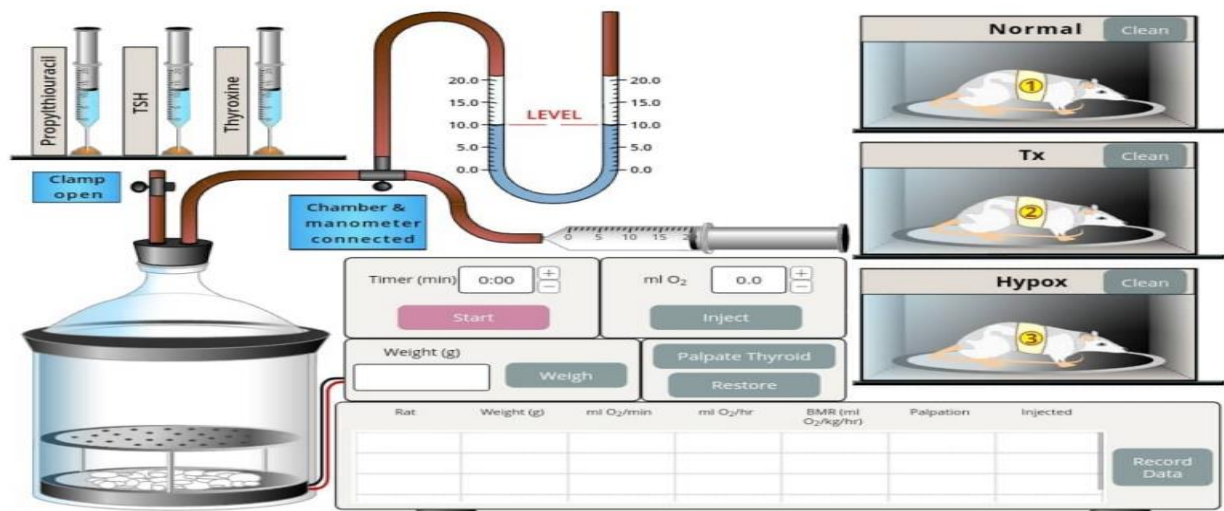
Во оваа вежба ќе ги испитувате ефектите на тироксин и TSH врз метаболната стапка кај стаорец. Метаболната стапка ќе биде означена со количината на кислород која стаорецот ја троши во единица време за дадена телесна маса. Погледнете го "BMR Measurement wet-lab video" за да го проследите мерењето на стапката на базален метаболизам кај стаорец. Ќе изведувате 4 експерименти на 3 стаорци: нормален стаорец, **тироидектомизиран** стаорец (стаорец на кој хируршки му е отстранета тироидната жлезда), како и **хипофизектомиран** стаорец (стаорец чија хипофиза хируршки му е отстранета). Ќе ја определите стапката на базален метаболизам, метаболната стапка откако му е инјектиран тироксин, метаболната стапка откако му е инјектиран TSH, како и метаболната стапка откако му е инјектиран пропилтиоурацил, кој претставува лек кој го инхибира создавањето на тироксин.

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Три шприцеви за полнење - се користат за да се инјектира пропилтиоурацил во стаорците (лек кој го инхибира производството на тироксин со блокирање на вметнувањето на јод во хормонската прекурсорна молекула), тиростимулирачки хормон (TSH) и тироксин;
- Херметичка стаклена животинска комора - обезбедува изолиран, затворен (запечатен) систем, во кој треба да се измери количината на кислород која ја троши стаорецот во одредено време (отворање на стегачот на левата цевка овозможува надворешен воздух во комората, а затворање на стегачот ќе создаде затворен, херметички систем. Т - конекторот односно поврзувачот на десната цевка ви овозможува да ја поврзете комората со манометарот или да го поврзете манометарот наполнет со течност со шприцот наполнет со воздух);
- Вар сода (мешавина од калциум оксид и натриум хидроксид, се наоѓа на дното на стаклената комора) - го апсорбира јаглерод диоксидот издишан од стаорецот;
- Манометар - цевка со форма на буквата U којашто содржи течност (како што стаорецот вдишува кислород во изолираниот, затворен систем, оваа течност ќе се крева во левата страна на цевката со форма на буквата U, а ќе паѓа на десната страна на цевката);

- Шприц - се користи за да се инјектира воздух во цевката и со тоа да се измери количината на воздух којашто е потребна за течните столбови во манометарот да се вратат до своите почетни нивоа;
- Животинска скала - се користи за да се мери телесна тежина;
- Три бели стаорци - *нормален* стаорец, *тироидектомизиран* (Tx) стаорец (стаорец на кој хируршки му е отстранета тироидната жлезда) и *хипофизектомиран* (Hypox) стаорец (стаорец на кој хипофизата хируршки му е отстранета).

Експеримент бр. 15.



Слика бр. 25 . Метаболизам и тироидни хормони (Zao et al., 2020)

Прв дел: Одредување на стапките на базален метаболизам

Во првиот дел од овој експеримент, ќе ги одредувате **стапките на базален метаболизам (BMR)** за секој од трите стаорци.

1a Повлечете го нормалниот стаорец во комората за да ја откриеме неговата стапка на базален метаболизам;

1b Изберете **Weigh** (Измери) за да ја определите тежината на стаорецот;

1c Кликнете на стегачот на левата цевка (врвот на комората) за да го затворите. Ова ќе спречи било какво навлегување на надворешен воздух во комората и ќе осигура дека единствениот кислород којшто стаорецот го диши е кислородот во затворениот систем;

1d Поставете го тајмерот на една минута користејќи ги копчињата + и -. Изберете **Start** (започни) под тајмерот за да ја измерите количината на кислород потрошена од стаорецот во една минута во затворената комора. Забележете што се случува со нивоата на водата во манометарот како што времето одминува;

1e Кликнете го копчето на T - конекторот (поврзувачот) за да ги поврзете манометарот и шприцот;

1f Кликнете на стегачот на левата цевка (врвот на комората) за да го отворите така што стаорецот ќе може да диши надворешен воздух;

1g Погледнете ја разликата помеѓу нивоата на левата и десната страна на манометарот. Проценете го волуменот на кислород којшто е потребно да се инјектира за да се изедначат нивоата со броење на одделите на двете страни. Овој волумен е еднаков на количината на кислород којшто стаорецот ја потрошил за време на една минута во затворената комора.

Кликајте го + копчето десно од приказот на кислород сè додека не го постигнете проценетиот волумен. Потоа изберете **Inject** (инјектирај) и проследете што се случува

со точноста во двете страни на манометарот. Кога нивоата на волумени се изедначени, зборот "Level" (Ниво) се појавува и стои на екранот:

- Доколку не сте инјектирале доволно кислород, зборот "Level" (Ниво) нема да се појави. Кликајте + за да го зголемите волуменот и потоа изберете **Inject** (инјектирај) повторно;
- Доколку сте инјектирале премногу кислород, зборот "Level" (Ниво) ќе трепка и потоа ќе исчезне. Кликнете на - копчето за да го намалите волуменот и потоа изберете **Inject** (инјектирај) повторно.

1h Пресметајте ја потрошувачката на кислород на час за овој стаорец користејќи ја следната равенка:

$$ml \text{ потрошен } O_2 / 1 \text{ минута} \times 60 \text{ минути/час} = ml \text{ } O_2 / \text{час}$$

Внесете ја потрошувачката на кислород на час во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O_2 /hr

1i Сега откако ја пресметавте потрошувачката на кислород на час за овој стаорец, можете да ја пресметате метаболната стапка на килограм телесна тежина со следната равенка (со забелешка дека е потребно да ја претворите тежината од грами во килограми за да ја користите оваа равенка):

$$\text{Метаболна стапка} = (ml \text{ } O_2 / \text{час}) / (\text{тежина во килограми}) = ml \text{ } O_2 / \text{kg/час}$$

Внесете ја метаболната стапка во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O_2 /kg/hr

1j Изберете **Palpate Thyroid** (палпирај тироидна жлезда) за рачно да ја проверите големината на тироидната жлезда и со тоа да се провери дали постои гушавост.

По разгледување на наодите, изберете **Record Data** за да се прикажат вашите резултати во табелата.

1k Повлечете го стаорецот од комората назад во неговиот кафез и потоа изберете **Restore** (обнови) под **Palpate Thyroid** за да го вратите системот во почетната состојба.

2a Повлечете го тироидектомизираниот (Tx) стаорец во комората за да ја откриеме неговата стапка на базален метаболизам (BMR).

Понатаму чекорите во овој експеримент пак се повторуваат како од **1b-1k**, со таа разлика што сега во комората сте го ставиле тироидектомизираниот стаорец.

3a Повлечете го хипофизектомираниот (Hurox) стаорец во комората за да ја откриеме неговата стапка на базален метаболизам (BMR).

Понатаму чекорите во овој експеримент пак се повторуваат како од **1b-1k**, со таа разлика што сега во комората сте го ставиле хипофизектомираниот стаорец.

Втор дел: Одредување на влијанието на тироксин врз метаболната стапка

Во овој дел од оваа вежба, ќе ги испитувате влијанијата на инјекциите со тироксин врз метаболните стапки на сите три стаорци.

4a Повлечете го шприцот наполнет со тироксин до задната четвртина или задните делови на нормалниот стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате тироксин во стаорецот. (Во овој експеримент, ефектите од инјекцијата се моментални. Во wet lab (експериментална лабораторија) ќе морате да инјектирате тироксин во стаорците една до две недели секој ден);

4b За овој дел од вежбата, следете ги истите процедури како во чекорите 1 - 3: повлечете го стаорецот во комората, изберете **Weigh**, затворете го стегачот на левата цевка, поставете го тајмерот на една минута и изберете **Start**. Откако ќе истече времето, кликнете на копчето на Т поврзувачот за да ги поврзете манометарот и шприцот, отворете го стегачот на левата цевка и потоа кликајте на копчињата + и - покрај приказот за ml O₂. На крај изберете **Inject** за да ги изедначите нивоата на водата; **4c** Пресметајте ја потрошувачката на кислород на час за овој стаорец користејќи ја следната равенка:

$$ml \text{ потрошен } O_2 / 1 \text{ минута} \times 60 \text{ минути/час} = ml \text{ } O_2 / \text{час}$$

Внесете ја потрошувачката на кислород на час во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/hr

4d Сега откако ја пресметавте потрошувачката на кислород на час за овој стаорец, можете да ја пресметате метаболната стапка на килограм телесна тежина со следната равенка (со забелешка дека е потребно да ја претворите тежината од грами во килограми за да ја користите оваа равенка):

$$\text{Метаболна стапка} = (ml \text{ } O_2 / \text{час}) / (\text{тежина во килограми}) = ml \text{ } O_2 / \text{kg/час}$$

Внесете ја метаболичната стапка во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/kg/hr

4e Изберете **Palpate Thyroid** за рачно да ја проверите големината на тироидната жлезда и со тоа да се провери дали постои гушавост.

По разгледување на наодите, изберете **Record Data** за да се прикажат вашите резултати во табелата.

4f Повлечете го стаорецот од комората назад до неговиот кафез и потоа изберете **Clean** (исчисти) за да ги исчистите сите траги на тироксинот од стаорецот и да го исчистите шприцот. (Во овој експеримент, тироксинот веднаш се отстранува. Во wet lab, чистењето би одземало неколку недели или ќе биде потребно да се користи друг стаорец).

5a Повлечете го шприцот наполнет со тироксин до задната четвртина или задните делови на тироидектомизираниот (Tx) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате тироксин во стаорецот.

Чекорите понатаму само се повторуваат од претходно како од **4b-4f**, само што сега инјектирате тироксин во задните делови на тироидектомизираниот стаорец.

6a Повлечете го шприцот наполнет со тироксин до задната четвртина или задните делови на хипофизектомираниот (НуроХ) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате тироксин во стаорецот.

Чекорите понатаму само се повторуваат од претходно како од **4b-4f**, само што сега инјектирате тироксин во задните делови на хипофизектомираниот стаорец.

Трет дел: Одредување на влијанијата на TSH врз метаболната стапка

Во овој дел од оваа вежба, ќе ги испитувате влијанијата на инјекциите со TSH врз метаболните стапки на сите три стаорци.

7a Повлечете го шприцот наполнет со TSH до задната четвртина или задните делови на нормалниот стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате TSH во стаорецот. (Во овој експеримент, ефектите од инјекцијата се моментални. Во експериментална

лабораторија, ќе морате да инјектирате TSH во стаорците една до две недели секој ден);

7b За овој дел од вежбата, следете ги истите процедури како во чекорите 1 - 3: повлечете го стаорецот во комората, изберете **Weigh** (измери), затворете го стегачот на левата цевка, поставете го тајмерот на една минута и изберете **Start** (започни). Откако ќе истече времето, кликнете на копчето на T поврзувачот за да ги поврзете манометарот и шприцот, отворете го стегачот на левата цевка и потоа кликајте на копчињата + и - покрај приказот за ml O₂. На крај изберете **Inject** (инјектирај) за да ги изедначите нивоата на водата;

7c Пресметајте ја потрошувачката на кислород на час за овој стаорец користејќи ја следната равенка:

$$ml \text{ потрошен } O_2 / 1 \text{ минута} \times 60 \text{ минути/час} = ml \text{ } O_2 / \text{час}$$

Внесете ја потрошувачката на кислород на час во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/hr

7d Сега откако ја пресметавте потрошувачката на кислород на час за овој стаорец, можете да ја пресметате метаболната стапка на килограм телесна тежина со следната равенка (со забелешка дека е потребно да ја претворите тежината од грами во килограми за да ја користите оваа равенка).

$$\text{Метаболна стапка} = (ml \text{ } O_2 / \text{час}) / (\text{тежина во килограми}) = ml \text{ } O_2 / \text{kg/час}$$

Внесете ја метаболната стапка во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/kg/hr

7e Изберете **Palpate Thyroid** (палпирај тироидна жлезда) за рачно да ја проверите големината на тироидната жлезда и со тоа да се провери дали постои гушавост.

По разгледување на наодите, изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да се прикажат вашите резултати во табелата;

7f Повлечете го стаорецот од комората назад до неговиот кафез и потоа изберете **Clean** (исчисти) за да ги исчистите сите траги на TSH од стаорецот и да го исчистите шприцот. (Во овој експеримент, TSH веднаш се отстранува. Во wet lab, чистењето би одземало неколку недели или ќе биде потребно да се користи друг стаорец).

8a Повлечете го шприцот наполнет со TSH до задната четвртина или задните делови на тироидектомизираниот (Tx) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате TSH во стаорецот.

По спроведувањето на **8a**, чекорите понатаму се исти како од **7b-7f**.

9a Повлечете го шприцот наполнет со TSH до задната четвртина или задните делови на хипофизектомираниот (Hurox) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате TSH во стаорецот.

По спроведувањето на **9a**, чекорите понатаму се исти како од **7b-7f**.

Четврт дел: Одредување на влијанијата на пропиштиурацил врз метаболната стапка

Во овој дел од оваа вежба, ќе ги испитувате влијанијата на инјекциите со пропиштиурацил врз метаболните стапки на сите три стаорци.

10a Повлечете го шприцот наполнет со пропиштиурацил до задната четвртина или задните делови на нормалниот стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате пропиштиурацил во стаорецот (во овој експеримент, ефектите од инјекцијата се моментални. Во **wet lab** ќе морате да инјектирате пропиштиурацил во стаорците една до две недели секој ден);

10b За овој дел од вежбата, следете ги истите процедури како во чекорите 1 - 3: повлечете го стаорецот во комората, изберете **Weigh**, затворете го стегачот на левата цевка, поставете го тајмерот на една минута и изберете **Start**. Откако ќе истече времето, кликнете на копчето на Т поврзувачот за да ги поврзете манометарот и шприцот, отворете го стегачот на левата цевка и потоа кликајте на копчињата + и - покрај приказот за ml O₂. На крај изберете **Inject** (инјектирај) за да ги изедначите нивоата на водата;

10c Пресметајте ја потрошувачката на кислород на час за овој стаорец користејќи ја следната равенка:

$$ml \text{ потрошен } O_2 / 1 \text{ минута} \times 60 \text{ минути/час} = ml \text{ } O_2 / \text{час}$$

Внесете ја потрошувачката на кислород на час во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/hr

10d Сега откако ја пресметавте потрошувачката на кислород на час за овој стаорец, можете да ја пресметате метаболната стапка на килограм телесна тежина со следната равенка (со забелешка дека е потребно да ја претворите тежината од грами во килограми за да ја користите оваа равенка).

$$\text{Метаболна стапка} = (ml \text{ } O_2 / \text{час}) / (\text{тежина во килограми}) = ml \text{ } O_2 / kg / \text{час}$$

Внесете ја метаболната стапка во полето подолу и потоа изберете **Submit Data** за да се прикажат вашите резултати во лабораторискиот извештај;

 ml O₂/kg/hr

10e Изберете **Palpate Thyroid** за рачно да ја проверите големината на тироидната жлезда и со тоа да се провери дали постои гушавост.

По разгледување на наодите, изберете **Record Data** за да се прикажат вашите резултати во табелата;

10f Повлечете го стаорецот од комората назад до неговиот кафез и потоа изберете **Clean** (исчисти) за да ги исчистите сите траги на пропиштиурацил од стаорецот и да го исчистите шприцот. (Во овој експеримент, пропиштиурацилот веднаш се отстранува. Во експериментална лабораторија, чистењето би одземало неколку недели или ќе биде потребно да се користи друг стаорец).

11a Повлечете го шприцот наполнет со пропиштиурацил до задната четвртина или задните делови на тироидектомизираниот (Tx) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате пропиштиурацил во стаорецот.

По спроведувањето на **11a**, чекорите понатаму се исти како од **10b-10f**.

12a Повлечете го шприцот наполнет со пропиштиурацил до задната четвртина или задните делови на хипофизектомираниот (Нурох) стаорец. Ослободете го шприцот за да инјектирате пропиштиурацил во стаорецот.

По спроведувањето на **12a**, чекорите понатаму се исти како од **10b-10f**.

Резултати

Табела 18. Резултати од експериментите со тироидни хормони (Автори)

	Нормален стаорец	Без тироидна	Без хипофиза
Основни			
Со тироксин			
Со TSH			
Со пропилтиоурацил			
Податоци од пресметките на студентите			

Лабораториски квиз

1. Како би третирале тироидектомизирано животно со цел да функционира како „нормално“ животно?

- а) Да му се обезбедат на животното TRH додатоци
- б) Да му се обезбедат на животното TSH додатоци
- в) Да му се обезбедат на животното T4 додатоци
- г) Да му се обезбедат на животното јод и тирозин додатоци

2. Како последица на недостаток на хормоните кај хипофизектомираниот стаорец, кој би бил очекуваниот симптом?

- a) Нејасен губиток на тежина
- б) Хиперактивност
- в) Висока телесна температура
- г) Намалена стапка на базален метаболизам

3. Инјекција на тироксин на инаку нормален стаорец ќе предизвика што од следното?

- a) Појава на гушавост
- б) Хипертироидизам
- в) Високи нивоа на секреција на TSH
- г) Високи нивоа на секреција на TRH

4. Зошто ниту еден од стаорците не разви гушавост после инјекцијата на тироксин?

- a) Во сите случаи, нивоата на TSH не беа покачени од инјекцијата со тироксин
- б) Во сите случаи, нивоата на TRH беа зголемени
- в) Во сите случаи, реакцијата на тироидната жлезда како одговор на TRH беше изгубена

а) Во сите случаи, механизмите на негативна повратна врска беа оштетени

5. Зошто нормалниот стаорец доби палпабилна гушавост со инјекцијата на TSH?

- a) Рецепторите за TSH во хипоталамусот беа премногу стимулирани
- б) Количината на T4 што се лачи од тироидната жлезда стана прекумерна
- в) Рецепторите за TSH на тироидната жлезда беа прекумерно стимулирани
- г) Рецепторите за TRH во хипоталамусот беа премногу стимулирани

6. Инјекција на пропиптиурацил на инаку нормално животно ќе предизвика што од следното?

- a) Лачење на прекумерни количини на T4
- б) Создавање на гушавост
- в) Хипертироидизам
- г) Намалени нивоа на лачење на TSH

7. Зошто нормалниот стаорец доби палпабилна гушавост после инјекцијата на пропиптиурацил?

- a) Лачењето на TSH беше инхибирано од лекот
- б) Количината на T4 што се лачи од тироидната жлезда стана прекумерна
- в) Лачењето на TRH беше нарушено од лекот
- г) Инјекцијата го намали механизмот на негативна повратна врска на TSH

Дискусија

Дел 1: Определување на стапките на базален метаболизам

1. Кој стаорец имаше најбрза стапка на базален метаболизам?

2. Зошто се разликуваа метаболните стапки помеѓу нормалниот стаорец и хируршки изменетите стаорци?

3. Ако врз некое животно е извршена тироидектомија, кој(и) хормон(и) би недостигале во неговата крв?

4. Ако врз некое животно е извршена хипофизектомија, какви последици очекувате да видите во нивоата на хормоните во неговиот организам?

Дел 2: Определување на влијанието на тироксин врз метаболната стапка

5. Кој беше ефектот на инјекциите со тироксин врз стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец?

6. Кој беше ефектот на инјекциите со тироксин на стапката на базален метаболизам на тироидектомизираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој

случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Дали дозата на тироксин во шприцот беше преголема, премала или беше точна?

7. Кој беше ефектот на инјекциите со тироксин на стапката на базален метаболизам на хипофизектомираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Дали дозата на тироксин во шприцот беше преголема, премала или беше точна?

Дел 3: Определување на влијанието на TSH врз метаболната стапка

8. Кој беше ефектот на инјекциите со TSH врз стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец?

9. Кој беше ефектот на инјекциите со TSH на стапката на базален метаболизам на тироидектомираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Зошто овој ефект беше забележан?

10. Кој беше ефектот на инјекциите со TSH на стапката на базален метаболизам на хипофизектомираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Дали дозата на тироксин во шприцот беше преголема, премала или беше точна?

Дел 4: Определување на влијанието на пропилтиоурацил врз метаболната стапка

11. Кој беше ефектот на инјекциите со пропилтиоурацил врз стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Зошто овој стаорец создаде палпабилна гушавост?

12. Кој беше ефектот на инјекциите со пропилтиоурацил врз стапката на базален метаболизам на тироидектомираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Зошто овој ефект беше забележан?

13. Кој беше ефектот на инјекциите со пропилтиоурацил на стапката на базален метаболизам на хипофизектомираниот стаорец? Каква е стапката на базален метаболизам во овој случај споредено со стапката на базален метаболизам на нормалниот стаорец? Зошто овој ефект беше забележан?

4.1.2. Гликоза во плазма, инсулин и дијабетес мелитус

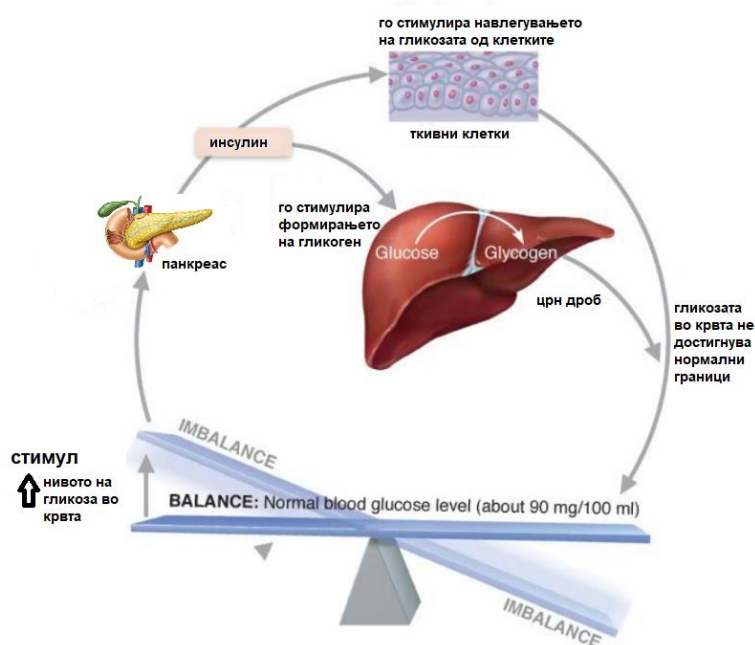
Цели на вежбата

- Да се разбере употребата на термините инсулин, дијабетес мелитус тип 1, дијабетес мелитус тип 2 и стандардна крива на гликоза;
- Да се разбере како нивоата на гликоза во плазмата на гладно се користат за дијагностицирање на дијабетес мелитус;
- Да се разбере анализата што се користи за мерење на гликозата во плазмата.

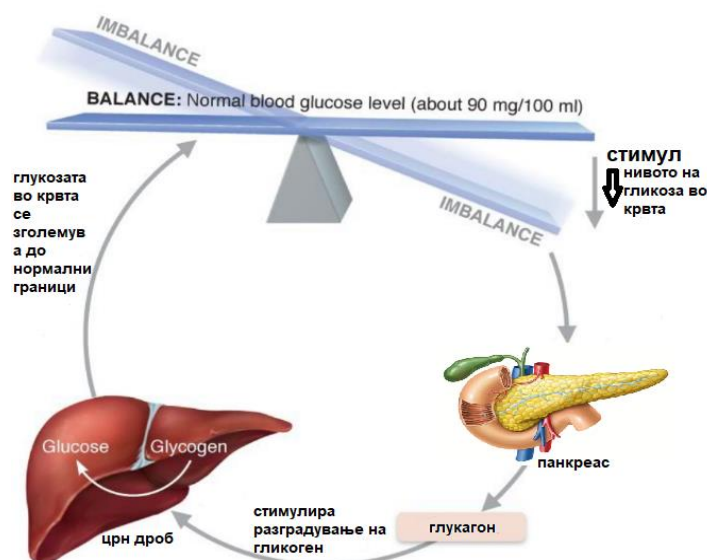
Вовед во вежбата

Инсулинот е хормон произведен од бета клетките на ендокриниот дел на панкреасот. Овој хормон е од витално значење за регулирање на нивото на гликоза во плазмата, односно шеќерот во крвта, бидејќи хормонот им овозможува на нашите клетки да ја апсорбираат гликозата од крвотокот. Гликозата апсорбирана од крвта или се користи како гориво за метаболизмот или се складира како гликоген (исто така познат како животински скроб), кој е најзабележителен во клетките на црниот дроб и мускулите. Околу 75% од гликозата што се консумира за време на оброкот се складира како

гликоген. Со оглед на тоа што луѓето не се хранат постојано (ние се сметаме за неконтинуирани хранители), производството на гликоген од оброкот гарантира дека снабдувањето со гликоза ќе биде достапно неколку часа по оброкот. Понатаму, телото мора да одржува одредено ниво на гликоза во плазмата за постојано да им служи на нервните клетки бидејќи овие типови клетки користат само гликоза како метаболичко гориво. Кога нивото на гликоза во плазмата паѓа под одредена вредност, алфа клетките на панкреасот се стимулираат да го ослободат хормонот глукагон. Глукагонот го стимулира разградувањето на складираниот гликоген во гликоза, која потоа се ослободува назад во крвта (слика бр. 26 и 27) (Zao et al., 2020).



Слика бр. 26. Сликата покажува како човечкото тело го намалува високото ниво на гликоза во крвта повторно во нормала (Zao et al., 2020)



Слика бр. 27. Сликата покажува како човечкото тело го зголемува ниското ниво на гликоза во крвта повторно во нормала (Zao et al., 2020)

Кога панкреасот не произведува доволно инсулин, се јавува **дијабетес мелитус тип 1**. Кога панкреасот произведува доволно инсулин, но телото не реагира на него, се јавува

дијабетес мелитус тип 2. Во секој случај, гликозата останува во крвотокот, а клетките на телото не можат да ја земат за да послужат како основно гориво за метаболизмот. Бубрезите потоа го филтрираат вишокот гликоза од плазмата. Бидејќи реапсорпцијата на филтрирана гликоза вклучува конечен број транспортери во клетките на бубрежните тубули, дел од вишокот гликоза не се реапсорбира во циркулацијата. Внесен, тој излегува од телото во урината (оттука и слатка урина, како што сугерира името дијабетес мелитус) (Patricia, 2018).

Неможноста на телесните клетки да ја преземат гликозата од крвта, исто така, резултира во клетките на скелетните мускули кои се подложени на протеински катаболизам за да се ослободат аминокиселините што ќе се користат за формирање на гликоза во црниот дроб. Оваа акција го става телото во негативна рамнотежа на азот како резултат на исцрпување на протеините и губење на ткивата. Други поврзани проблеми вклучуваат лошо зараснување на раните и слаба отпорност на инфекции. Оваа вежба е поделена на два дела. Во првиот дел, ќе генерирате стандардна крива на гликоза, што ќе биде објаснета во експериментот. Во вториот дел, ќе ја користите стандардната крива на гликоза за да ги измерите нивоата на гликоза на гладно во плазмата (FPG) кај неколку пациенти за да го дијагностицирате присуството или отсуството на дијабетес мелитус. На пациент со вредности на FPG поголеми или еднакви на 126 mg/dl во два FPG тестови му е дијагностициран дијабетес. Вредностите на FPG помеѓу 110 и 126 mg/dl укажуваат на оштетување или гранично оштетување на навлегувањето на гликоза посредувано од инсулин од клетките. Вредностите на FPG помали од 110 mg/dl се сметаат за нормални.

Потребни материјали за изведување на експериментот

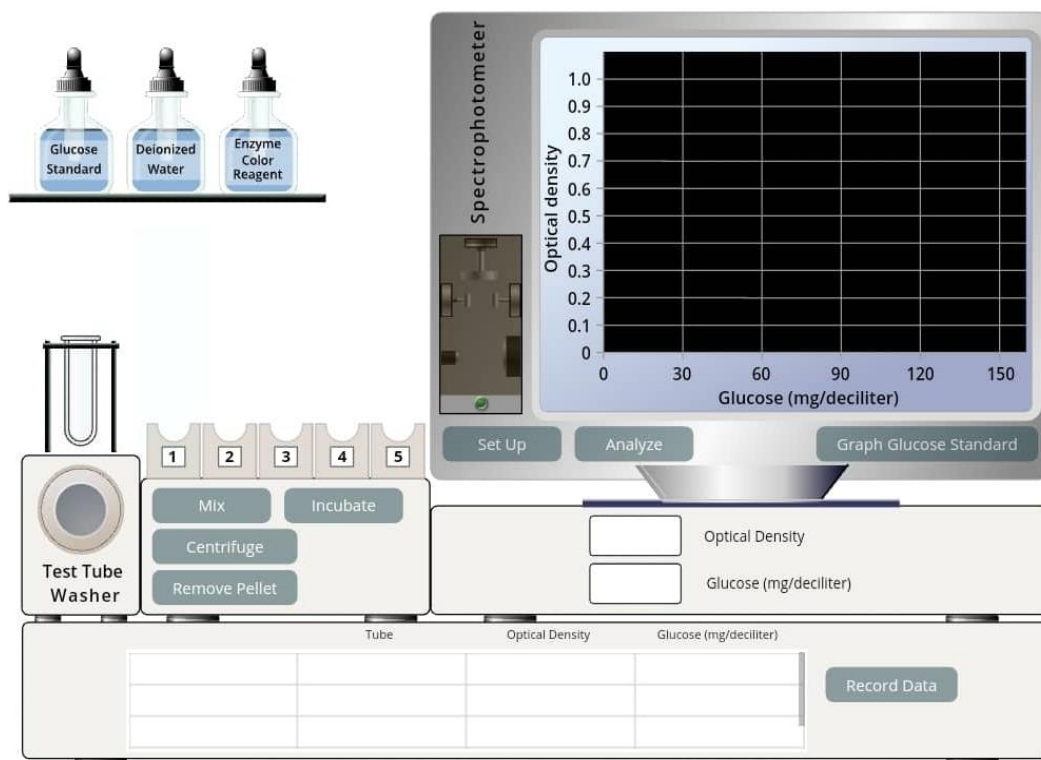
- Дејонизирана вода - се користи за прилагодување на волуменот така што таа е иста за секоја реакција;
- Стандард за гликоза;
- Ензимски реагенс за боја;
- Бариум хидроксид;
- Хепарин;
- Примероци на крв од пет пациенти;
- Епрувети - се користат како реакциони садови за различни тестови;
- Единица за инкубација во епрувета - се користи за инкубирање, мешање и центрифугирање на примероците;
- Спектрофотометар - се користи за мерење на количината на светлина што се апсорбира или пренесува од пигментиран раствор.

Експеримент бр. 16

Дел 1: Развивање стандардна крива на гликоза

Во овој дел од вежбата, ќе генерирате стандардна крива на гликоза, така што ќе имате референтни точки за претворање на отчитувањата на оптичката густина во вредности на гликоза (мерени во милиграми/децилитар или mg/dl) во Дел 2.

За да генерирате стандардна крива на гликоза, ќе подготвите пет епрувети кои содржат познати количини на гликоза (30 mg/dl, 60 mg/dl, 90 mg/dl, 120 mg/dl и 150 mg/dl) и ќе користите спектрофотометар за определување на читањата на оптичката густина за секоја од овие концентрации на гликоза.



Слика бр. 28. Стандардна крива на гликоза и одредување на нивоата на гликоза во плазма кај пациенти (Zao et al., 2020)

1. Повлечете епрувета до првиот држач во единицата за инкубација. Во единицата за инкубација автоматски ќе се постават уште четири епрувети;
2. Повлечете го капачето од стандардното шише со гликоза до првата епрувета во единицата за инкубација за да испуштите една капка стандарден раствор на гликоза во епруветата. Капкалката автоматски ќе се движи и ќе ја доставува стандардната гликоза во преостанатите епрувети. Забележете дека секоја епрувета добива една дополнителна капка стандард на гликоза (епруветата 2 прима 2 капки, епруветата 3 добива 3 капки, епруветата 4 добива 4 капки и епруветата 5 добива 5 капки);
3. Повлечете го капачето од шишето со дејонизирана вода до првата епрувета во единицата за инкубација за да испуштите четири капки дејонизирана вода. Капкалот автоматски ќе се движи и ќе доставува дејонизирана вода до преостанатите епрувети. Забележете дека секоја епрувета добива една капка помалку дејонизирана вода. Во следниот чекор изберете **Mix** (мешање), за да ја измешате содржината на епруветите;
4. Изберете **Centrifuge** (центрифугирање) за да ја центрифугирате содржината на епруветите. По процесот на центрифугирање, епруветите автоматски ќе се издигнат;
5. Изберете **Remove Pellet** (отстранување пелети) за да ги отстраните сите пелети формирани за време на процесот на центрифугирање. Пелетите може да содржат талог од реагенс и остатоци од лабораториската средина;
6. Повлечете го капачето од шишето со ензимски реагенс во боја до првата епрувета во единицата за инкубација за да исфрлите пет капки ензимски реагенс во боја во секоја епрувета;
7. Изберете **Incubation** (инкубација) за да ја инкубирате содржината на епруветите. Единицата за инкубација нежно ќе ја разбранува решетката за епрувета, рамномерно мешајќи ја содржината на сите епрувети во текот на инкубацијата;
8. Изберете **Set Up** (постави) на спектрофотометарот за да го загреете инструментот и да го подготвите за вашите отчитувања на примерокот;

9. Повлечете ја епруветата 1 до спектрофотометарот. Изберете **Analyze** (анализирај) за да го анализирате примерокот. На мониторот ќе се појави точка за податоци за да се прикаже оптичката густина и концентрацијата на гликоза на примерокот. Овие вредности ќе се појават и на екраните за оптичка густина и гликоза;
10. Изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ги прикажете вашите резултати во табелата;
11. Сега ќе ги анализирате примероците во преостанатите епрувети. Повторете го овој чекор додека не ги анализирате сите пет епрувети;
12. Изберете **Graph Glucose Standard** (графикон за стандард на гликоза) за да ја генерирате стандардната крива на гликоза на мониторот. Ќе го користите овој графикон во следниот дел;

Дел 2: Мерење на нивото на гликоза во плазмата на гладно

Во овој дел од вежбата, ќе ја користите стандардната крива на гликоза што ја создадовте во **Дел 1** за да ги измерите нивоата на гликоза во плазмата на гладно кај пет пациенти за да го дијагностицирате присуството или отсуството на дијабетес мелитус.

Забележете го додавањето на две шишиња со реагенси (бариум хидроксид и хепарин) и примероци од крв од петте пациенти. За да се подложат на тест за гликоза во плазмата на гладно (FPG), пациентите мора да не земаат храна минимум 8 часа пред да се земе крв.

На пациент со вредности на FPG поголеми или еднакви на 126 mg/dl во два FPG теста му е дијагностициран дијабетес. Вредностите на FPG помеѓу 110 и 126 mg/dl укажуваат на оштетување или гранично оштетување на инсулин-посредуваното навлегување на гликоза од страна на клетките. Вредностите на FPG помали од 110 mg/dl се сметаат за нормални.

1. Повлечете епрувета до првиот држач во единицата за инкубација. Во единицата за инкубација автоматски ќе се стават уште четири епрувети;
2. Повлечете го капачето од првиот примерок од крв од пациентот до првата епрувета во единицата за инкубација за да испуштите три капки од примерокот. Три капки од секој примерок автоматски ќе се пуштат во посебна епрувета, а потоа истото повторете го за да испуштите пет капки дејонизирана вода во епруветите;
3. Бариум хидроксидот се раствора и на тој начин ги чисти и протеините и клеточните мембрани (така што може да се добие чиста гликоза). Повлечете го капачето на шишето со бариум хидроксид до првата епрувета во единицата за инкубација за да исфрлите пет капки бариум хидроксид во секоја епрувета;
4. Хепаринот го спречува згрутчувањето на крвта што би го попречило јасното мерење на гликозата. Повлечете го капачето на капачето од шишето со хепарин до првата епрувета во единицата за инкубација за да испуштите капка хепарин во секоја епрувета. Во следниот чекор изберете **Mix**, за да ја измешате содржината на епруветите;
5. Изберете **Centrifuge** за да ја центрифугирате содржината на епруветите, а потоа изберете **Remove Pellet** за да ги отстраните сите пелети формирани за време на процесот на центрифугирање;
6. Следните чекори се повторуваат од првиот дел на вежбата. Прво повлечете го капачето од шишето со ензимски реагенс во боја за да исфрлите пет капки ензимски реагенс во боја во секоја епрувета, потоа изберете **Incubation** за да ја инкубирате содржината на цевките. Откако ќе се измеша содржината на сите епрувети во текот на инкубацијата, изберете **Set Up** на спектрофотометарот за да го загреете инструментот;
7. Изберете **Graph Glucose Standard** за да се прикаже стандардната крива на гликоза што ја создадовте во Дел 1 на мониторот;

8. Повлечете ја епруветата 1 до спектрофотометарот. Изберете **Analyze** за да го анализирате примерокот. На мониторот ќе се појави хоризонтална линија за да се прикаже оптичката густина на примерокот. Оптичката густина ќе се појави и на екранот за оптичка густина;
9. Повлечете го подвижниот линијар (вертикалната црвена линија на десната страна на мониторот) до пресекот на хоризонталната жолта линија (оптичката густина на примерокот) и стандардната крива на гликоза. Забележете ја промената на гликозата во плазмата на гладно за овој пациент. Изберете **Record Data** за да ги прикажете вашите резултати во табелата. Епруветата автоматски ќе се стави во местото за миење на епруветите, а мониторот ќе се исчисти (освен стандардната крива на гликоза);
10. Сега ќе ги анализирате примероците во преостанатите епрувети. Повторете го овој чекор додека не ги анализирате сите пет епрувети;
11. Изберете **Submit Data** (поднеси податоци) за да ги запишете вашите резултати во извештајот и продолжете со пост-лабораторискиот квиз.

Пост – лабораториски квиз

1. Машки пациент имал последователни вредности на гликоза во плазмата на гладно од 115, 110 и 122 mg/dl. Лекарот ќе го информира дека:
 - a) Тој разви дијабетес и треба да го промени начинот на живот
 - б) Тој е сосема нормален и може да престане да го бара овој тест на крвта
 - в) Се чини дека тој има оштетување или гранично оштетување на инсулин-посредуваното навлегување на гликоза од неговите клетки
 - г) Му требаат повеќе тестови за плазма гликоза на гладно бидејќи опсегот на овие три вредности е преголем за да се дојде до заклучок
2. Да се добие точно спектрофотометриско мерење на концентрацијата на гликоза во примерокот:
 - a) Се додава вода за да се раствори гликозата
 - б) Бариум хидроксид се додава за да се спречи згрутчување на крвта
 - в) Се додава ензимски реагенс за боја кој ги вари и на тој начин го отстранува згрутчувањето на крвта
 - г) Хепарин се додава за да се спречи згрутчување на крвта
3. Во спектрофотометриската анализа користена во овој експеримент, _____ се зголемува како што концентрацијата на гликоза во примерокот се зголемува.
 - a) Количината на боја во епрувета се намалува
 - б) Оптичката густина се зголемува
 - в) Оптичката густина останува константна
 - г) Оптичката густина се намалува
4. Жена-пациентка имала последователни вредности на гликоза во плазмата на гладно од 130, 140 и 128 mg/dl. Лекарот ќе ја извести дека:
 - a) Таа развила дијабетес
 - б) Се чини дека таа има оштетување или гранично оштетување на инсулин-посредуваното навлегување на гликоза од нејзините клетки
 - в) Таа има конкретно развиено дијабетес тип 1
 - г) Таа прави премалку глукагон и ќе треба да размисли за додатоци
5. За одржување на хомеостазата на гликозата во плазмата:
 - a) Панкреасот ќе ослободи инсулин и глукагон со цел да го неутрализира зголемувањето на гликозата во плазмата
 - б) Транспортот на гликоза во клетките со посредство на глукагон делува како негативна повратна врска кога нивото на гликоза во плазмата се зголемува
 - в) Клетките нема да реагираат на инсулин ако нивото на гликоза во плазмата е хронично ниско

а) Транспортот на гликоза во клетките со посредство на инсулин делува како негативна повратна врска кога нивото на гликоза во плазмата се зголемува

6. Лабораториски техничар зема примерок од крв од вена на надлактицата знаејќи дека:

а) Концентрацијата на гликоза во плазмата се очекува да биде повисока во вената на раката отколку во показалецот

б) Концентрацијата на гликозата во плазмата ќе биде иста и во вената на раката и во показалецот

в) Концентрацијата на гликоза во плазмата се очекува да биде помала во показалецот отколку во вената на раката

Дискусија

1. Што е стандардна крива на гликоза и зошто требаше да се добие за овој експеримент?

2. Кој(и) пациент(и) имал(е) вредности на гликоза во опсегот на дијабетичари? Можете ли со сигурност да кажете дали секој од овие пациенти има дијабетес тип 1 или тип 2? Зошто да или зошто не?

3. Опишете ја дијагнозата за пациентката со број 3, која исто така била бремена за време на оваа анализа.

4. Кој(и) пациент(и) имаа нормални вредности на гликоза?

5. Какви совети во врска со животниот стил можат пациентите со нормални вредности на гликоза во плазмата да им ги препорачаат на пациентите со гранични вредности на гликоза во плазмата?

4.1.3. Терапија за замена на хормони (хормонска заменска терапија)

Цели на вежбата

- Да се разберат поимите хормонска заменска терапија, фоликуло-стимулирачки хормон (FSH), естроген, калцитонин, остеопороза, овариектомизирано животно и Т резултат;
- Да се разбере како нивото на естроген влијае на густината на коските;
- Да се разберат потенцијалните придобивки од терапијата за замена на хормони.

Вовед во вежбата

Фоликуло-стимулирачкиот хормон (FSH) е пептиден хормон на предната хипофиза кој го стимулира растот на фоликулите на јајниците. Развивачките фоликули на јајниците потоа произведуваат и лачат стероиден хормон наречен естроген во плазмата. Естрогенот има бројни ефекти врз женското тело и хомеостазата, вклучително и стимулирање на растот на коските и заштита од остеопороза (губење на коскена маса и зголемена подложност на фрактури).

По менопаузата, јајниците престануваат да произведуваат и лачат естроген. Еден од ефектите и потенцијалните здравствени проблеми на менопаузата е губење на густината на коските што може да резултира со остеопороза и фрактури на коските. Поради оваа причина, постменопаузалните третмани за спречување на остеопороза често вклучуваат терапија за замена на хормони. Естрогенот може да се администрира како терапија за да се зголеми густината на коските.

Калцитонинот (секретиран од Ц-клетките во тироидната жлезда) е уште еден пептиден хормон кој може да се администрира за да се спротивстави на развојот на остеопороза. Калцитонинот ја инхибира активноста на остеокластите и го стимулира навлегувањето и таложењето на калциумот во долгите коски.

Во оваа вежба ќе користите три овариектомизирани стаорци кои повеќе не произведуваат естроген бидејќи нивните јајници се хируршки отстранети. T-score (T-

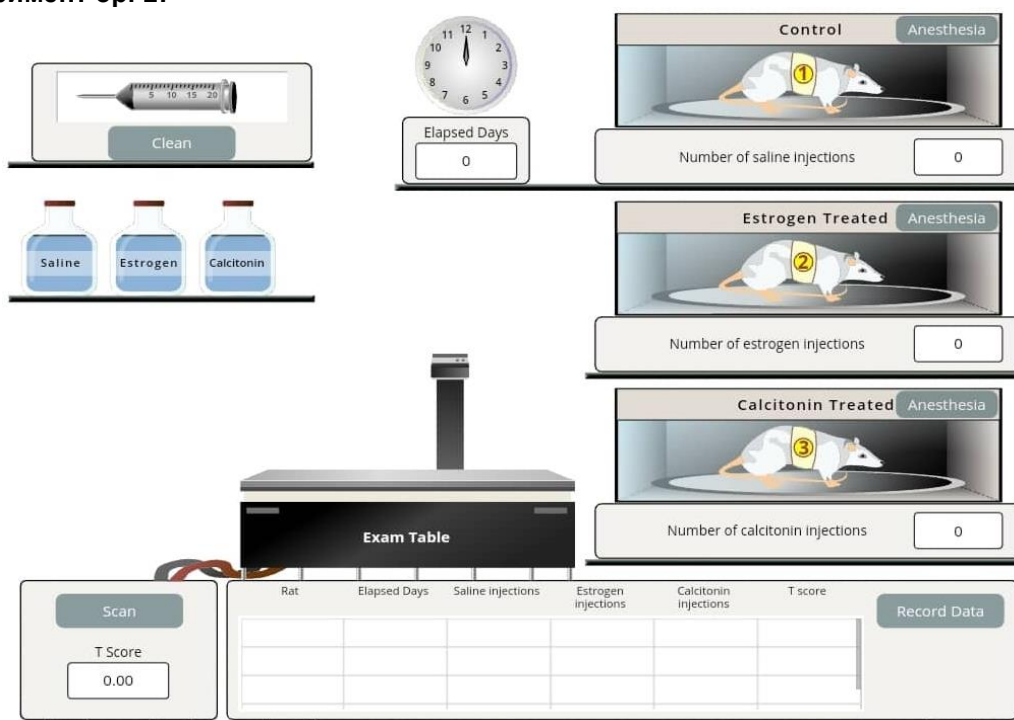
резултат) е квантитативно мерење на содржината на минерали во коските, што се користи како показател за структурната цврстина на коската и за остеопорозата. Трите стаорци беа избрани затоа што секој има основен T-резултат од -2,61, што укажува на остеопороза. T-резултатот се толкува на следниов начин: нормално = +1 до -0,99; остеопенија (разредување на коските) = -1,0 до -2,49; остеопороза = -2,5 и подолу.

Ќе администрираат терапија со естроген или терапија со калцитонин на овие стаорци, што претставуваат два вида терапија за замена на хормони. Третиот стаорец ќе служи како нетретирана контрола и ќе прима дневни инјекции со солен раствор. Густината на коските на пршлените на секој стаорец ќе се мери со двојна рендгенска абсорпциометрија (DXA) за да се добие T-резултатот по третманот (Marieb, 2005).

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Три овариектомизирани стаорци (забележете дека, ако ова беше вистинска лабораторија, овариектомиите ќе беа извршени на стаорците еден месец пред експериментот за да се осигура дека нема да останат резидуални хормони во организмот на старците);
- Солен раствор;
- Естроген;
- Калцитонин;
- Шприц за повеќекратна употреба - се користи за инјектирање на стаорци;
- Анестезија се користи за имобилизирање на стаорците за скенирање со рендген;
- Скенер за коскена густина со двојна рендгенска абсорпциометрија (DXA) - се користи за мерење на густината на коските на пршлените кај стаорците.

Експеримент бр. 17



Слика бр. 29. Влијанието на различни инјектирани раствори врз овариектомизирани стаорци (Zao et al., 2020)

1. Повлечете го шприцот до шишето со солен раствор за да го наполните со 1 ml физиолошки раствор, а потоа повлечете го шприцот до контролниот стаорец, ставајќи го врвот на иглата во долниот дел на stomакот на стаорецот. Инјекциите во

- оваа област се сметаат за **интраперитонеални** и брзо ќе бидат циркулирани преку абдоминалните крвни садови;
- Изберете **Clean** (чисти) под држачот за шприц, за да го исчистите шприцот од сите остатоци;
 - Повторете го првиот чекор од вежбата, со тоа што наместо со солени раствор, шприцот ќе го наполните со 1 ml естроген и ќе го боцните интраперитонеално стаорецот третиран со естроген. На крајот потребно е шприцот да се исчисти од сите остатоци пред повторно да се употреби во следниот чекор;
 - Во следниот чекор постапката се повторува, но сега шприцот се полни со 1 ml калцитонин и се боцка интраперитонеално стаорецот третиран со калцитонин. На крајот шприцот се чисти;
 - Кликнете на часовникот за да помине еден ден (24 часа);
 - Секој стаорец мора да прими седум инјекции во текот на седум дена (една инјекција на ден). Останатите инјекции ќе бидат автоматизирани. Кликнете на часовникот за да ја повторите серијата инјекции се додека не го инјектирате секој стаорец седум пати;
 - Изберете **Anesthesia** (анестезија) над кафезот на контролниот стаорец за да го имобилизирате контролниот стаорец со гасовит анестетик за скенирање со X-зраци;
 - Повлечете го анестезирираниот стаорец на масичката за скенирање со рендген. Изберете **Scan** (скенирање) за да го активирате скенерот. Т-резултатот ќе се појави на екранот T-score. Потоа изберете **Record Data** (евиденција на податоци) за да ги зачувате вашите резултати во табелата. Контролниот стаорец автоматски ќе биде вратен во својот кафез;
 - Сега ќе ги добиете Т-резултатите за преостанатите стаорци. Направете ги овие чекори за да го добиете T-score за стаорецот третиран со естроген, а потоа повторете ги овие чекори за да го добиете T-score за стаорецот третиран со калцитонин;
 - Изберете **Submit** (поднеси податоци) за да ги запишете вашите резултати во извештајот и продолжете со пост-лабораторискиот квиз.

Табела 19. Резултати од експерименти со хормонска заменска терапија (Zao et al., 2020)

Стаорец	Изминати денови	Физиолошки раствор	Естрогенски инјекции	Калцитонински инјекции	T-score

Пост-лабораториски квиз

- Во овој експеримент беа користени инјекции со физиолошки раствор за да се измери ефектот на:
 - Натриум хлорид на коскената густина
 - Калиум хлорид на коскената густина
 - Плацебо за густината на коските
 - Големи игли за однесувањето на стаорците
- Кај стаорците со овариоектомија користени во овој експеримент:
 - Нивоата на естроген беа покачени поради губењето на контролата на негативната повратна врска
 - Нивоата на фоликуло-стимулирачкиот хормон беа намалени поради губење на контролата на негативната повратна врска
 - Нивоата на естроген беа намалени поради зголемување на негативната повратна врска предизвикани од инјекциите

а) Остеопорозата беше евидентна пред инјекциите на естроген

3. Инјектирање на калцитонин во овариектомизиран стаорец ќе:

а) Нема ефект врз густината на коските и затоа треба да се исклучи од терапији за замена на хормони на стаорци

б) Ја инхибира активноста на остеокластите и го стимулира навлегувањето и таложењето на калциумот во долгите коски

в) Го спречи формирањето на гушавост кај овој стаорец преку неговиот ефект врз негативната повратна врска за тироидната жлезда

г) Ќе го натера стаорецот да сака повеќе млеко и други пијалоци богати со калциум

4. Како што се зголемува густината на коските на стаорецот:

а) Анализата за скенирање со рендген известува за помалку негативен Т-резултат

б) На стаорецот му требаше повеќе гасовит анестетик за да остане имобилизиран

в) Анализата за скенирање со рендген известува за повеќе негативен Т-резултат

г) Стаорецот бара поголема доза на хормони за да се инјектира за адекватна терапија

Дискусија

1. Зошто во овој експеримент беа користени стаорци со овариектомија? Како фактот што стаорците се овариектомизирани го објаснува нивниот основен Т-score?

2. Каков ефект имало администрацијата на инјекции со солен раствор врз контролниот стаорец?

3. Каков ефект имало давање на естрогенски инјекции врз стаорците третирани со естроген?

4. Каков ефект имало администрацијата на инјекции на калцитонин врз стаорците третирани со калцитонин?

5. Кои се некои здравствени ризици што жените во постменопауза мора да ги земат во предвид кога размислуваат за терапија за замена на естроген?

4.1.4. Мерење на кортизол и адренокортикотропен хормон

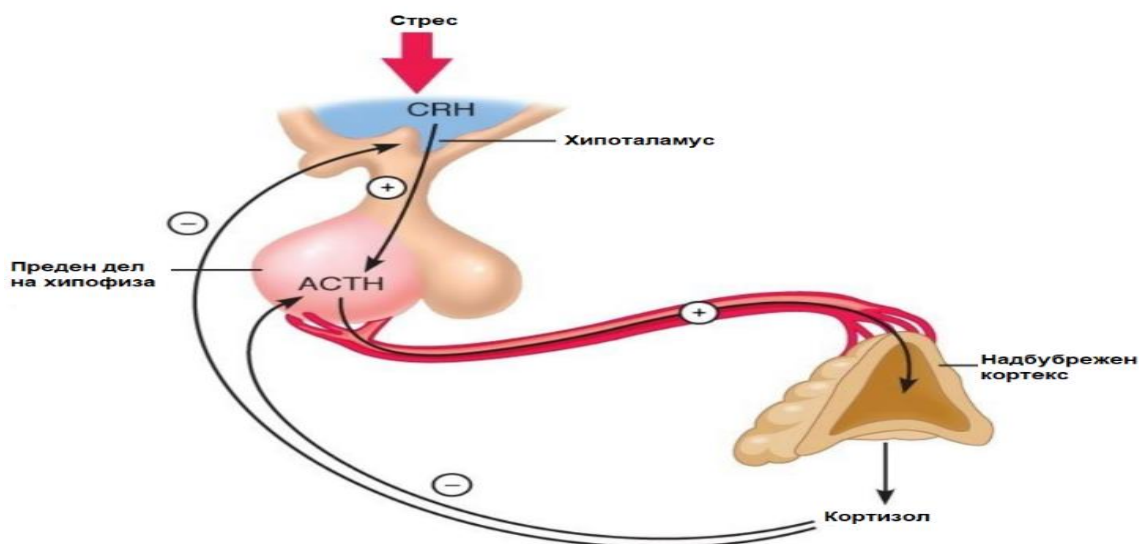
Цели на вежбата

- Да се разберат поимите кортизол, адренокортикотропен хормон (ACTH), кортикотропин-ослободувачки хормон (CRH), Кушингов синдром, јатроген, Кушингова болест и Адисонова болест;
- Да се разбере како CRH ја контролира секрецијата на ACTH и како ACTH ја контролира секрецијата на кортизол;
- Да се разбере како механизмите за негативни повратни врски влијаат на нивоата на CRH и ACTH;
- Да се измери нивото на кортизол и ACTH во крвта кај пет пациенти и да се поврзат овие вредности со симптоми и дијагнози;
- Да се направи разлика помеѓу Кушингов синдром и Кушингова болест.

Вовед во вежбата

Кортизолот, хормон кој се лачи од надбубрежниот кортекс, е важен во одговорот на телото на многу видови на стрес. Ослободувањето на кортизол е стимулирано од **адренокортикотропен хормон (ACTH)**, хормон кој се ослободува од предната хипофиза. Ослободувањето на ACTH е стимулирано од хормонот што ослободува кортикотропин, хормон од хипоталамусот. Зголемените нивоа на кортизол негативно се враќаат назад за да го инхибираат ослободувањето и на ACTH и CRH (слика бр. 30). Зголемениот кортизол во крвта, или хиперкортизолизам, се нарекува **Кушингов**

синдром ако зголемувањето е предизвикано од тумор на надбубрежната жлезда. Кушинговиот синдром може да биде и јатроген (т.е. индуциран од лекар). На пример, Кушингов синдром индуциран од лекар може да се појави кога глукокортикоидните хормони, како што е преднизон, се администрираат за лекување на ревматоиден артритис, астма или лупус. Кушинговиот синдром често се нарекува „**стероиден дијабетес**“ бидејќи резултира со хипергликемија (Marieb, 2005).



Слика бр. 30. Сликата покажува како стресот предизвикува лачење на кортизол во систем кој се состои од хипоталамусот, предниот дел на хипофизата и надбубрежниот кортекс. Прво, стресот го стимулира хипоталамусот да лачи CRH, што, пак, ја стимулира предната хипофиза да произведува ACTH. Овој хормон потоа ја принудува кората на надбубрежните жлезди да лачи кортизол. Секрецијата на кортизол преку негативна повратна врска предизвикува да колку повеќе кортизол се лачи, толку помалку се лачат CRH и ACTH, што, пак, ја намалува стапката на секреција на кортизол (Zao et al., 2020)

Намален кортизол во крвта, или хипокортизолизам, може да се појави поради **адrenalна инсуфициенција**. Кај примарна адrenalна инсуфициенција, исто така позната како **Адисонова болест**, нискиот кортизол е директно предизвикан од постепено уништување на кората на надбубрежните жлезди и нивоата на ACTH обично се покачени како компензаторно дејство.

Секундарната адrenalна инсуфициенција, исто така, резултира со ниски нивоа на кортизол, обично предизвикани од оштетување на предната хипофиза. Затоа, нивоата на ACTH се исто така ниски при секундарна адrenalна инсуфициенција.

Како што можете да забележите, различни ендокрини нарушувања може да бидат поврзани и со високи и ниски нивоа на кортизол и ACTH. Табела бр. 20 ги сумира овие ендокрини нарушувања.

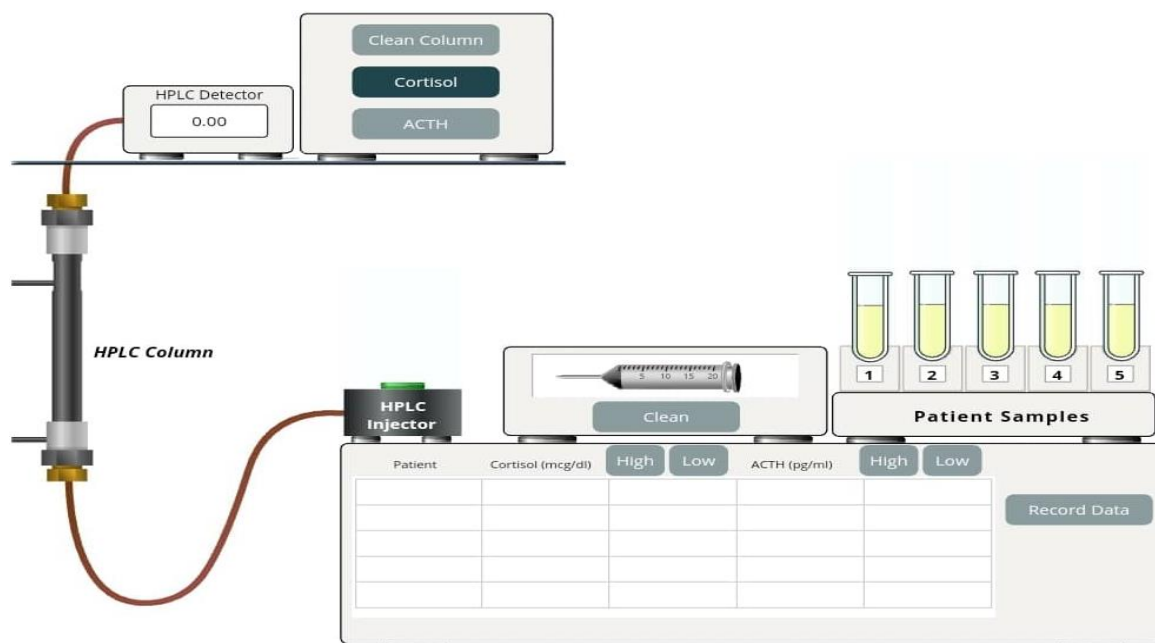
Табела 20. Резултати од мерење на кортизол и АСТН при разни состојби (Zao et al., 2020)

	Ниво на кортизол	Ниво на АСТН
Кушинг синдром (примарен хиперкортизолизам)	Високо	Ниско
Јатроген Кушинг синдром	Високо	Ниско
Кушингова болест (секундарен хиперкортизолизам)	Високо	Високо
Адисонова болест (примарна адrenalна инсуфициенција)	Ниско	Високо
Секундарна адrenalна инсуфициенција (хипопитуитаризам)	Ниско	Ниско

Потребни материјали за изведување на експериментот

- Примероци од плазма од пет пациенти;
- HPLC (течна хроматографија со високи перформанси) колона - се користи за квантитативно мерење на количината на кортизол и АСТН во примероците на пациентите;
- HPLC детектор - ја обезбедува концентрацијата на хормонот во примерокот на пациентот;
- Шприц за повеќекратна употреба - се користи за инјектирање на примероците на пациентот во портата за инјектирање HPLC;
- Приклучок за инјектирање HPLC - се користи за инјектирање на примероците на пациентот во колоната HPLC.

Експеримент бр. 18.



Слика бр. 31. Одредување на концентracиите на плазма кортизол и АСТН (Zao et al., 2020)

1. Изберете **Cortisol** (кортизол) за да ја подготвите колоната за одвојување и мерење на кортизолот;

2. Повлечете го шприцот до првата епрувета за да го наполните шприцот со плазма изолирана од првиот пациент;
3. Повлечете го шприцот до HPLC инјекторот. Примерокот ќе влезе во цевката и ќе тече низ колоната. Концентрацијата на кортизол во примерокот од пациентот ќе се појави на екранот на HPLC детекторот;
4. Изберете **Record data** (евиденција на податоци) за да ги зачувате вашите резултати во табелата;
5. Изберете **Clean** (чисти) под шприцот за да го подготвите за следниот примерок, а потоа изберете **Clean Column** (чистење колона) за да се отстрани резидуалниот кортизол од колоната;
6. Повлечете го шприцот до втората епрувета за да го наполните шприцот со плазма изолирана од вториот пациент и повторно повлечете го до HPLC детекторот со цел концентрацијата на кортизолот да се појави на екранот;
7. Откако ќе изберете **Record data** за да ги зачувате резултатите во табелата и ќе изберете **Clean** и **Clean column** ќе преминете на следниот чекор во кој постапката за преостанатите примероци ќе се заврши автоматски;
8. Изберете **ACTH** за да ја подготвите колоната за одвојување и мерење на ACTH;
9. Истите чекори за мерење на концентрацијата на ACTH од сите пациенти се повторуваат исто како и за мерењето на концентрацијата на кортизолот, со што сите резултати потребно е да ги зачувате во табелата;
10. Наведете дали концентрациите (нивоата) на кортизол и ACTH за секој пациент се високи или ниски користејќи ги точките на прекин прикажани во табелата подолу;
11. Изберете го редот на пациентот и потоа изберете **Високо** или **Ниско** до кортизол и ACTH;

Табела 21. Вредности на кортизол и ACTH означени како високи или ниски (Zao et al., 2020)

	Високо	Ниско
Кортизол	≥23 mcg/dl	<5 mcg/dl
ACTH	≥80 pg/ml	<20 pg/ml

12. Изберете **Submit** за да ги запишете вашите резултати во извештајот и продолжете со пост-лабораторискиот квиз.

Табела 22. Добиени резултати и нивно означување како високо или ниско (Zao et al., 2020)

Пациент	Кортизол (mcg/dl)	Високо или ниско	ACTH (pg/ml)	Високо или ниско

Пост-лабораториски квиз

1. Во нормални услови, ако количината на секретираниот CRH се зголеми, тогаш:
 - а) *Веројатна е дијагноза на Адисонова болест*
 - б) *Количината на секретираниот кортизол ќе се намали*

- в) Количината на секретираниот АСТН ќе се зголеми
- а) Веројатно е развој на хипокортизолизам
- 2. Во нормални услови, ако количината на секретираниот АСТН се зголеми, тогаш:
 - а) Количината на секретираниот кортизол ќе се намали
 - б) Веројатно е развој на хипокортизолизам
 - в) Веројатна е дијагноза на Адисонова болест
 - а) Количината на секретираниот CRH најверојатно ќе се намали
- 3. Во нормални услови, ако се зголеми количината на секретираниот кортизол, тогаш:
 - а) Веројатно е развој на хипокортизолизам
 - б) Количината на секретираниот АСТН најверојатно ќе се намали
 - в) Веројатна е дијагноза на Адисонова болест
 - а) Количината на секретираниот CRH ќе се зголеми
- 4. Ако се развие хиперсекреторен тумор на хипофизата, тогаш очекуваниот исход е:
 - а) Дијагноза на Кушингова болест
 - б) Абнормално ниски нивоа на АСТН поради негативна повратна врска
 - в) Хипогликемија во крвта
 - а) Дијагноза на Адисонова болест
- 5. Ако се развие хиперсекреторен тумор на кората на надбубрежните жлезди, тогаш очекуваниот исход е:
 - а) Дијагноза на Кушингова болест
 - б) Абнормално ниски нивоа на CRH поради негативна повратна врска
 - в) Абнормално високи нивоа на АСТН поради локацијата на туморот
 - а) Хипогликемија во крвта
- 6. Историјата на пациентот ја наведува дијагнозата на Адисоновата болест. Затоа, очекувате:
 - а) Хиперкортизол во крвта
 - б) Абнормално високи нивоа на АСТН
 - в) Абнормално ниски нивоа на CRH
 - а) Хипергликемија во крвта

Дискусија

- 1. На кој пациент најверојатно ќе му биде дијагностицирана Кушингова болест и зошто?
- 2. Кои двајца пациенти имаат нивоа на хормони карактеристични за Кушингов синдром?
- 3. Пациентот 2 се лекува од ревматоиден артритис со преднизон. Како оваа информација ја менува дијагнозата?
- 4. На кој пациент најверојатно ќе му биде дијагностицирана Адисонова болест и зошто?

5. Физиологија на анализатори

На периферијата на човечкото тело и на неговите надворешни покривни површини, како и во сите сензорни опни, во зглобовите, во мускулите, крвните садови и внатрешните органи, распределени се завршетоци од гранките на нервните клетки. Ваквите нервни завршетоци се поврзани со видоизменети епителни клетки кои се особено осетливи на определени агенси кои дејствуваат од надворешната средина или настануваат во самиот организам. Таквите поединечни клетки се познати под името **рецептори** или осетливи нервни формации кои се способни да примаат одредени дразби. Рецепторите претставуваат почетни делови на анализаторите и тие се всушност врската меѓу човековата внатрешност и надворешната средина (Boron et al., 2016).

Различните форми на енергија од „реалниот свет“, овие рецептори ги трансформираат во нервни импулси кои се спроведуваат во централниот нервен систем преку сензорните неврони. Различни модалитети на сензација (звук, светлина, притисок) се резултат на разликите во нервните патишта и синаптичките врски. На пример, мозокот ги толкува импулсите што пристигнуваат од аудитивниот нерв како звук и од оптичкиот нерв како вид, иако самите импулси се идентични во двата нерви. Електричното однесување на сензорните нервни завршетоци е слично на дендритите на другите неврони. Како одговор на стимул од животната средина, сетилните завршетоци предизвикуваат локални промени во потенцијалот на мембраната. Во повеќето случаи, овие промени во потенцијалот се всушност деполаризации кои се аналогни на ексцитаторниот постсинаптички потенцијал. Оваа реакција на рецепторите кон одредени дразби всушност е преку создавање **генераторски потенцијал**. Генераторскиот, односно рецепторскиот потенцијал е израз на деполаризацијата на мембраната на рецепторот настаната под влијание на стимулусот, заради зголемена пропустливост на рецепторот за јоните на натриум. Специфична карактеристика на рецепторскиот потенцијал е тоа што тој не зависи од интензитетот на дразбата, т.е. не се однесува по законот на сè или ништо и се смирува во услови кога дразбата дејствува фреквентно една по друга (Hall et al., 2021).

Две најважни физиолошки својства на рецепторите и рецепторните органи се адаптирање на долготрајно дејство на дразба, а доколку се троши и големо количество енергија при ова долготрајно дејство, тие и се заморуваат.

Од рецепторните клетки тргнуваат неврони кои ги спроведуваат нервните импулси од овие клетки до централниот нервен систем. Овие нервни влакна се познати како **аферентни** или центрипетални неврони. Во централниот нервен систем се сместени голем број на центри кои се специјализирани да примаат и да ги анализираат одредените информации од специјалните рецептори. Од овде, тргнуваат **еферентни** или центрифугални неврони кои формираат нервни влакна. Истите завршуваат во посебни органи во кои обработената информација треба да се ефектуира. Збирот на сите овие неврони кои учествуваат во приемот, во пренесувањето и во анализата на некоја дразба се наречени **анализатори** или **сетила**. Сетилата, анатомски и функционално, претставуваат единствен комплексен систем кој го сочинуваат три дела:

- Периферен (рецепторски) дел;
- Спроводен дел, кој го сочинуваат аферентни неврони со вметнати нервни центри во 'рбетниот мозок и мозочното стебло;
- Мозочен или централен дел, во кората на големиот мозок.

Секој тип на рецептор е високо осетлив за еден тип на стимул за кого е создаден, а речиси е потполно неосетлив за други типови на сензорни стимули. Различни нервни влакна пренесуваат различни модалитети на осети, бидејќи секој нервен пат завршува во специфичен дел во централниот нервен систем и видот на осет почувствуван кога се

стимулира нервно влакно е одреден со делот во нервниот систем до кој води влакното (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Постојат пет основни типа на сензорни рецептори според сензорните стимули кои ги детектираат: **механорецептори**, **фоторецептори**, **фонорецептори**, **хеморецептори** и **барорецептори**. Рецепторите кои ги примаат надворешните дразби се **екстерорецептори**, за разлика од оние што примаат дразби од внатрешната средина кои се **интерорецептори**. Во зависност од тоа дали изворот на дразбата е оддалечен од рецепторот (организмот) или доаѓа во директен контакт со рецепторот, анализаторите се делат на **дистантни** (сетилото за звук, рамнотежа, мирис, вкус) и **контактни** (телесните сетила-механорецептивните, терморецептивните, сетилото за болка, сетилото за вкус) (Rhoades et al., 2017).

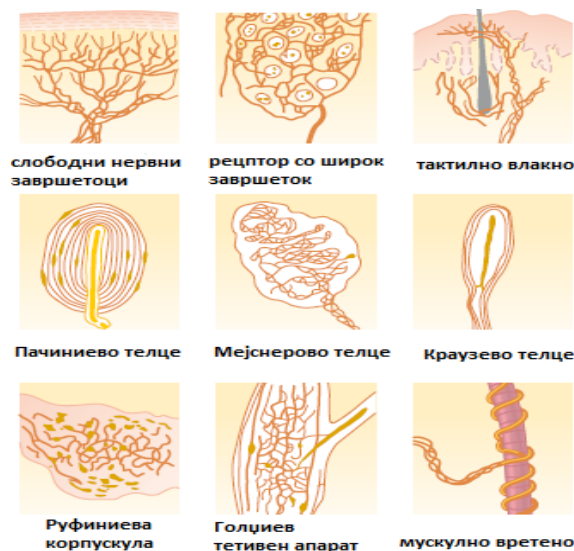
5.1. Механорецептивни сетила

Внесот на информации во нервниот систем се обезбедува преку сензорни рецептори кои детектираат сензорни стимули како што се: допир, звук, светлост, болка, студ и топлина. Кога станува збор за осетот за кожната (телесна) сензитивност треба да имаме предвид дека кожата е во суштина широко рецепторно поле со тоа што поседува огромен број различни рецептори, кои пак се одговорни за прием на информациите од надворешната средина и соодветно доаѓа до внес на информации во ЦНС. Овој вид на осет се прима од повеќе видови на рецептори кои се главно сместени во кожата. Станува збор за:

- Осет за допир
- Осет за притисок
- Осет за вибрација
- Осет за топло
- Осет за студено
- Осет за болка

Овие осети претставуваат дел од таканаречената соматска осетливост. Во соматските сетила сега ќе стане збор за механорецептивните сетила (Rhoades & Bell, 2017).

Механорецепторите кои се осетливи на физичко пореметување, како виткање или гребење, одговараат за многу од телесните осетни рецептори. Сензитивниот дел на овие рецептори е еден или повеќе немиелинизирани нервни влакна. Механорецептивните сетила може да се поделат на две групи, и тоа: **тактилни сетила** и **кинестетичко сетило**. Во **тактилните сетила** спаѓаат сетилото за допир и притисок, додека кога зборуваме за **кинестетичко сетило** мислиме на сетило за движење (Спасов и др., 2015).



Слика бр. 32. Класификација на тактилните рецептори (Boron et al., 2016)

Она што е клучно кога зборуваме за првата група на механорецептивни сетила, односно тактилните сетила, е тоа што постои поврзаност помеѓу тактилните сензации за допир, притисок и вибрации. Иако допирот, притисокот и вибрациите се често класифицирани како одделни сензации, сите тие се детектираат од истите типови на рецептори. Постојат три разлики помеѓу нив и тоа: А) осетот за допир обично е последица на стимулацијата на тактилните рецептори во кожата или ткивата коишто се наоѓаат веднаш под кожата; Б) осетот за притисок обично е последица на деформацијата на подлабоките ткива; В) осетот за вибрации е последица на брзи повторувачки сензорни сигнали, но ги стимулираат некои од истите типови на рецептори, како оние за допир и притисок (Boron et al., 2016).

Постојат најмалку 6 целосно различни типови на тактилни рецептори, но постојат и многу повеќе слични на овие.

1. Слободни нервни завршетоци, коишто ги има насекаде во кожата и во многу други ткива, можат да детектираат допир и притисок.
2. Рецептор за допир со огромна сензитивност е Мајснеровото телце. Се работи за издолжен, капсулиран нервен завршеток од големо (тип А бета) миелинизирано сензорно нервно влакно.
3. Врвовите на прстите и други области коишто содржат голем број на Мајснерови телца, обично содржат и голем број на тактилни рецептори со проширен врв, а едни од тие се Меркеловите дискови. Разликата помеѓу овие и Мајснеровите телца е тоа што овие пренесуваат почетен силен сигнал но делумен адаптирачки сигнал, а потоа продолжен или континуиран слаб сигнал кој се адаптира бавно. Па, според тоа тие се одговорни за детекција на континуиран допир од предметите на кожата.
4. Мало придвижување на било кое влакно на телото стимулира нервно влакно кое ја испреплетува неговата база. Според тоа, секое влакно и неговото базално нервно влакно се исто така рецептори за допир.
5. Лоцирани во подлабките слоеви на кожата и исто така во подлабоките внатрешни ткива се многу Руфиниеви завршетоци. Овие завршетоци се адаптираат многу бавно, па тргнувајќи од тој факт, тие се одговорни за сигнализирање на континуирани состојби на деформација на ткивата, како што се силни продолжени допири и сигнали за притисок. Ги има и во капсулите на зглобовите.
6. Најголем и најпроучуван рецептор е Пачиниевото телце кое се наоѓа во поткожното ткиво, а го има и во двата типа на кожа (влакнеста и мазна). Ова телце е специјализирано да регистрира вибрации, а практично е несензитивно на континуиран притисок. Тоа се должи на неговата специфична структура.

Она што е интересно е тоа дека бројот на тактилни рецептори е многу варијабилан во зависност од локализацијата во различни делови од телото. Најмногу ги има на врвовите на прстите, на усните, на врвот на јазикот, додека најмалку ги има на грбот и на кожата на задните делови од вратот. Две нешта ја детерминираат интензивноста на просторната дискриминација во одреден регион на кожата, и тоа:

- големината на рецептивното поле на рецепторот
- густината на рецепторите во кожата

На врвовите на прстите фината осетливост се должи на големата густина на рецепторите.

Осетите кои се примаат преку рецепторите кои се сместени длабоко во организмот се всушност осети за движење, односно кинестезија. Преку нив може да се осознае за положбата на група мускули, на некои од внатрешните органи, за положбата на телото, движењето на некои негови делови, главно екстремитетите, односно свесно се забележуваат различни делови од телото еден наспроти друг и нивното движење. Рецепторите кои се одговорни за горенаведеното се наоѓаат во зглобните капсули и лигаментите и станува збор за мускулните вретенца, Голџиеви тетивни органи, а како што споменавме претходно, и Руфинеиевите завршетоци ги има во зглобните капсули. Може да се најде и некое Пачиниево телце. Мускулните вретенца и Голџиевите тетивни рефлексии се познати како проприорецептори. Мускулните вретенца детектираат промени во должината на скелетните мускулни влакна, додека Голџиевите тетивни органи ја мерат мускулната сила (Varshney et al., 2018).

Длабокиот сензибилитет за положба и за движење – **kinesthesia**, како и вибрацискиот сензибилитет – **pallesthesia**, се пренесуваат преку аферентните влакна на мешаните нерви. Овие надразнувања се пренесуваат од длабоките слоеви на кожата и зглобовите преку задните снопови на 'рбетниот мозок и медијалниот лемнискус, до таламусот и сензитивната кора на мозокот. Еден дел од влакната оди до малиот мозок.

Сите сензитивни патишта влегуваат во 'рбетниот мозок преку задните корени. Во медијалниот дел на задните корени влегуваат Goll-овиот и Brudach-овиот пат, а оние од латералниот дел во спиноталамичниот пат.

Спиноталамичниот пат – tractus spinothalamicus Edinger, започнува од периферијата на спиналната ганглија, чии влакна влегуваат низ надворешниот дел на задните корени во 'рбетниот мозок, се качуваат неколку сегменти и завршуваат во задниот рог на сивата маса на 'рбетниот мозок, од каде следниот неврон оди напред и пред централниот канал преминуваат на спротивната страна, градејќи го вентралниот и дорзалниот спиноталамичен пат. Предниот сноп пренесува чувство за груб допир, притисок и сексуални сензации, а страничниот сноп чувство за болка и температура. Вториот неврон оди до таламусот. При минување низ мозочното стебло, ги прима влакната од лицето, од n. trigeminus, и завршува во сензитивната кора.

Системот на медијалниот лемнискус започнува од периферијата на спиналната ганглија. Невроните од 'рбетниот мозок, а преку задните корени и задните снопови, влегуваат до nucleus gracilis и nucleus cuneatus, од каде што излегуваат невроните од втор ред, веднаш се вкрстуваат (decussatio lemniscorum) и одат на спротивната страна како lemniscus medialis, кој завршува во латералното јадро на таламусот. Во текот на минувањето низ мозочното стебло ги прима влакната од n. trigeminus, n. vagus и n. glossopharyngeus за сензибилитетот на главата. Од таламусот, влакната на овој пат завршуваат во постцентралната бразда на париеталниот лобус.

Сите овие осети се пренесуваат од една област на кожата преку еден сензитивен нерв до задните корени, а тој сегмент на кожата се нарекува дерматом (Влашки – Јекиќ и др., 2002).

5.1.1. Вежби за изведување

Испитување на соматски сензибилитет

Испитување на кожен (површен) сензибилитет

А. Сензибилитет за допир

Потребено за изведување: парче памук или допир со јаготките од прстите.

Начин на работа: Со парче памук или со јаготките од прстите, се допира пациентот по сите делови на телото, симетрично, на едната и на другата страна. Допирот треба да биде лесен, без притисок. На секое допирање пациентот треба да даде одговор дали чувствува допир или не. Техниката на испитување започнува од челото, лево со неколку допира, па десно на истата висина, поставувајќи му прашања што чувствува или дали воопшто нешто чувствува кога настанал допирот. Ако каже дека чувствува допир, веднаш се прашува дали допирот на двете страни е ист. По добивањето на одговор, се преминува на понатамошно испитување на чувството за допир на лицето, брадата, вратот, рацете, градите, нозете и тоа симетрично, лево и десно на исти места. Доколку сензибилитетот е оштетен во висина на некој дерматом или кора, со молив се црта границата помеѓу здравиот и оштетениот сензибилитет на екстремитетите. Тоа се прави и на трупот. Доколку има нарушувања на површинскиот сензибилитет, станува збор за: згаснат сензибилитет – anaesthesia, намален – hypoesthesia и зголемен – hyperaesthesia. Чувство на отпнатост и боцкање во регијата на периферните нерви се објаснува со терминот dysaesthesia (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Б. Испитување на распоред на точки за допир



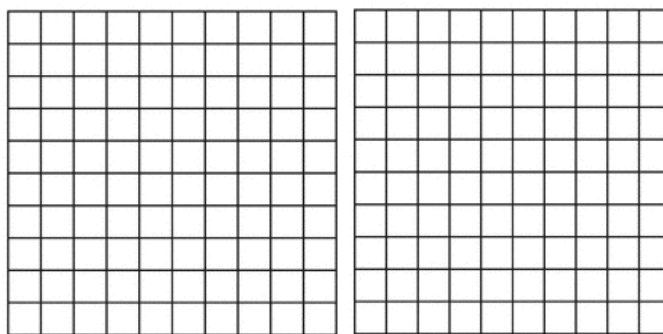
Слика бр. 33. Електричен естезиометар по Frey (Спасов и др., 2015)

Цел: Да се определат точките за допир односно нивниот среден број на различни подрачја на телото, како на пример на дланка, подлактица и сл.

Потребен материјал: Естезиометар кој претставува дебела жичка на која е фиксирано коњско влакно или пак само тенка жичка. Може да се употреби и електричен естезиометар по Frey.

Начин на работа: На дланката или на подлактицата се исцртува милиметарска мрежа од 1cm^2 . На испитаникот мораме пред тоа да му соопштиме да ги затвори очите за да не гледа кога ќе биде допрен. Потоа со влакното односно жичката на естезиометарот полека се прават допири во секој квадратен милиметар со ист интензитет. Кога испитаникот ќе извести дека осетил допир, се испишува точка во формуларот на соодветното место. На крајот се определува средниот број точки за допир на одредена површина.

Резултати:



Среден број рецептори: _____ cm^2

Подлактица _____ cm^2

Образложение: Средниот број точки за допир изнесува $25/cm^2$ површина. Најмногубројни се на перничичката на прстите, на врвот на јазикот и на усните.

В. Тактилна дискриминација – испитување на минималното растојание на точките за допир

Цел: Да се добие осет на две точки и да се определи минималното растојание.

Потребно за изведување: шестар со два врва.

Начин на работа: Треба да се побара од испитаникот да ги затвори очите. Испитувањето се врши со шестар со тапи врвови. Во исто време со двата тапи врвови се допираат различни делови од телото. Прагот на надразнување во разни делови е различен и ќе се добие помало или поголемо растојание на шестарот при изведување на надразнувањето. Се мери минималното растојание кога испитаникот ги чувствува двете допрени точки. Тактилна дискриминација претставува способност да се разликуваат две точки кои истовремено се допрени.

Резултати:

Минимални расотјанија на прсти _____ mm
 на грб _____ mm
 на врв на нос _____ mm

Образложение: Минималното растојание за дискриминација на две точки зависи од разгранувањето на периферните аферентни нервни влакна и од самиот број на рецептори од кои поаѓаат импулсите на едно нервно влакно. Многу често примарни сензитивни неврони се собираат кон еден секундарен неврон, на тој начин создавајќи големо секундарно рецептивно поле. Кога се работи за такво поле, дури и два стимулуси можат да бидат почувствувани како еден бидејќи нивната стимулација се случува во истото рецептивно поле. Од друга страна, кога имаме помал број на примарни неврони кои конвергираат, секундарното рецептивно поле овој пат ќе биде многу помало. Затоа кога има два стимулуси, истите ќе активираат одделни патишта и крајниот резултат ќе биде чувство на различни односно оддалечени стимулуси. Заклучокот е дека големината на секундарното рецептивно поле определува каква ќе биде сензитивноста на одредени делови од телото кон некој стимулус. Ако разгледаме поединечно, кај врвот на јазикот најмалото растојание меѓу две точки за допир е 1,1 mm, на јагодиците на прстите 2,2 mm, на врвот на носот 6,8 mm, на дланката е 8 – 12 mm, а најголемо е на грбот 67,7 mm или можеме да кажеме дека тоа е место кадешто има најмалку точки за допир (Спасов и др., 2015).

Испитување на длабок сензибилитет

Кај длабокиот сензибилитет се испитуваат kinaesthesia и pallesthesia.

А. Испитување на чувството за положба, кинестезија (движење, активно и пасивно)

Цел: Испитување на осетот за положба, кинестезија.

Начин на работа: Осетот за положба се испитува со поставување на едниот екстремитет во одредена положба. Очите на пациентот се затворени, а пота се дава команда и другиот екстремитет да се постави во иста таква положба. Ако овој сензибилитет е оштетен, пациентот не може да ја изврши наредбата. Испитувањето на движењето се прави така што на испитаникот кој претходно ги затворил очите, ќе му се фати некој од прстите на нозете или рацете и ќе се направи некое движење. Пациентот треба да каже кој прст е фатен, кое движење е направено и во кој правец. Тоа се прави и со секој подвижен зглоб (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Б. Чувство за вибрација – pallesthesia

Звучна вилушка се поставува на коската која е под кожата, а тоа се следниве места: врвот на палецот на ногата, внатрешниот и надворешниот малеолус, тибијата, spina iliaca superior anterior, sternum, clavicula, стиолидните продолжетоци на радиусот и улната. Пациентот ќе почувствува брмчење ако се сочувани влакната кои ги пренесуваат импулсите за длабокиот сензибилитет. Се испитува наизменично лево и десно. Кога брмчењето ќе престане и пациентот повеќе нема да го чувствува, звучната вилушка се поставува на истото место кај испитувачот, кој сега треба да констатира дали има уште треперење и брмчење. Ова се изведува ако кај испитувачот длабокиот сензибилитет е сочуван (Спасов и др., 2015).

Испитување на кортикален сензибилитет

Во gyrus postcentralis постои сензитивна репрезентација на телото, која е иста со функционалното претставување на моториката. При испитување на површниот сензибилитет, тој ќе биде намален или изгубен на едната половина на телото.

Цел: Треба да се испита соматосензорната област, да се препознаат обликот и природата на предметите, да се препознаат буквите или бројките испишани на кожата.

Потребно за изведување: испитаник, ќеса со познати предмети, тап предмет.

Начин на работа: Од испитаникот се бара да ги затвори очите. Тој ја става десната рака внатре во ќесата со најразлични предмети, зема предмет во раката и кажува за каков предмет се работи и кој е тој предмет. Потоа го вади предметот од ќесата и може да се потврди посоченото, но може и да не се работи за посочениот предмет. Постапката се повторува се додека не се извадат сите предмети од ќесата. Потоа на палмарната страна на раката испитувачот му исцртува бројки или букви со тап предмет. Испитаникот треба да го идентификува исцртаното.

Резултати: Од вкупно _____ предмети во ќесата, испитаникот препознал _____. Испитаникот ги препознал испишаните симболи _____.

ВАЖНО!

Идентификацијата најдобро се прави со врвовите на прстите. На пример на тој начин слепите ги идентификуваат буквите и бројките.

Образложение

Стереогнозија е сложено чувство и претставува способност со допирање да се препознае, односно да се идентификува формата и природата на предметот. Ако пациентот не успева во препознавањето и идентификувањето, промената се нарекува *астереогнозија* и *тактилна агнозија*.

Препознавање на тежината на предметот е функција на сензитивната кора. Непрепознавањето се нарекува *барогнозија*. Во двете раце на пациентот се ставаат два предмета со иста тежина. Пациентот треба да процени кој од нив е полесен, а кој потежок.

Графестезија е израз кој ја означува способноста да се препознаат на кожата напишаните букви и бројки. Неспособноста за тоа е *графанестезија* (Арсовска и др., 2014).

5.2. Термички сензации – сетило за топло и ладно

Термичките градации се разликуваат по најмалку три типа на сензорни рецептори: рецептори за студено, рецептори за топло и рецептори за болка. Рецепторите за болка се стимулирани само со екстремни степени на топло и студено и затоа, заедно со рецепторите за студено и топло, се одговорни за чувството за “мраз студено” и “врело”. Рецепторите за студено и топло се лоцирани непосредно под кожата во различни одвоени точки. Иако постоењето на посебни нервни завршетоци за топло е потполно сигурно врз основа на психолошки тестови, сепак, тие не се идентификувани хистолошки. Се смета дека се работи за слободни нервни завршетоци. Со пораст на температурата од 10 до 15°C импулсите за болка од студеното престануваат, но рецепторите за студено започнуваат да бидат стимулирани, постигнувајќи максимална стимулација при температура од околу 24°C, а потоа се гаси на нешто под 40°C. Над температура од околу 30°C, рецепторите за топло почнуваат да бидат стимулирани, но на околу 49°C таа стимулација исчезнува. Конечно, на околу 45°C жештината започнува да ги стимулира рецепторите за болка (Спасов и др., 2015).

5.2.1. Вежба за изведување

Испитување на сензибилитетот за топло и ладно, одредување на точките за топло и ладно

Цел: Треба да се определат точките за топло и ладно.

Потребен материјал: зашилена епрувета исполнета со студена или со топла течност (термоестезиометар), пенкало.

Начин на работа: Исцртуваме милиметарска мрежа односно исцртани квадратчиња од 1 cm² на дланката и на подлактицата на испитаникот. Испитаникот ги затвора очите. Со врвот на термоестезиометарот се прават допири во секое квадратче со ист интензитет, прво со топла, а потоа со студена вода. Кога испитаникот ќе соопшти дека почувствувал топло или студено соодветно се испишува црвена точка за топло и сина точка за студено во формуларот на соодветното место. На крајот се определува средниот број точки за топло како и средниот број точки за студено.

Резултати:

точки за топло _____/cm²

точки за ладно _____/cm²

Образложение: Бројот на точки за топло изнесува 1–2/ cm², а за студено од 12–13 / cm². Рецепторите за студено се поставени поповршно, околу 1,7 mm под кожата, па затоа побрзо реагираат, за разлика од оние за топло, кои се на околу 3 mm под кожата и затоа побавно реагираат и нивниот број е помал во споредба со оние за студено.

Промените се нарекуваат thermoanaesthesia за згаснато, thermohypaesthesia за намалено и thermohyperaesthesia за засилено чувство на сензибилитетот за ладно и топло.

Важно!

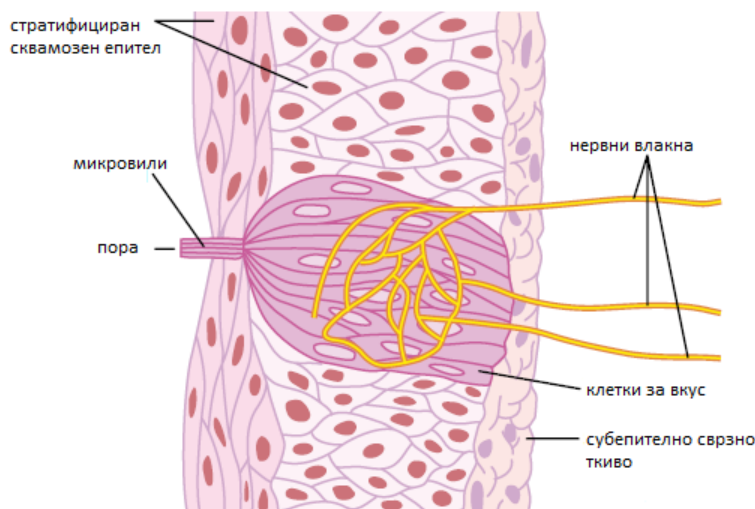
Кога рецепторот за студено е подложен на ненадеен пад на температурата, во почетокот е силно стимулиран, а потоа таа стимулација нагло опаѓа во периодот од првите неколку секунди и потоа прогресивно се побавно во периодот од следниот половина час или подолго. Или поинаку кажано, рецепторот се адаптира во голема мера, но никогаш 100 %. Тоа значи дека кога температурата на кожата нагло опаѓа, човекот чувствува дека му е многу поладно отколку кога некое време температурата останува на исто ниво. Важи и спротивното. На пример, ако најпрво раката ја ставиме и ја држиме во топла вода, потоа доколку раката ја ставиме во вода со температура од 25 °C таа ќе ни изгледа ладна (Малеска – Ивановска и др., 2012).

5.3. Сетило за вкус

Сетилото за вкус спаѓа во групата на хемиски сетила. Рецепторите за вкус се сместени во густативните папили на јазикот. Тие припаѓаат на групата хеморецептори кои ги регистрираат хемиските промени во храната и плунката. Густорецепторните клетки можат да бидат надразнети само ако супстанцијата е разложена на јони. Дразнењето на овие клетки всушност настанува преку предизвикување деполаризација и создавање нервни импулси, кои се спроведуваат преку густативните влакна на n. lingualis, n. facialis (од предните 2/3 на јазикот), n. glossopharyngeus (од базата на јазикот) и n. vagus (од фарингеалното подрачје), до соодветните зони за вкус во мозокот што се наоѓаат во париетално-темпоралниот кортекс (Boron et al., 2016).

Постојат четири основни вида рецептори за вкус: **солено** (од јонизирани соли, главно од концентрацијата на натриумови јони), **кисело** (од киселини, главно од концентрацијата на водородни јони), **слатко** (од шеќери, алдехиди, гликоли, амиди, алкохоли, кетони), **горчливо** (од органски супстанции со долги синџири и кои содржат азот и алкалоиди). Петта категорија на примарен стимул за вкус е **умами** (значи пријатно) кој означува пријатна сензација на вкус, квалитативно различна од кисело, солено, слатко или горчливо. Овие рецептори се карактеристично распоредени на површината на јазикот: за слатко - на врвот од јазикот, за горчливо - на базата на јазикот, за кисело – на бочните страни на јазикот, за солено се наоѓаат на целата површина на јазикот (Hall et al., 2021).

При јадењето се чувствуваат различни вкусови, затоа што едновременно со храната се стимулирани различни комбинации на споменатите четири вида рецептори. Карактеристика на хеморецепторите на густативните папили е таа дека тие можат во целост да се регенерираат по некакво оштетување. Ова сетило во текот на животот го намалува својот интензитет на сензации (Varshney et al., 2018).



Слика бр. 34. Пупка за вкус (Hall et al., 2021)

5.3.1. Вежба за изведување

Задача: Да се одреди локализацијата на различните видови густативни рецептори на јазикот.

Потребно за изведување: ленти од филтер хартија или пластични стапчиња завиткани со вата, раствори од 0.5% натриум хлорид, 1% сахароза, 0.000001% кинин и 0.0005% HCL.

Постапка: На испитаникот му наложуваме да ја држи устата отворена, јазикот да биде исплазен и да ги затвори очите. Лентите од филтер хартија или врвот на пластичното стапче завиткано со вата го потопуваме во еден од четирите раствори. На испитаникот му се наложува на шемата да покаже каде чувствува и каков осет.

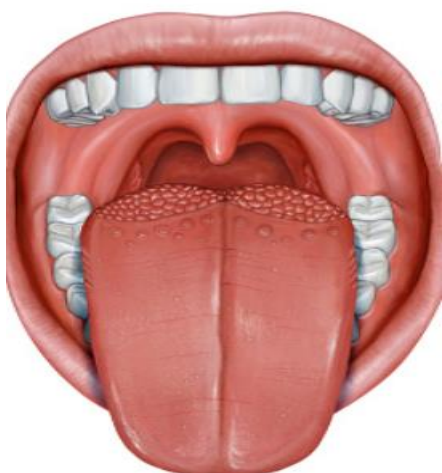
Добиените одговори ги забележуваме со ++ за преосетливост, + за осетливост, ± за мала осетливост и – за неосетливост.

Ова се повторува за секој од четирите раствори.

Важно!

Меѓу секое тестирање со нов раствор устата треба убаво да се исплакне со вода и да се направи одредена временска пауза.

Добиени резултати: На следната шема нацртај и означи ги (со знаците за осетливост) каде и колку се чувствуваат 4-те основни вкуса.



1. Слатко
2. Горко
3. Солено
4. Кисело

Слика бр. 35. Густативни папили (<https://www.istockphoto.com/de/vektor/lingual-gustatory-papillae-und-taste-buds-gm1269852827-373026735>)

Објаснување на резултатите:

Слаткиот осет најлесно се добива при дејство на врвот на јазикот, горчливиот на базата, киселиот на средината на страничните ивици и солениот вкус речиси на целата предна површина. Бидејќи густативниот систем е мултипно инервиран, така да оштетувањето на еден од трите главни нерви или ганглии може да предизвика пореметување на осетот за вкус кое на ваков начин може да се испита и процени (Малеска – Ивановска и др., 2012).

5.4. Сетило за мирис

Рецепторите за мирис претставуваат хеморецептори кои што ги регистрираат испарливите хемикалии и се наоѓаат во горните партии на носот. За да се осети мирис освен испарлива, материјата треба да биде и растворлива во вода и во масти. Рецепторните клетки за мирис се олфакторни клетки кои претставуваат биполарни клетки и потекнуваат од самиот централен нервен систем, а се распоредени во олфакторната мембрана на носот (слика бр. 36).

Се претпоставува дека постојат од 7 до 50 вида на основни мириси. Некои од основните мириси се: камфорен, мошусен, цветен, ментолен, етерен, непријатен, гнил итн.

Кога растворените молекули ќе ги стимулираат олфакторните рецептори, тие ги собираат импулсите и ги пренесуваат со олфакторниот нерв низ етмоидната коска до олфакторниот булубс. Овој нервен пат се завршува во олфакторната зона на темпоралниот резен (Boron et al., 2016).

Во однос на животните, сетилото за мирис кај луѓето е слабо развиено. На пример, кучињата имаат 200 пати поразвиено сетило за мирис отколку луѓето. Сетилото за вкус и мирис се во една симбиоза, така што поголем дел од тоа што го чувствуваме како вкус е последица на сетилото за мирис.

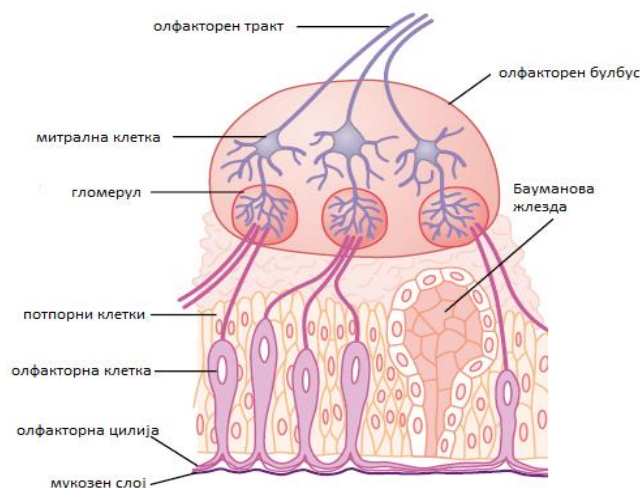
Испитување: Испитувањето на мирисот, односно функцијата на мирисниот нерв е несигурно и многу често е тешко да се изведе. Индивидуално, тоа зависи од состојбата на свеста, возраста, интелигенцијата, културата и сл.

Мирисот се испитува во чиста и проветрена просторија, со чисти раце на испитувачот (без мирис на сапун, тутун и сл.), со затворени очи на испитаникот и со затворена ноздра на носот на страната што не се испитува. Претходно се проверува проодноста на носот, се притиска ноздрата од страна на испитувачот, а испитаникот силно дува низ слободната ноздра, потоа тоа се прави и со другата ноздра. На тој начин се проверува дали носот е прооден.

Кон незатнатата ноздра се приближува мирис и се прашува испитаникот што чувствува. Испитаникот треба да го опише квалитетот и квантитетот на мирисот, дали е пријатен или непријатен, дали го чувствува јасно, силно, средно или воопшто не го чувствува и дали мирисот го препознава. За ова се користат шишиња со познати мириси, цигари, сапун, бензин и други (Ѓорѓоски и др., 2006).

Кога испитувачот ќе утврди дека носот е прооден и дека испитаникот нема воспалителни промени, треба да констатира дали испитаникот чувствува мирис на двете ноздри подеднакво:

- Намалено чувство на мирис (hyposmia)
- Губење на чувството на мирис (anosmia)



Слика бр. 36. Организација на олфакторната мембрана и на олфакторниот булбус, и врски со олфакторниот тракт (Hall et al., 2021)

5.4.1. Вежба за изведување

Потребно за изведување на вежбата: филтерна хартија натопена со 75% алкохол, затворена во фолија.

Постапка:

Очите на испитаникот се затворени. Фолијата со филтерната хартија натопена со алкохол се поставува во висина на папокот на испитаникот. Се отвара и полака се приближува кон носот на испитаникот. Му се наложува на испитаникот да го извести испитувачот за моментот кога ќе го почувствува мирисот на алкохолот.

Растојанието на филтерната хартија натопена во алкохол од носот на испитаникот е во корелација со неговата способност за мирисање.

Добиени резултати: Се чувствува мирис на растојание од _____ cm од носот.

Растојание помало од 20cm укажува на намален осет за мирис (hyposmia) (Малеска – Ивановска и др., 2012).

5.5. Сетило за вид

Ова сетило овозможува јасен вид и низ еволуцијата се развило до највисок степен на развој. Окото се прилагодува добро при гледање и од блиску и од далеку, а се адаптира и на различен интензитет на светлина. Со помош на чепчињата, окото прецизно ги разликува и боите. Со помош на своите функционални особини, окото ја прима светлината притоа одредувајќи ја формата, големината, бојата и оддалеченоста на предметот, а може да детектира и движење на предметот. Окото ги воочува предметите во правец на погледот, но и сè што е опфатено со видното поле (Hall et al., 2021).

Рецепторите кои детектираат светло во ретината на окото се познати како електромагнетни рецептори затоа што всушност соодветните дразби коишто ги детектираат се светлосните зраци, односно електро магнетни бранови или најпрецизно кажано, окото ги прима ваквиот тип на бранови со должина од 190 до 780 нанометри. Сетилото за вид може грубо да се подели на 3 главни дела.

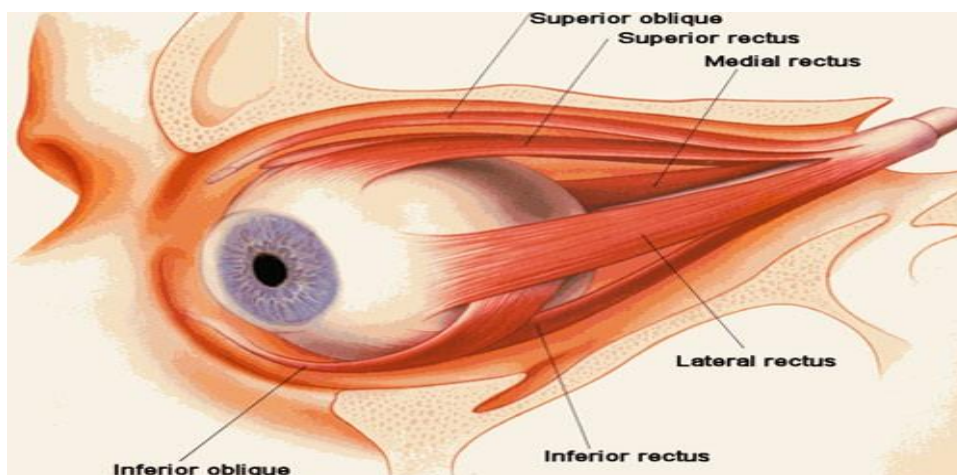
1. **Периферен дел** сочинет од самото око односно bulbus oculi – парен сетилен орган.
2. **Спроводен дел** – откако ќе ја напуштат ретината односно мрежницата визуелните нервни сигнали понатаму се пренесуваат преку оптичките нерви. Во оптичката хијазма, оптичките нервни влакна од назалните половици на ретината преминуваат на спротивната страна, каде им се придружуваат на влакната од спротивните темпорални мрежници на тој начин градејќи оптички тракт. Значи, спроводниот дел го сочинуваат видните патишта, од осмиот слој на мрежницата, а тоа е ганглионскиот слој (stratum gangliosum), n. opticus, chiasma nervi optici, tractus optici и тука ќе го дополниме и radiatio optica Gratioleti.
3. **Централен дел** - Центрите во кората на мозокот на сетилото за вид се лоцирани во окципиталниот дел и тоа во областите 17, 18 и 19 според поделбата на Бродман. Ако функционално го анализираме периферниот дел, човековото око има две главни компоненти и тоа: 1. **Оптички дел**, што ја собира и фокусира светлината и ја формира сликата. 2. **Неврален дел**, односно ретина што ја конвертира оптичката слика во неврален код (Boron et al., 2016).

Делот кадешто се прекршува светлината е лоциран во очното јаболко, а прекршувањето на светлината се должи на системот на леќи кој е составен од четири допирни површини на прекршување. Тој систем од повеќе оптички средини со различни индекси на прекршување на светлосните зраци е всушност диоптриски апарат. Тој апарат е сочинет од: рожница, очна водичка, леќа и стаклесто тело. Постојат 4 допирни површини на прекршување, а тоа се: 1. Допирната површина помеѓу воздухот и предната површина на рожницата (корнеата) 2. Допирната површина помеѓу задната површина на рожницата и очната водичка 3. Допирната површина помеѓу очната водичка и предната површина на очната леќа 4. Допирната површина помеѓу задната површина на леќата и стаклестото тело. Индексот на прекршување на воздухот е 1, на рожницата 1.38, на очната водичка 1.33, на леќата просечно 1.40 и на стаклестото тело 1.34. Од горенаведеното се гледа дека најголема моќ на прекршување имаат рожницата и очната леќа. Центрите на кривините на овие две средини се наоѓаат на иста хоризонтална линија (оптичка оска) на која се наоѓаат предната и задната фокусна точка на оптичкиот систем и затоа се нарекуваат центриран оптички систем (Daube et al., 2009).

Рожницата на окото е провидна, не содржи крвни садови, но во неа се лоцирани нервни влакна без миелинска обвивка. Очната водичка ги исполнува предната и задната комора. За создавањето на очната водичка одговорно е цилијарното тело. Улогата на леќата е да ја рефлектира светлината и да ја фокусира на мрежницата. Леќата, со своите карактеристики и особености е одговорна и за окото јасно да гледа од блиску и од далеку. Улогата на овој дел којшто ја прекршува светлината е тие светлосни зраци кои доаѓаат од надворешната средина, од некој одреден предмет, да ги прекршат, но светлината мора да биде фокусирана за да создаде чиста оптичка слика на мрежницата. Затоа прекршените светлосни зраци се фокусираат на жолтата дамка на мрежницата.

Оној дел пак што ја прима светлината е апарат сочинет од структурите лоцирани (по слоеви) во оптичкиот дел на мрежницата. Мрежницата може да се подели на три дела и тоа: ирисен, цилијарен и најважниот, оптички дел. Првите два не примаат светлосни дразби и затоа може да се назначат како слеп дел на мрежницата, додека оптичкиот дел прима светлосни дразби. Токму во тој оптички дел се сместени по слоеви: пигментен, слоеви на фоторецепторни стапчиња и чепчиња, хоризонтални, биполарни, амакрини и ганглиски клетки. Овие фоторецепторни клетки имаат иста задача, а тоа е да ја примаат светлината, но самите помеѓу себе имаат одредени разлики од типот на

големина, облик, број, локација, но и во некои делови и во самата функција. Чепчињата се одговорни за распознавање на боите, додека стапчињата се одговорни за распознавање на црно и бело и за гледање во мрак. За јасноста на видот, клучна е фовеата која е во суштина минијатурен дел во центарот на мрежницата. Централната фовеа е составена речиси целосно од чепчиња. Овие чепчиња имаат специјална структура која им овозможува да распознаваат детали во визуелната слика. Во едно око има околу 6 до 7 милиони чепчиња и околу 110 до 130 милиони стапчиња. Периферијата на мрежницата кон *orra serrata* има многу малку чепчиња, додека, како што е горенаведено, во централната фовеа (жолтата дамка – *macula lutea* со централната фовеа – *fovea centralis*) има само чепчиња и ова всушност претставува место на централен вид. Фоторецепторите се изградени од 4 функционални сегменти: 1. Надворешен сегмент 2. Внатрешен сегмент 3. Јадро 4. Синаптичко тело. Клучната разлика помеѓу стапчињата и чепчињата е во надворешниот сегмент кадешто се наоѓа фотохемиска супстанција осетлива на светлина. Кај стапчињата се работи за родопсин, додека кај чепчињата се работи за една од трите обоени фотохемиски супстанции, наречени колорни пигменти. Дразбата којашто ќе ги надразни овие рецептори ја предизвикува појавата на тој таканаречен рецепторски потенцијал, кој пак ќе овозможи појава на еден или повеќе акциски потенцијали во биполарните клетки за кои всушност се врзува синаптичкото тело од стапчето или чепчето. Потоа, преку ганглиските клетки (аксоните го формираат оптичкиот нерв), тие потенцијали се пренесуваат до ЦНС. Со цел да се постигне централен вид, односно да се обезбеди јасноста на видот, централната фовеа треба да биде местото кадешто ќе се формира ликот на предметот и со тоа да не настане диплопија односно двојни слики. За да се овозможи сето ова, од круцијално значење е подвижноста и движењата на очните јаболка кои треба да бидат координирани, конјугирани и синергистички движења. За таквите движења одговорни се околумоторните мускули и тоа шест на број, кои пак се инервирани од кранијалните нерви и тоа, третиот, четвртиот и шестиот кранијален нерв. Преку тие механизми, движењата на очните јаболка се овозможени и во хоризонтален и во вертикален правец, а овозможена е и конвергенција и дивергенција. Кога станува збор за бинокуларно гледање, имајќи ги предвид горенаведените механизми, двете очи се поставуваат на тој начин што нивните оски се сечат во точката која ја фиксираат, а ликовите на фиксираниот предмет се создаваат во централните фовеи на двете очи. Без тие механизми ќе настане диплопија (Hall et al., 2021).



Слика бр. 37. Мускули придвижувачи на очните јаболка кај човекот (Silbernagl et al., 2008)

На папилата на оптичкиот нерв нема рецепторни структури, што само по себе значи дека не може да прима светлосни дразби и тој дел е познат како слепа дамка, односно *macula saesa*. Знаејќи го тоа, сосема е јасно дека доколку ликот се формира во тој предел не би се гледал. Присуството на слепата дамка се докажува со Мариотов опит.

5.5.1. Испитување на видно поле (Периметрија)

Периметријата е постапка за мерење на видното поле. Кога зборуваме за видно поле всушност зборуваме за специјалниот дел на визуелни сензации, односно, збирот на сите точки кои истовремено се гледаат со окото додека погледот е фиксиран во една точка се нарекува **видно поле**. Поимот видно поле се разликува од она што се користи понекогаш како негов синоним, а тоа е поле на гледање. Поле на гледање се однесува на физичките објекти и светлосните извори во надворешното опкружување кои ја држат мрежницата. Со други зборови, периметријата е метод со кој се одредува широчината на видното поле. Видното поле се одредува со периметар. Во модерните болници периметријата се изведува компјутерски. Периметријата дава информации за ширината на видното поле за секое око поединечно и за ретиналната осетливост на стимулуси со различен интензитет на осветленост. Најголема намена има во дијагностиката и евалуација на болести на очниот нерв како на пример неврит, оптиконевропатија, понатаму за глауком, ретинални дистрофии и слично. Бидејќи се работи за постапка со која ја мериме ширината на видното поле, таа ширина ја изразуваме во степени, а правците во кои тие големини се искажуваат се: назално, темпорално, горе и долу. Видното поле кај луѓето е елипсовидно и физиолошки е да има осцилации во определени граници. Не е тркалезно поради конфигурацијата на лицето. Како резултат на бинокуларното гледање, назалните половици на видното поле на двете очи се преклопуваат. Рековме дека видното поле се одредува со периметар. Во принцип, се работи за направа која е составена од метален лак чијашто положба може да се менува со негова ротација околу централната оска. На самиот лак има ознаки за степени од 0 до 90, од центарот на лакот кон периферијата. На одредена оддалеченост пред лакот е лоциран специјален потпирач за брадата на испитаникот, кој може да претрпува промени во однос на правецот, односно се движи горе–долу, со цел да може да се постигне иста височина на окото на испитаникот со централната точка на лакот на периметарот (Спасов и др., 2015).



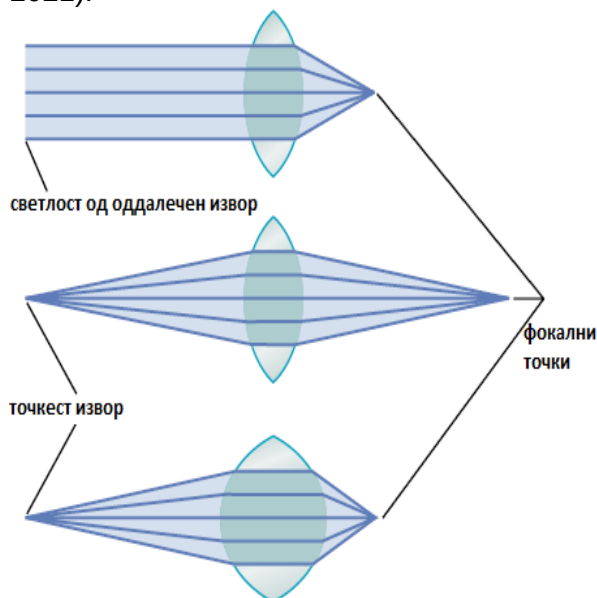
Слика бр. 38. Форстер – ов периметар (Спасов и др., 2015)

Табела 23. Физиолошки вредности на ширината на видното поле за одделни бои

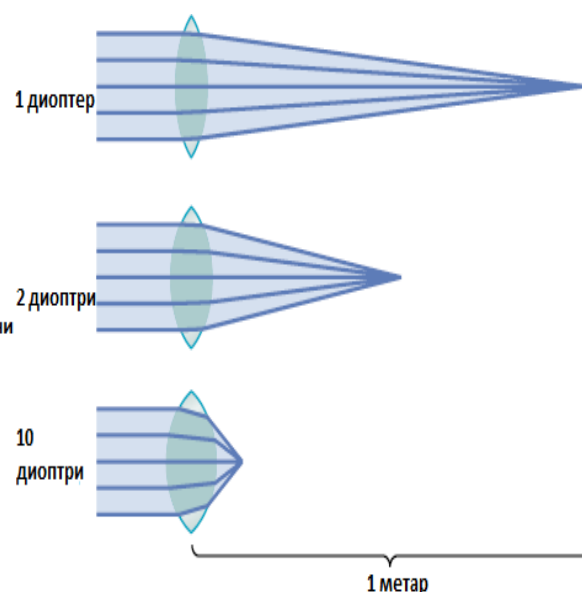
Светлина	Правци			
	темпорално	назално	горе	долу
бела	90 - 100°	60°	56°	65°
сина	70°	50°	50°	50°
црвена	50°	40°	40°	40°
зелена	40°	30°	30°	30°

5.5.2. Диоптриска способност на окото

Колку повеќе леќата ги прекршува светлосните зраци, толку е поголема и нејзината јачина на прекршување. Тоа се мери со диоптрија. Диоптријата претставува мерна единица на прекршување на светлината кај оптичка леќа. Прекршувачката моќ во диоптрии на конвексна леќа е еднаква на 1 метар поделен со фокусно растојание на леќата. Едно фокусно растојание на леќата е растојанието зад конвексната леќа на кое паралелните зраци конвергираат во заедничка фокусна точка. На пример, сферична леќа, која ги конвергира паралелните светлосни зраци во фокусна точка која е 1 метар зад леќата, има моќ на прекршување од +1 диоптер, како што е прикажано на Слика бр.40. Доколку леќата е способна за конвергирање на паралелните светлосни зраци два пати повеќе отколку леќа со моќ од +1 диоптер, се вели дека има моќ од +2 диоптри, а светлосните зраци се собираат во фокусна точка која е 0,5 метри зад леќата (Hall et al., 2021).



Слика бр. 39. Фокусно растојание
(Hall et al., 2021)

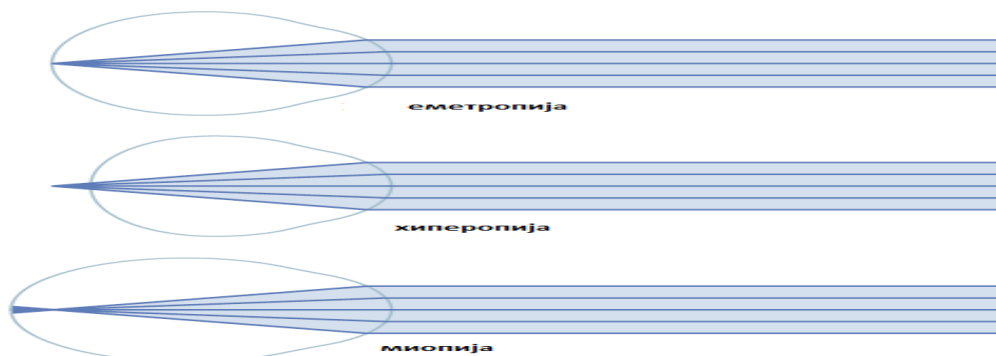


Слика бр. 40. Ефект на јачината на леќата врз ф.р.
(Hall et al., 2021)

За тоа дали едно око јасно ќе гледа, одговорни се: А) состојбата на мрежницата, на оптичкиот нерв и на оптичката кора; Б) состојбата на леќата и на стаклестото тело; В) оптичкиот систем на окото со чија помош паралелните светлосни зраци се сечат точно во мрежницата, со што се добива јасен и прецизен лик на предметот.

Способноста за прекршување на светлосните зраци зависи од моќта за прекршување на диоптрискиот систем и од должината на булбусот на окото (Hall et al., 2021).

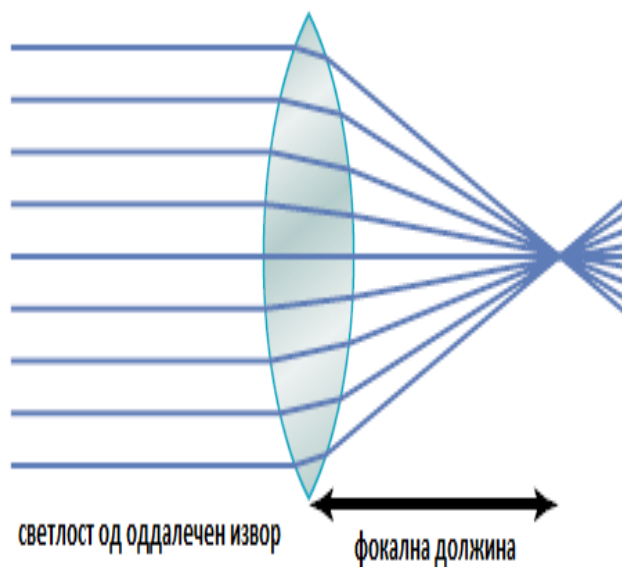
Се смета дека окото е нормално или еметропно доколку паралелни светлосни зраци од далечни предмети се во фокусот на мрежницата, кога цилијарниот мускул е потполно релаксиран. Ако двата фактори коишто ги наведовме погоре претрпат одредени промени, паралелните зраци нема да се сечат во мрежницата. Кога светлосните зраци кои доаѓаат од оддалечени предмети се фокусираат пред мрежницата а цилијарниот мускул е потполно опуштен, се работи за миопија или кратковидост, како што е прикажано на слика бр. 40. Причината може да биде и долго очно јаболко, но може да биде и преголема моќ на прекршување во системот на леќи во окото. Далекувидно или хиперметропно око е пак состојба кадешто паралелните светлосни зраци се сечат зад мрежницата и најчесто се должи на кратко очно јаболко или на премногу слаб систем на леќи.



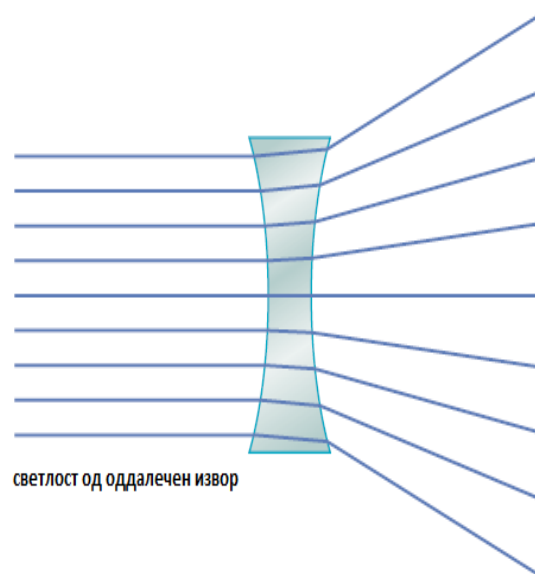
Слика бр. 41. Паралелни светлосни зраци се фокусираат врз мрежницата при еметропија, зад мрежницата при хиперметропија и пред мрежницата при миопија (Hall et al., 2021)

Степенот на миопија се изразува преку моќта на прекршување на конкавните леќи кои се користат за корекција на ликот, а степенот на хиперметропија се изразува со диоптриската моќ на конвексните леќи.

Младите луѓе и децата имаат најеластични леќи и можат да ја зголемат својата фокусна сила од 12 – 14 D. Односно, јачината на прекршување на очните леќи кај деца може да се зголеми од 18 диоптри до приближно 32 диоптри или тоа е акомодација за 14 диоптри. За акомодацијата ќе стане збор нешто подоцна. Со годините леќите стануваат покроти и имаат помала можност за заоблување и акомодација. Губењето на способноста за акомодација се вика презбиопија, тоа се случува поради стареењето кога леќата се задебелува поради постепено денатурирање на протеини, губејќи ја својата еластичност. Имено, ако кај децата јачината на акомодацијата изнесува 14 D, на возраст од 45 – 50 години се намалува на околу 2 D, а речиси на 0 D на возраст од 70 години. *Суштината е дека презбиопијата е губење на способноста за акомодација на окото како резултат на губењето на еластичноста на леќата поради денатурацијата на протеините со самото стареење, а не е рефракциска аномалија.* Во контекст на горенаведеното, само на кратко ќе ги споменеме физичките принципи на оптиката. Од тие принципи ни е познато дека постојат повеќе видови на леќи кои во суштина претставуваат оптички систем ограничен со две прекршувачки површини со заедничка основа. Леќите можат да бидат конвексни или собирни, конкавни или растурни, а може да бидат и комбинации од нив т.е. конвексно–конкавни, конкавно–конвексни, план–конвексни и план–конкавни. Конвексните леќи ги фокусираат светлосните зраци како што е прикажано на слика бр. 42. Светлосните зраци кои поминуваат низ центарот на леќата паѓаат нормално на површината на леќата и поради тоа поминуваат низ леќата без да бидат прекршени. Но, кон краевите на леќата, светлосните зраци удираат на површина која станува прогресивно повеќе закосена. Надворешните зраци се повеќе се виткаат кон центарот, што се нарекува конвергенција на зраците. Половина од виткањето се јавува кога зраците влегуваат во леќата, а половина кога излегуваат на спротивната страна (Boron et al., 2016).



Слика бр. 42. Конвексна леќа
(Hall et al., 2021)



Слика бр. 43. Конкавна леќа
(Hall et al., 2021)

Прашање за размислување – Зошто зраците се виткаат кон центарот при напуштање на леќата?

Конкавните леќи пак ги дивергираат светлосните зраци како што е прикажано на слика бр.42. Зраците кои влегуваат во центарот на леќата удираат врз површина која е нормална на снопот и затоа не се прекршуваат. Ова е спротивно на ефектот на конвексната леќа и предизвикува периферните светлосни зраци да дивергираат од светлосните зраци кои поминуваат низ центарот на леќата. Во корективна смисла, овие леќи се од големо значење во медицината во улога на помагала за рефракциски аномалии на очите. Презбиопијата се корегира со собирни леќи, кои за разлика од оние што се носат за корекција на хиперметропијата се носат исклучиво кога се чита или кога се работи со блиски предмети (Hall et al., 2021).

5.5.3. Вежби за изведување

Мариотов опит

Цел: Докажување на присуството на слепата точка на мрежницата.

Потребен материјал: црна тест плочка, на којашто се нацртани бел круг и бел крст на растојание од 6 см.

Начин на работа: Испитаникот го затвора едното око. Со едната рака ја држи тест плочката (десна рака, ако гледа со десно око) на растојание од околу 40 см пред окото. Погледот на тестираното око се фиксира во кругот на тест плочката (кругот во моментот се наоѓа на оптичката оска на окото), а крстот се наоѓа темпорално (надворешно) во видното поле. На наведеното растојание се гледаат и кругот и крстот. Испитаникот полека ја приближува тест плочката и констатира дека во еден момент белиот крст се губи од неговото видно поле. Придвижувањето на тест објектот продолжува и се констатира повторно појавување на крстот во видното поле (Спасов и др., 2015).



Слика бр. 44. Тест плочка со која се докажува постоењето на слепата дамка (Спасов и др., 2015)

Резултати: Исчезнувањето на крстот од видното поле и неговото повторно појавување при постепено приближување на тест објектот настанува бидејќи ликот на крстот, формиран на мрежницата, прво со придвижување паѓа во пределот на слепата дамка и не се гледа, а потоа со понатамошно придвижување повторно тој излегува од пределот на слепата дамка, но сега на другата страна. Во почетокот на опитот ликот на крстот се формира на делот од мрежницата, кој се наоѓа меѓу жолтата и слепата дамка, а при крајот ликот на крстот паѓа назално од слепата дамка. Постојаното гледање на белиот круг се должи на фактот што погледот е постојано фиксиран на овој дел од тест плочката, па неговиот лик во текот на целиот опит се наоѓа во точката на централен вид.

Определување на ширината на видното поле (периметрија)

Цел: да се одреди ширината на видното поле на двете очи.

Потребен материјал: периметар, тест објект и шема за цртање на видното поле.

Начин на работа: Испитаникот главата ја поставува на држачот на периметарот на таков начин што очите се на исто ниво со централната точка на периметарот. Испитаникот го затвора едното око, а со другото го фиксира центарот на периметарот. Испитувачот го придвижува тест-објектот од периферијата кон центарот на периметарот се додека испитаникот не го забележи. Одредувањето се прави во четирите правци и тоа назално, темпорално, горе и долу. Може да се одреди и видното поле за различни бои – хроматска периметрија.

Она што мора да се запази е тоа дека периметарот мора да биде добро осветлен, главата на испитаникот мора да биде правилно поставена и испитаникот мора да го држи фиксиран погледот во централната точка за цело време на испитувањето.

Назалниот дел од мрежницата прима видни импресии од темпоралниот дел од видното поле, а темпоралниот од назалниот дел.

Физиолошки дефект (скотом) во видното поле на околу 15° темпорално за секое око е порекцијата на слепата дамка (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Резултати: На шемата за видно поле нанеси ги вредностите за секој правец. Видното поле се исцртува посебно за секое око.

Од добиените вредности во текот на испитувањето се забележува дека најшироко видно поле има за белата боја. Тоа се должи на нееднаквиот распоред на стапчиња и чепчиња во мрежницата на окото. Стапчињата, кои се одговорни за ахроматско гледање, се распоредени на мрежницата најшироко.

Важно!

При некои патолошки состојби можат да се забележат точкести испади во видното поле познати како скотоми. *Скотом* претставува ненормална дамка во видното поле. Позитивен скотом е кога пациентот го забележува, а негативен скотом е оној кој се открива при преглед. Испадите во видното поле се честа последица на оштетување на fasciculus opticus, хијазмата, tractus opticus, corpus geniculate laterale, Gratiolet-овиот пат или самата кора на окципиталниот лобус. Понатаму, може да се забележи редукција на

просторот, односно стеснето видно поле, па некогаш и потполн губиток на видот на едното или двете очи (*анопсија, амауроза*).

Хемианопсија претставува губење на видот во едната половина на видното поле, најчесто последица на оштетување на видниот пат на различни места. Постои поделба на хемианопсиите на хетеронимни и хомонимни. *Хетеронимни хемианопсии* се оние хемианопсии каде што оштетувањето е на ниво на хијазма (овде се вкрстуваат назалните половици на оптичкиот нерв и одат во спротивниот оптички трактус), при што недостигаат темпоралните половици на видните полиња на двете очи. *Хомонимни хемианопсии* се оние каде што оштетувањето е по хијазмата (видниот пат ги носи влакната од истостраната темпорална половина на мрежницата и влакна од назалната половина на мрежницата на контралатералното око), при што недостасуваат на пример, назалната половина на видното поле на едното око и темпоралната половина на видното поле на другото око.

Битемпорална хетеронимна хемианопсија се јавува при сагитално оштетување на хијазмата. Во симптоматологијата се манифестира со слепило на левата страна на левото око и на десната страна на десното око.

- Едностраното странично оштетување на хијазмата ќе предизвика хемианопсија на видното поле од истата страна на окото.

- Страничното оштетување на хијазмата од двете страни ќе предизвика појава на *биназална хетеронимна хемианопсија*.

- Процеси на базата на черепот ја оштетуваат хијазмата одоздола, предизвикувајќи појава на *хоризонтална хемианопсија*, односно дефекти во горните темпорални четвртини на видното поле – *quadrantopsia* или горните половици на видното поле – *хоризонтална хемианопсија*.

Оштетувањето на tractus opticus ќе даде појава на хомонимна хемианопсија на спротивните половици на видното поле. Ако е оштетен левиот tractus opticus, настанува хомонимна хемианопсија, а ако е оштетено десното око ќе се манифестира лева хомонимна хемианопсија, каде што е слепа темпоралната половина на левото око и назалната половина на десното око.

Оштетување на Gratiolet-овиот пат и на окципиталната регија ќе предизвика појава на контралатерална хомонимна хемианопсија, но со сочуван рефлекс на зеницата на светлост.

Оштетување на окципиталниот лобус може да доведе до контралатерална хемианопсија (Varshney et al., 2018).

Испитување на ширината на видното поле – campus

Campus – претставува дел од просторот што го гледаме со погледот фиксиран во еден правец. Во нормална состојба, ширината на видното поле има елипсовидна форма чишто пречници изнесуваат: 90-100° латерално, 50° медијално кон носот, 60° кон горе и 70° надолу. Понекогаш можат да се забележат индивидуални варијации. При прегледот, пациентот седи пред испитувачот на растојание од 60-70 см, со едната рака го покрива едното око, а со другото око го фиксира коренот на носот на испитувачот. Тогаш испитувачот ја испружува својата рака зад увото на пациентот и со едно полукружно движење и движење на показалецот или сите прсти, навлегува во видното поле на пациентот странично. На пациентот му се објаснува дека треба да каже кога ќе забележи дека прстот на испитувачот е навлезен во неговото видно поле. Во тој момент испитувачот престанува да ја движи раката и проценува колкав е аголот помеѓу окото и неговата рака. Истите тие постапки се изведуваат почнувајќи од темето, под брадата и од назалната страна, одредувајќи го степенот на ширината на видното поле. На овој начин се испитуваат двете очи. Во испитувањето е значајна соработката на пациентот (Арсовска и др., 2014).

Одредување на диоптриска способност на окото

Цел: Да се определи диоптриската способност на двете очи.

Потребен материјал: оптотип, комплет конкавни и конвексни леќи.

Доколку имаме непознати леќи, за да можеме да утврдиме за какви леќи станува збор, потребно е да се набљудува некој близок предмет низ леќата, но леќата треба да се придвижува лево–десно. Со самото придвижување на леќата се случува и привидно придвижување на предметот што го гледаме низ неа. Доколку тоа придвижување на предметот е во насока спротивна од онаа на движење на леќата тоа укажува на конвексна леќа. Обратно пак, доколку тоа привидно придвижување на предметот е во иста насока со онаа на движење на леќата, станува збор за конкавна леќа.

Она што треба да се запази е моментот на набљудување на предметот низ непознатата леќа, со тоа што додека се прави тоа се гледа само со едно око, а другото треба да е затворено (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Начин на работа: Поставувањето на испитаникот треба да биде на растојание од 6 метри од оптикот. Понатаму се става рамка за очила и се затвора едното око со дијафрагма. Она што треба да се побара од испитаникот е со другото око да чита букви во шестиот ред од оптикот. Доколку испитаникот може да ги прочита буквите, тогаш тоа око не е кратковидно или миопно. Се ставаат најслабите конвексни леќи (плус) и доколку со најслабите леќи испитаникот гледа нејасно, тогаш се работи за нормално или еметропно око. Доколку пак испитаникот гледа подобро, тоа укажува дека окото е далекувидно односно хиперметропно. Доколку корекцијата со собирни леќи овозможува јасно гледање, тогаш степенот на хиперметропијата ќе биде изразен со диоптриската моќ на собирната леќа што ја користиме за корекција на видот. Во случај да се работи за кратковидост, се ставаат конкавни леќи (минус) леќи и тоа почнувајќи од најслабата се до онаа со која испитаникот јасно ги чита буквите. Степенот на миопија е изразен со јачината на најслабата конкавна леќа која се користи за корекција на ликот. Истото испитување се спроведува и на десното око, а се става дијафрагма на левото око.

Резултати: Диоптриска моќ (D) на испитаникот D на десно око

D на лево око

5.5.4. Сетило за вид – втор дел

5.5.4.1. Најблиска и најдалечна точка на јасен вид (акомодација на окото)

Нормалното око секој предмет може јасно да го гледа доколку зраците што тргнуваат од набљудуваниот предмет паднат во централната фовеа на мрежницата, односно точката на јасно гледање. Во физиолошки услови, окото може јасно да ги гледа предметите што се наоѓаат на растојание од најмалку 6 метри од него. Но, окото може со помош на способноста за акомодација јасно да ги гледа и предметите на помало растојание. При набљудување на оддалечени предмети, не се случува акомодација, капсулата на очната леќа е затегната, а леќата е издолжена. Но, леќата има способност да ја зголеми својата рефракциска моќ и тоа му овозможува на окото јасно да ги гледа и предметите кои се наоѓаат блиску пред него. Поради тоа што окото ги гледа во еден миг далечните, а во другиот миг блиските предмети, рефракциската сила на леќата постојано се менува. Оваа жива, постојана активност на леќата се одвива под контрола на цилијарниот мускул, сместен во цилијарното тело. Механизмот на акомодација се одвива на следниот начин: кога предметот се приближува кон окото, сликата на мрежницата станува нејасна и преку парасимпатичкиот пат автоматски се надразнува цилијарниот мускул. Со својата контракција цилијарниот мускул ја повлекува хороидеата кон напред, а кружните влакна на мускулот го намалуваат отворот кој цилијарното тело го прави околу леќата. Така доаѓа до олабавување на зонулите (zonulae ciliares). Зонулите поаѓаат од цилијарното тело и се фаќаат за екваторот на леќата. Со олабавувањето на зонулите, леќата, како еластично тело настојувајќи да заземе топчеста положба, се повеќе се испупчува. На тој начин се зголемува

аксијалниот дијаметар на леќата и таа посилено ги прекршува светлосните зраци. Колку повеќе предметот се приближува кон окото, толку повеќе се појачува контракцијата на цилијарниот мускул, испупченоста на леќата станува поголема и рефракциската сила појака (Hall et al., 2021).

Најмалото растојание од окото на кое предметот јасно се гледа, без окото да прави акомодација, претставува најдалечна точка на јасен вид (punctum remotum, P.R.). За еметропно око таа изнесува од 6 метри до бесконечност.

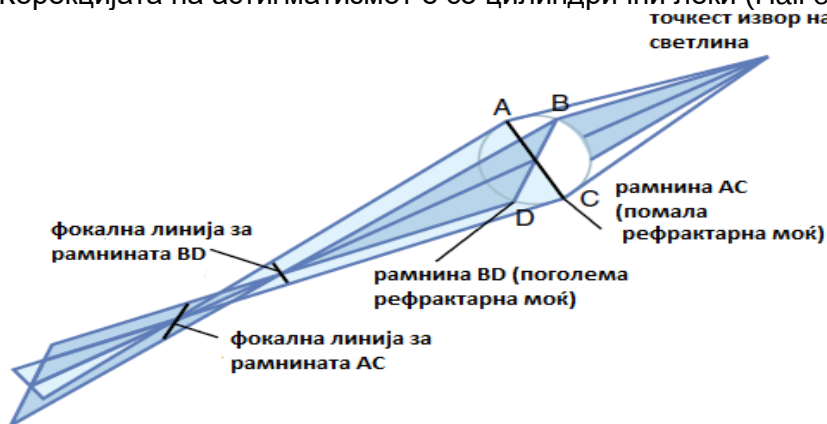
Од друга страна, најблиското растојание на кое окото јасно гледа при максимална акомодација претставува најблиска точка на јасен вид (punctum proximum, P.P.). Тоа зависи од моќта за рефракција и од самата еластичност на очната леќа. Со максимална адаптација на окото, точката на јасен виде се приближува на 15 см и тоа е најблиската точка на јасен вид. Според тоа, најдалечна точка на јасен вид би била онаа кадешто целосно престанува акомодацијата на окото. Овие две растојанија ја ограничуваат ширината на акомодациското поле. Таа акомодациска способност на окото се изразува во диоптри. На 10-годишна возраст P.R. е 7 см, за 20-годишна возраст е 10 см, за 30-годишна е 14 см, за 40-годишна е 22 см, за 50-годишна е 40 см, за 60-годишна е 100 см, а по 70 години таа целосно се губи и е во бесконечност, а тој феномен е познат како старечка далекувидост (презбиопија, објаснета претходно) (Rhoades et al., 2017).

5.5.4.2. Астигматизам

Астигматизам е грешка во прекршување на окото која предизвикува сликата во една рамнина да се фокусира на различно растојание од она на рамнината под прави агли. Имено, се работи за рефрактерна аномалија која најчесто настанува поради преголема закривеност на рожницата во една рамнина на окото или нејзино издолжување, а поретко поради издолжување на леќата. Како пример за астигматична леќа може да се земе површина слична на издолжената страна од јајцето кое е поставено на страна во однос на дојдовното светло. Степенот на закривеност на рамнината која поминува низ подолгата оска на јајцето не е ниту близу голем колку степенот на закривеност на рамнината која поминува низ пократката оска на јајцето.

Со оглед на тоа што закривеноста на астигматичната леќа во една рамнина е помала од друга, светлосните зраци кои паѓаат на рабовите од леќата во една рамнина се прекршуваат многу послабо од зраците кои паѓаат на рабовите од леќата во друга рамнина. Ова е прикажано на слика бр. 45.

Акомодативната моќ на окото не може никогаш да го компензира астигматизмот бидејќи, за време на акомодација, закривеноста на очната леќа се менува еднакво во двете рамнини и затоа при астигматизам секоја од двете рамнини бара различен степен на акомодација. Корекцијата на астигматизмот е со цилиндрични леќи (Hall et al., 2021).



Слика бр. 45. Астигматизам. Прикажано е дека светлосните зраци на една фокално растојание, се фокусираат на една фокална рамнина (рамнина AC), а на друга фокално растојание, на рамнината под прав агол (рамнина BD) (Hall et al., 2021)

5.5.4.3. Гледање во боја

Различните чепчиња се сензитивни на различни бои од спектарот на светлината. Сите теории за гледање во боја се базираат на добро познатиот факт дека човековото око може да ги детектира речиси сите градации на бои само кога црвената, зелената и сината монохроматска светлост се соодветно измешани во различни комбинации. Чепчињата реагираат на светлина со бранова должина од 350 до 750 нанометри. Постојат три типа на чепчиња. Само еден од трите типа колор-пигменти е присутен во секое од различните чепчиња. На тој начин, чепчињата се селективно сензитивни на различни бои: сина, зелена или црвена. Овие колор-пигменти се наречени соодветно: сино-сензитивен пигмент, зелено-сензитивен пигмент, црвено-сензитивен пигмент. Апсорпциските карактеристики на пигментите во трите типа чепчиња покажуваат пик апсорпции при светлосни должини од 445, 535 и 570 нанометри соодветно. Ова, исто така, се брановите должини за врвот на светлосната сензитивност за секој тип чепче, што ни дава почетно објаснување како мрежницата ги разликува боите. Интерпретацијата на боите во нервниот систем зависи од степенот и од соодносот на надрознувањето на чепчињата за црвено : зелено : сино. Степенот на надрознување на чепчињата за црвено при дејството на окото со црвена монохроматска светлина (бранова должина од 610 нанометри), приближно изнесува 0.75 за чепчињата за црвено, за зелено пак 0.13, а од друга страна чепчињата за сино не се надрознети. Ваквиот сооднос на надрознување на трите чепчиња е всушност 75 : 13 : 0 и интерпретацијата на нервниот систем во овој случај е црвена боја. Монохроматската сина светлина со бранова должина од 450 нанометри не ги надрознува чепчињата за црвена боја, степенот на надрознување за зелено е 0.14, додека за сино е 0.86 и овој однос 0 : 14 : 86 и интерпретацијата во нервниот систем на таквиот сооднос е за сина боја. Портокаловата монохроматска светлост со бранова должина од 580 нанометри ги стимулира црвените чепчиња до вредност на стимулот од околу 99, зелените до вредност на стимулот од 42, а сините воопшто не ги стимулира. Овој сооднос од 99 : 42 : 0 нервниот систем го интерпретира како сезнација за портокалово. Соодносот 83 : 83 : 0 се интерпретира како жолто, а 31 : 67 : 36, како зелено. Еднаква стимулација на црвените, зелените и сините чепчиња дава сензација на гледање бело (Boron et al., 2016).

Кога една група чепчиња недостасува во окото, човекот не е во можност да разликува некои бои. Човек кој ги разликува сите три основни бои, се нарекува трихромат. Човек кај кого отсутствуваат црвените чепчиња, се нарекува протаноп. Човек, кај кого нема зелени чепчиња, се нарекува деутераноп. Тој има совршено нормална ширина на визуелниот спектар затоа што има црвени чепчиња кои може да ја детектираат црвената боја со долга бранова должина. Сините чепчиња ретко недостасуваат, иако некогаш ги нема во доволна количина, што е генетски наследна особина. Луѓе кои имаат таков недостаток се познати како тританопи. Терминот монохромати се однесува на луѓе кои распознаваат само една боја, додека ахромати на луѓето кои не распознаваат ниту една боја. Слепилото за црвена и зелена боја е генетско нарушување што се јавува речиси исклучиво кај мажи, со гените во женскиот X хромозомски код за соодветните чепчиња. Кај жени слепилото за бои речиси никогаш не се јавува затоа што еден од двата X хромозоми речиси секогаш имаат нормален ген за секој тип чепче. Брз метод за одредување на слепило за бои се базира врз употребата на точкасти графикони. Тој метод е познат како метод на Ишихара (Спасов и др., 2015).

5.5.4.4. Набљудување на очното дно (офталмоскопија)

Офталмоскопијата, односно набљудувањето на очното дно, е постапка која се изведува со помош на офталмоскоп. Очното дно е дел од мрежницата кој не може да се види со директно гледање, односно без никакво помагало низ зеницата, затоа што

внатрешноста на окото е потполно темна. Ако го знаеме принципот на функционирање на самата офталмоскопија, лесно ќе разбереме зошто со директно гледање не можеме да го набљудуваме очното дно. Имено, во основата на овој принцип лежи влечување на зраци од некој светлосен извор во окото на испитаникот, со што би се осветлило неговото очно дно. Понатаму, зраците се рефлектираат и минуваат низ отворот на офталмоскопот па паѓаат во окото на испитувачот, а испитувачот зазел положба непосредно зад отворот на офталмоскопот. При директно гледање, светлосните зраци кои се одбиваат од пигментниот слој на мрежницата го напуштаат окото под ист агол под којшто влегуваат во самото око, а поради тоа што главата на испитувачот мора да биде во непосредна близина до главата на испитаникот, самата е пречка за зраците да влезат под прав агол во окото на испитаникот (Влашки – Јекиќ и др., 2002).

Офталмоскопот е инструмент низ кој набљудувачот може да гледа во окото на другото лице и јасно да ја види мрежницата. Модерните офталмоскопи се составени од мало огледало со отвор во средината или со сопствен светлински извор, како и од ротирачка тркалезна плоча со систем од конвексни и конкавни леќи со различна моќ на рефракција чија што улога е да вршат корекција во евентуален случај на миопија или хиперметропија кај испитаникот. Познати се два вида на офталмоскопи и тоа: *директен* и *индиректен*.

- Директниот е всушност инструмент со големина на мала батерија за осветлување, со неколку леќи кои можат да прават зголемување и до 15 пати. Овој инструмент најчесто се употребува при рутинските прегледи.
- Индиректниот офталмоскоп е прицврстен на главата на лекарот, а во раката лекарот држи мала леќа. Овозможува поширок и подобар поглед на очното дно, дури и во случаеви кога леќата е замаглена како резултат на катаракта. Неинвазивниот офталмоскоп може да биде монокуларен и бинокуларен.



Слика бр. 46. Директен офталмоскоп
(Ѓоргоски и др., 2006)



Слика бр. 47. Индиректен офталмоскоп
(Ѓоргоски и др., 2006)

Употребата на офталмоскопот е клучна за проценка на состојбата на мрежницата и стаклестото тело. Важноста на неговата примена е повеќекратна, овозможувајќи

набљудување на очното дно, а воедно и гледање на крвните садови и нивните промени. Знаејќи дека мрежницата е дел од нервниот систем, а васкуларниот систем на ретината е дел од самиот васкуларен систем на мозокот, офталмоскопијата како метода ја прави уште позначајна, а и дава посебно значење во контекст на цереброскопија. На пример, ако се работи за пациент со главоболка, офталмолошки наод со отечен оптички диск или едем на папилата би бил важен знак дека има зголемување на интраорбиталниот притисок кој пак може да укаже на хидроцефалус, тумор на мозокот или бенигна интракранијална хипертензија. Кај глауком се гледа екскавација на оптичкиот диск. Од друга страна, кај пациенти со дијабет, редовниот офталмолошки преглед е важен за следење на дијабетична ретинопатија од причина што губењето на видот за време на дијабетот може да биде превенирано со ласерска операција на мрежницата, доколку ретинопатијата е дијагностицирана порано (Спасов и др., 2015).

5.5.4.5. Вежби за изведување

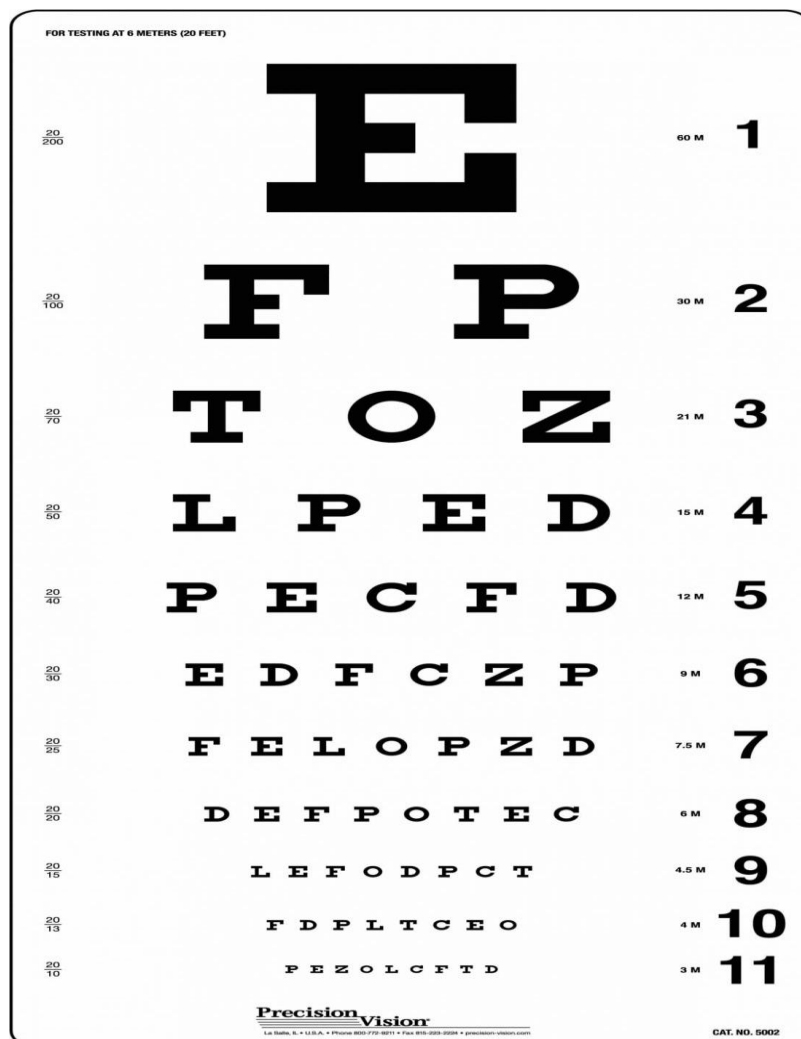
Одредување на острината на видот од далеку

Цел: Да се определи најдалечната точка на јасен вид на двете очи.

Потребно за изведување: испитаник, комплет леќи и опотип, односно таблица за испитување на острината на видот.

Начин на работа: Острината на видот од далеку обично се евидентира како сооднос споредувајќи го резултатот на пациентот со утврден стандард. Во тој контекст, броителот ја претставува далечината меѓу пациентот и таблицата за очи, најчесто Снеленовата таблица. Именителот ја претставува далечината на која лице со нормална острина на видот може да ги прочита буквите. Острината на видот од 20/20 претставува нормална острина на видот. Или тоа значи дека пациентот може да препознае симбол на растојание од 20 стапки што може да го препознае лице со нормална острина на видот на 20 стапки. Ако окото е еметропно, најдалечна точка на јасен вид (P.R.) за тоа око е 6 метри. Постапката се темели на определувањето на евентуално постоење или отсуство на рефракторен недостаток, како што е миопија или хиперметропија, и тоа за секое око поединечно. Во случај на миопија, најдалечната точка на јасен вид е поблизу од 6 метри и ќе зависи од диоптријата на конкавната леќа со која миопијата се корегира. Од друга страна, во случај на хиперметропија, окото постојано ќе прави акомодација и таа точка е во суштина имагинарна, зад мрежницата. Но и имагинарната најдалечна точка на јасен вид може да се одреди во зависност од големината на конвексната леќа со која се корегира хиперметропијата (Спасов и др., 2015).

Испитаникот се поставува на определено растојание и тоа обично 20 стапки или 6 метри од добро осветлен Снеленов опотип. Во рамките на очилата кои му се ставаат на испитаникот, од едната страна (десната) се става дијафрагма и се бара од испитаникот со другото око да ги чита буквите во разните редови на таблицата започнувајќи од горе спрема долу. Доколку испитаникот е во состојба да ги прочита буквите и во седмиот ред тогаш не станува збор за миопно око. Потоа, пред истото око се ставаат конвексни леќи, почнувајќи од најслабата. Доколку со најслабата конвексна леќа испитаникот не гледа јасно, тогаш тоа око е еметропно. Но, доколку гледа подобро или појасно, тоа укажува дека окото е хиперметропно. Доколку пациентот без да стави леќа не ги гледа буквите во седмиот ред, а не успева да ги гледа ниту со ставање на конвексни леќи, тоа укажува дека окото е миопно (Ѓорѓоски и др., 2006).



Слика бр. 48. Snellen – ов опотип (Спасов и др., 2015)

Степенот на хиперметропија се мери со најсилната конвексна леќа, додека степенот на миопија со најслабата конкавна леќа. На пример, ако и најсилната конвексна леќа е плус два диоптри, тогаш фокусното растојание на оваа леќа е 50 сантиметри, а токму поради тоа и P.R. на ова хиперметропно око се наоѓа на исто толку сантиметри зад мрежницата. Од друга страна, доколку најслабата конкавна леќа е минус два диоптри, тогаш фокусното растојание на оваа леќа е 50 сантиметри и исто така поради таа причина и P.R. на ова миопно око се наоѓа 50 сантиметри пред мрежницата.

Се повторува постапката и со другото око, ставајќи ја при тоа дијафрагмата пред веќе испитаното око.

Резултати:

Лево око

P.R. = cm

Десно око

P.R. = cm

Одредување на острината на видот од блиску

Цел: Да се определи најблиската точка на јасен вид (P.P.) на двете очи.

Потребно за изведување: испитаник, комплет конкавни леќи, опотип.

Начин на работа: Потребно е да се постави испитаникот на растојание од 6 метри од опотипот. На едното око се поставува дијафрагма, а на другото око се ставаат конкавни леќи се до најсилната со која испитаникот сеуште може да чита букви од редот број седум.

Тоа е начинот на кој се определува Р.Р. на еметропно око. Ако се работи за случај каде што окото не е еметропно, односно е миопно или хиперметропно, најпрво треба да се корегираат тие маани на рефракцијата, па дури потоа да се тргне со одредување на Р.Р. (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Најблиската точка на јасен вид може да се определи и со помош на пишан текст односно ориентациски. Испитаникот ја држи тест картичката, на пример Розенбаум картичка за острината на видот, од блиску на растојание назначено на картичката. Далечината обично е 35 сантиметри. Додека лицето што врши преглед го држи едното око на испитаникот затворено, истиот ги чита најмалите знаци кои му се читливи на картичката. Тестот се повторува и за другото око. Ознаките кои се големи колку буквите во еден текст и растојанието на кое се спроведува текстот се различни. Се забележуваат и приближната големина на буквите и растојанието на кое се држел материјалот.

Резултати:	Лево око	R.P. =	cm
	Десно око	R.P. =	cm

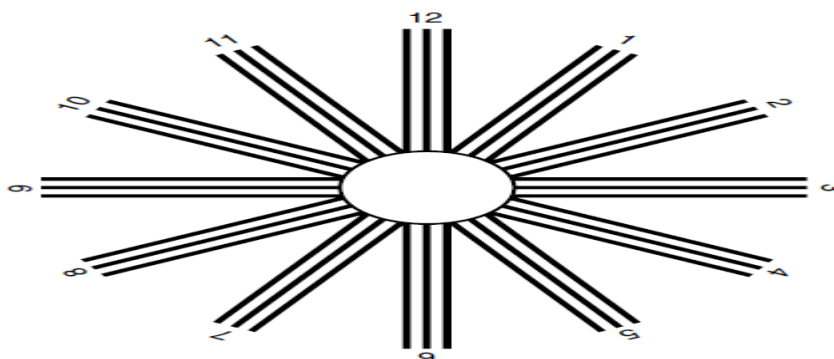
Образложение: Испитаникот се поставува на 6 метри пред оптопот и му се наложува да ги чита буквите од редот број седум, поради тоа што при тоа испитаникот максимално го оптоварува својот апарат за акомодација со поставување на силните растурни леќи пред испитуваното око.

Испитување на астигматизам

Цел: Да се испита астигматизмот на окото.

Потребно за изведување: таблица за астигматизам, испитаник.

Начин на работа: Ова испитување се врши на тој начин што треба да се постави таблица (како на Слика бр. 49) за откривање на око кое страда од астигматизам пред испитаникот. Доколку се работи за око кое страда од астигматизам, тоа око нема да ги гледа сите линии подеднакво. Во теоретскиот дел напоменавме дека астигматизмот се корегира со цилиндрични леќи, така да доколку откриеме астигматично око кај испитаникот, следно што правиме е поставување на цилиндрични леќи пред тоа око, се до момент додека испитаникот не ги гледа јасно сите врктени снопови.



Слика бр. 49. Таблица за испитување на астигматизмот на очите (Hall et al., 2021)

Образложение: Таблицата за одредување на астигматизам е составена од систем на паралелни црни линии поставени во групи по три, со тоа што некои од нив се поставени хоризонтално, некои вертикално, а некои под различни агли во однос на хоризонталните и вертикалните линии. Око кое страда од астигматизам не ги гледа сите линии еднакво. Оската на окото е паралелна со оние линии што јасно се гледаат.

Испитување на гледање во боја

Цел: Да се определи распознавањето на боите.

Потребено за изведување: табlici на Ишихара, испитаник.

Начин на работа: Тестот се состои од вкупно 38 табlici. На секоја таблица е исцртан круг со точки. Точките се со различна големина и различна боја. Во внатрешноста на кругот има внесена бројка или форма која е јасно видлива за лицата со нормална перцепција на боја, а за лицата со недостаток во перцепцијата на бои тие се или невидливи или тешко се распознаваат. Таблиците се дизајнирани за примена во соба која е соодветно осветлена од дневна светлина.

Најпознат е тестот на Ишихара, направен од страна на Шинобу Ишихара, универзитетски професор. Тестот се состои од 15 картички на кои има определен број кој треба да биде препознаен од страна на испитаникот. Тестот се изведува на тој начин што испитаникот треба да седне на иста оддалеченост како и при нормално читање. Просторијата треба да биде соодветно осветлена. Секој број треба да биде препознаен за време од 5 секунди (Varshney et al., 2018).

На испитаникот му се прикажуваат таблиците по одреден редослед, тој има обврска да ги гледа таблиците и да соопшти што гледа на истите. Таблиците се држат на 75 сантиметри од испитаникот и тоа во позиција при која рамнината на таблиците е под прав агол со линијата на гледање на испитаникот. Испитаникот соопштува што гледа на таблиците. Испитувачот ги бележи одговорите и ги споредува со точните одговори. Врз основа на добиените одговори од испитаникот и точниот одговор се формираат резултатите.

Резултати:

Испитаникот распознава бои
Аномалијата е

ДА НЕ

Набљудување на очно дно

Цел: Набљудување на очно дно со офталмоскоп.

Потребно за изведување: лице за испитување, офталмоскоп.

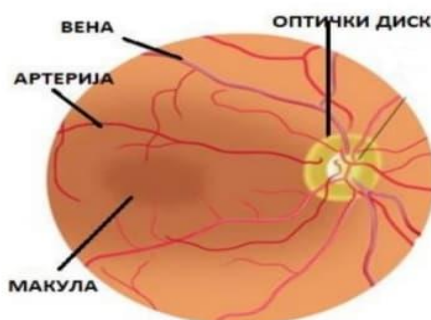
Начин на работа: Испитувачот и испитаникот седат еден наспроти друг во темна просторија со претходна адаптација на испитаникот на темно од 10 – 15 минути. Испитувачот го поставува офталмоскопот пред своето око и со него уфрла светлински сноп во окото на испитаникот и полека му се приближува. Испитаникот треба да гледа над рамото на испитувачот. Очното дно најчесто најдобро се воочува на растојание од 10 – 20 сантиметри од испитуваното око, при што ликот на очното дно при ваков преглед е исправен, имагинарен (превртен) и зголемен околу 15 пати. При изведување на офталмоскопијата, со намера да се добие јасна слика на фундусот, правиме придвижување на системот на леќи кои едновременно ни овозможуваат и точно и објективно да се одредат евентуалните аномалии во рефракцијата на окото на испитаникот.



Слика бр. 50. Офталмоскопски преглед (<https://www.usamedicalsurgical.com/blog/how-to-use-ophthalmoscope-eye-exams/>)

Образложение: При набљудување на очното дно, испитувачот треба да забележи две карактеристични формации на мрежницата. Местото на излегување на очниот нерв (папилата на оптичкиот нерв), кадешто јасно се гледаат а. и v. centralis retinae и нивните гранки, како и жолтата дамка – местото со најголема концентрација на фоторецептори (слика бр. 51).

Испитување на очното дно денес, вообичаено, го изведуваат офталмолозите со помош на направата наречена офталмоскоп. Би било добро кога и неврологот во својот домен би ги познавал основните карактеристики на техниката на испитување на очното дно и промените што следат. Кај повеќето невролошки заболувања, посебно при покачен интракранијален притисок или хипертензија, потребно е неопходно гледање на очното дно. Пожелно е лумбалната пункција да се направи со претходен преглед на очното дно.



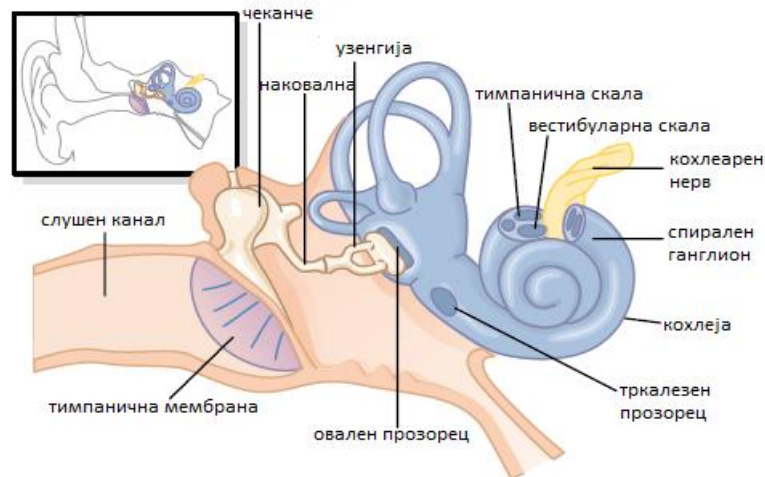
Слика бр. 51. Ретинални структури (https://www.researchgate.net/figure/Retinal-structures-Optic-Disk-blood-vessels-and-Fovea-Macula_fig1_261017348)

5.6. Сетило за слух

Кај луѓето, слухот игра централна улога во општествената комуникација, а истовремено служи и како систем за предупредување и за ориентација во сите правци во просторот. Вестибуларниот систем е важен за одржување на рамнотежата и стабилноста на телото, како и за просторна ориентација.

Сетилото за слух се состои од: периферен аудитивен и централен аудитивен систем. Периферниот аудитивен систем е поделен на три дела (слика бр. 52):

- Надворешно уво, кое се состои од ушна школка (auricula) и од надворешен ушен канал (meatus acusticus externus);
- Средно уво, кое се состои од тимпанична мембрана (membrana tympani), тимпанична празнина (cavum tympani), слушни ковчиња, мускули и мастоидни ќелии исполнети со воздух (cellulae mastoideae) на темпоралната коска;
- Внатрешно уво, кое е сместено во петрозниот дел (pars petrosa) на темпоралната коска. Тоа е поделено на трем (vestibulum), на систем од три полукружни коскени канали (canales semicirculares ossei) на вестибуларниот орган и на кохлеа која е вистинскиот орган за слух (Hall et al., 2021).



Слика бр. 52. Тимпанична мембрана, систем на слушни ковчиња во средното уво и внатрешно уво (Hall et al., 2021)

Периферниот дел на сетилото за слух ги има следните функции:

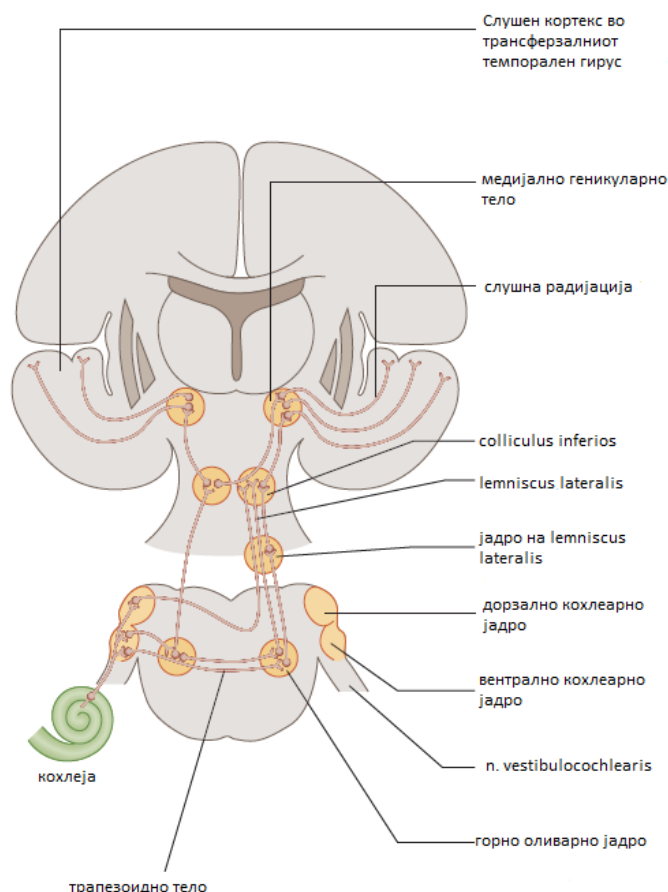
- Надворешното уво ги собира и усмерува звучните бранови кон ушното тапанче. Звучните бранови го ставаат во вибрација ушното тапанче;
- Средното уво има функција да вибрациите од ушното тапанче ги пренесува на лостот од трите ушни коски. Со ова, брановите се амплифицираат и пренесуваат преку средното уво кон fenestra ovale;
- Вибрациите се пренесуваат на течноста во внатрешното уво. Вибрациите на течноста се стимулација за рецепторните клетки во Кортиевиот орган.

Вистинскиот орган за слух всушност е кохлеата (полжавот) во која се наоѓа Кортиевиот орган. Поради тоа, таа е орган со клучно физиолошко и клиничко значење. Главна функција на кохлеата е да ги трансформира слушните дразби во една шема на нервни импулси која прецизно ги рефлектира природата и времетраењето на звучниот стимулус. Всушност, кохлеата има две механички функции:

- **Анализа на фреквенцијата:** Одредени фреквенции се наменети за специфични локации на нервните влакна. Ова е тонотопниот принцип;
- **Биомеханичка амплификација:** Вибрациите со мала амплитуда се зголемуваат со помош на кохлеарниот засилувач.

Вестибулокохлеарниот нерв (осмиот кранијален нерв) е дел од периферниот аудитивен систем. Тој поминува низ внатрешниот ушен канал (meatus acusticus internus) и го поврзува органот за слух и за рамнотежа со централниот нервен систем.

Централниот аудитивен систем започнува во мозочното стебло со кохлеарниот нуклеус (кохлеарното јадро) каде што истовремено завршува кохлеарниот нерв (слика бр. 53). Кохлеарното јадро, за разлика од другите мозочни јадра, добива аферентни нервни влакна исклучително од една страна. Откако ќе поминат низ кохлеарното јадро, слушните патишта главно поминуваат низ двата долни оливарни комплекса, низ colliculus inferior на средниот мозок, низ таламусот, но и низ други места, и стигнуваат до контралатералните области на центарот за слух, лоциран главно во темпоралниот лобус на кората на големиот мозок (Ganong, 1993).



Слика бр. 53. Дијаграм на централната аферентна слушна патека на едната страна од телото (Hall et al., 2021)

Во состав на *централниот аудитивен систем* се разликуваат следниве системи:

- **Тонотопен систем:** Фреквенцијата која се обработува (процесира) во кохлеата веќе им назначува одредени фреквенции на специфичните влакна на акустичниот нерв. Овој „тонотропен принцип“ се одржува во некои од централните слушни патишта, како и во церебралниот кортекс;
- **Нетонотопен систем:** Паралелно со тонотопниот систем постојат и други начини за централно процесирање, кои во голема мера се независни од анализата на фреквенцијата и кои се потпираат на други параметри како што е, на пример, темпоралната информација;
- **Полимодален или полисензорен систем:** Овој систем воспоставува врски со другите сензорни и несензорни центри на различни нивоа во ЦНС. Пример за ваков систем е стапедијалниот рефлекс кој вклучува контракција на m.stapedius од страна на n.stapedius, а како одговор на организмот на звучна дразба со доволна јачина.

Физички особини на звукот

Звучите настануваат како последица на вибрациите на предметите што предизвикуваат движење на молекулите на воздухот. Кога еден предмет вибрира, неговите движења предизвикуваат воздухот што го опкружува наизменично да се згуснува и разређува. Медиумот низ кој што се простира звучниот бран може да биде некоја друга средина (пр. вода). Брзината на спроведување на звучните бранови во воздухот е околу 340 м/с. Ако предметот вибрира со фреквенција од 16 до 20.000 циклуси во секунда, тогаш ќе се создадат звучни бранови што ќе бидат перцепирани од рецепторските клетки во внатрешното уво. Прагот на осетливост за тонови со различна фреквенција е различен.

Увото е најосетливо за тонови со фреквенција од 1000 до 3000 херца. Секојдневниот говор е со јачина од околу 65 децибели. Јачини поголеми од 100 децибели можат да предизвикаат оштетување на акустичниот апарат.

Звукот ги има следните карактеристики: висина (фреквенција), амплитуда (ја одредува јачината на звукот) и дополнителни фреквенции кои ја одредуваат бојата на тонот.

Јачината на звукот се мери со децибели (Boron et al., 2016).



Слика бр. 54. Амплитуда и фреквенција на звучните бранови (Автори)

5.6.1. Вежби за изведување

Испитување на слухот

Ориентационо испитување дали испитаникот слуша или не, се спроведува во мирна соба, со помош на јасно изговорени зборови или со шепотење, односно со отчукување на часовникот. За време на испитувањето, испитаникот треба да ги држи очите затворени. Слухот се испитува за секое уво посебно, а другото треба да е затнато. Испитувачот се поставува на 7 м растојание од испитаникот и гласно изговара некој збор, што испитаникот треба да го повтори. Кога ова е во ред, се преминува на шепотење од исто растојание. Доколку слухот не е оштетен, испитаникот ќе го повтори зборот. Ако испитаникот не го слушне шепотот од далечина од 7 м, тогаш се работи за наглувост. Потешка форма на наглувост е ако испитаникот не го слушне шепотот на растојание од 1 м.

Кога слухот се испитува со помош на рачен часовник, тој се допира на самото уво на испитаникот, кој треба да го слушне отчукувањето, а потоа часовникот постепено се оддалечува и се одредува далечината на која испитаникот престанал да го слуша. Разликата во далечината на слушањето на часовникот ни кажува каде е намален слухот (Малеска – Ивановска и др., 2012).

Одредување на локализацијата на звучниот извор

Задача: да се одреди локализацијата на звучниот извор.

Потребно за изведување: испитаник, два молива или две стапчиња.

Постапка: На испитаникот му се наложува да ги затвори очите. Изведувачот на тестот е лоциран на растојание од два до три чекори од испитаникот. Тој ја менува својата позиција и чукнува со стапчињата. Испитаникот треба да ја открие локализацијата на испитувачот. Тестирањето се повторува така што испитаникот едното уво го затвара со слушен тампон.

Табела 24. Резултати од одредување на локализацијата на звучниот извор (Автори)

Вид на тестирање	Број на сменети места	Број на грешки во локализацијата
Само со затворени очи		
Со затворени очи и затворено едно уво		

Одредување на коскено и воздушно спроведување на звучните бранови со тестовите на Weber, Rinne и Schwabach

Целта на испитувањето на слухот со употреба на звучни виљушки е да се направи разлика помеѓу *кондуктивната наглувост* и *сензориневралната (перцептивна) наглувост*, т.е да се одреди локацијата на оштетувањето на слухот.

Кондуктивната наглувост е предизвикана од заболувања на надворешниот ушен канал или на средното уво, додека причините за сензориневралната (перцептивната) наглувост лежат во кохлеата или во нервните структури на аудитивниот систем.

При испитувањето на слухот со звучни виљушки, наглувоста не се детектира директно.

Техника: Се користи звучна виљушка која вибрира помеѓу околу 250 и 800 Hz. За испитување на слухот не се соодветни ниските фреквенции, што се должи на интерференцијата која произлегува од перцепцијата на вибрациите со ниска фреквенција. Резонантната фреквенција на средното уво изнесува приближно 1000 Hz, а резултатите од тестирањето во овој опсег се честопати двосмислени.

Звучната виљушка треба да има широка база со голема површина. За да се испита спроводливоста на коската, базата на вибрирачката звучна виљушка мора цврсто да се прилепи за черепната коска за да ги пренесе вибрациите до коската и за да го совлада нивното придушување од страна на кожата (Joseph et al., 2010).

Weber-ов тест

Техника: Звучната виљушка се поставува на средишната линија на черепниот свод, вообичаено на највисоката точка на темето (vertex) или на челото. Вибрациите се пренесуваат до кохлеата благодарение на коскената спроводливост.

Интерпретација: Кога слухот е нормален, вибрациите на обете страни се перципираат како еднакво силни, па така, звукот се слуша на половина пат меѓу ушите. Кога слухот е нарушен, звукот ќе биде латерализиран на едната или на другата страна.

- Доколку постои сензориневрална наглувост (перцептивна), звучната виљушка е латерализирана кон здравата страна (страната на која индивидуата подобро слуша)
- Доколку постои кондуктивна наглувост, звучната виљушка е латерализирана кон болното уво поради тоа што вибрационата енергија се пренесува послабо од кохлеата преку средното уво и звуците од околината многу потешко стигнуваат до кохлеата. Како резултат на тоа, во кохлеата која функционира нормално (во здравото уво), постои поголема вибрациона енергија и звукот се перципира како звук со поголема јачина (слика бр. 55).



Слика бр. 55. Weber-ов тест и откривање на сензориневрална и кондуктивна наглувост (<https://muwiserver.univie.ac.at/methoden/audiometer.htm>)

Rinne-ов тест

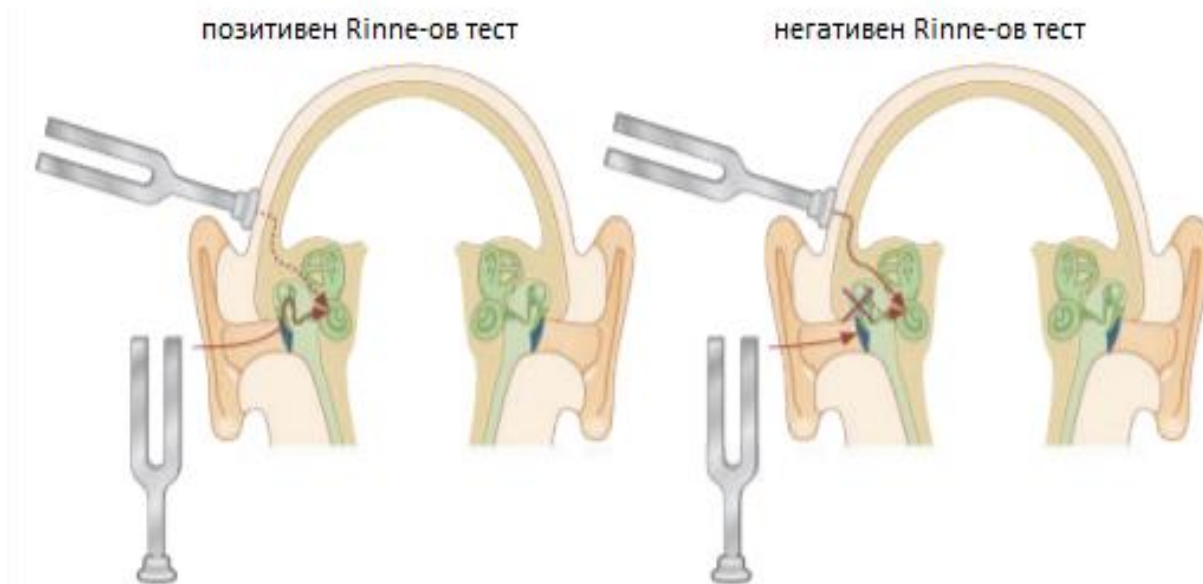
Принцип: Со Rinne-овиот тест се споредуваат нивоата на воздушна и на коскена спроводливост на едно исто уво (за разлика од Weber-овиот тест со кој се споредуваат левото и десното уво).

Техника: Со цел да се создадат стандардни услови, воздушната спроводливост се тестира со држење на звучната виљушка непосредно пред ушниот канал, без притоа да го допира (ad concham), а коскената спроводливост се испитува на тој начин што звучната виљушка цврсто се прилепува за мастоидниот продолжеток.

- На пациентот му се наложува да ја спореди јачината која ја има звукот во првата позиција на виљушката (воздушната спроводливост) со јачината на звукот при втората позиција на виљушката (коскената спроводливост).

Интерпретација: Доколку вибрацијата на звучната виљушка се трансмитира до кохлеата подобро по воздушен пат (со воздушна спроводливост) отколку по коскен пат (со коскена спроводливост), тогаш Rinne-овиот тест е нормален (позитивен).

- Кај позитивниот Rinne-ов тест, воздушно спроведениот звук се перципира како посилен (погласен) од коскено спроведениот звук и се слуша барем 15 секунди подолго од коскено спроведениот звук.
- Кога постои кондуктивен тип на наглувост, звукот се перципира како погласен (посилен) кога виљушката е на мастоидниот продолжеток, отколку кога таа е пред надворешниот ушен канал. Во овој случај Rinne-овиот тест е негативен.
 - Кога сензориневралното (перцептивно) слушање е подобро на едната отколку на другата страна, пред да се изведе тестот на едното уво, неопходно е да се затне другото уво. Доколку не го направиме тоа, спротивното уво може да го перцепира звукот како посилен (погласен) по пат на коскена спроводливост отколку испитуваното уво по пат на воздушна спроводливост, што ќе резултира со псевдонегативен (лажно негативен) Rinne-ов тест (Малеска – Ивановска и др., 2012).



Слика бр. 56. Rinne-овиот тест со кој се одредуваат коскеното и воздушното спроведување на исто уво (<https://muwiserver.univie.ac.at/methoden/audiometer.htm>)

Schwabach-ов тест е споредбен тест на коскено и воздушно спроведување на звукот меѓу испитаникот и испитувачот, под услов испитувачот да нема нарушување на слухот. Како и во претходниот тест, се испитува коскеното спроведување со звучна виљушка на processus mastoideus кај испитаникот се додека не престане да го слуша звукот. Потоа

испитувачот проверува дали сеуште го слуша звукот коскено. Истото се повторува преку компарација на воздушното спроведување.

- A. Кога испитаникот слуша нормално, подеднакво долго слушаат и тој и испитувачот.
- B. При сензориневрални нарушувања, испитаникот не слуша или пократо слуша и коскено и воздушно од испитувачот.
- C. При кондуктивни нарушувања, подеднакво слушаат коскено, но испитувачот слуша подолго воздушно.

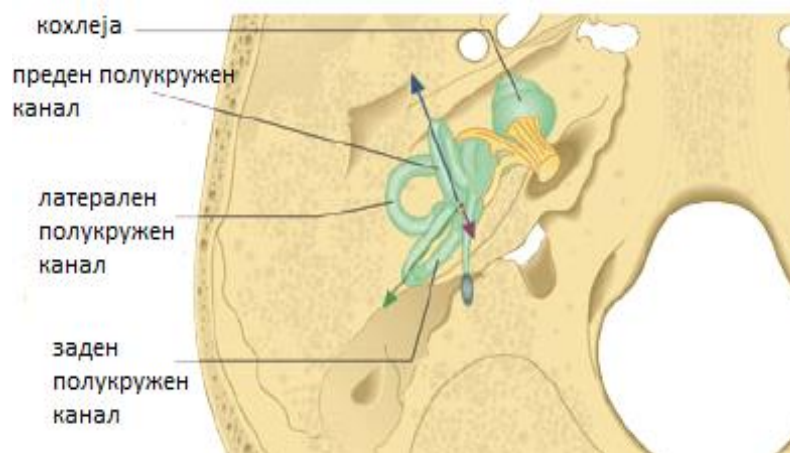
5.7. Сетило за рамнотежа (вестибуларен апарат)

Вестибуларниот апарат е сензорен орган сместен во внатрешното уво, рефлексно ја регулира рамнотежата на телото во мирување и движење, истовремено овозможувајќи ориентација во просторот. Вестибуларниот систем е во постојана интеракција со другите сензорни системи, а особено со визуелниот систем и со проприорецепторниот систем.

Во главни функции на вестибуларниот систем спаѓаат:

- Фиксација на визуелниот хоризонт за просторна ориентација за време на брзите движења со главата. Оваа функција се базира на интеракцијата со визуелниот систем;
- Одржување на положбата на телото и на телесната рамнотежа (еквистриум). Оваа функција главно се базира на интеракцијата со проприорецепторниот и со моторниот систем.

Вестибуларниот лавиринт се состои од полукружни канали (canals semicirculares) кои се осетливи на агуларна акцелерација и од отолитен апарат кој е осетлив на линеарно забрзување.



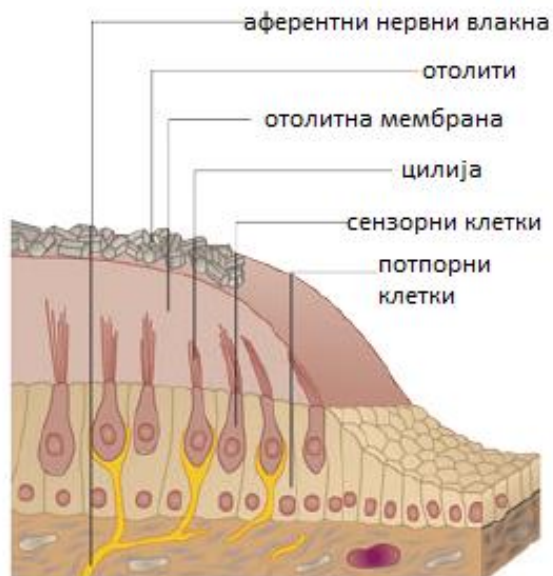
Слика бр. 57. Вестибуларен орган (Hall et al., 2021)

Трите семициркуларни канали се сместени во три просторни рамнини кои меѓусебно се сечат под прав агол. Задниот семициркуларен канал е насочен долж оската на pars petrosa (со сагиталната и со фронталната рамнина формира агол од приближно 45 степени и се протега скоро вертикално). Кога главата се наоѓа во нормално исправена положба, латералниот семициркуларен канал со својот преден крај е отклонет од хоризонталната рамнина и е насочен нагоре, при што со хоризонталната рамнина формира агол од приближно 30 степени. Кога се врши тестирање на калоричниот рефлекс во положба на супинација, за да лежи латералниот канал вертикално, главата мора да биде подигната за околу 30 степени.

Секој семициркуларен канал во неговиот утрикуларен крај поседува едно проширување наречено ampulla (ампула). Ампулата го содржи системот на сензорни клетки на соодветниот полукружен канал. На неа се разликуваат ампуларен гребен (crista ampullaris) и ампуларна чашка (cupula ampullaris). Како последица на забавеното движење на ендолимфата предизвикано од инерцијата, агуларното забрзување на

главата предизвикува свиткување на купулата, изместувајќи ја сензорната цилија во неа. Движењето на купулата е повеќе од типот на странично свиткување отколку од типот на врата што може двострано да се отвори и затвори, и токму ваквото свиткување ги стимулира вестибуларните сензорни клетки (Kandel et al., 2012).

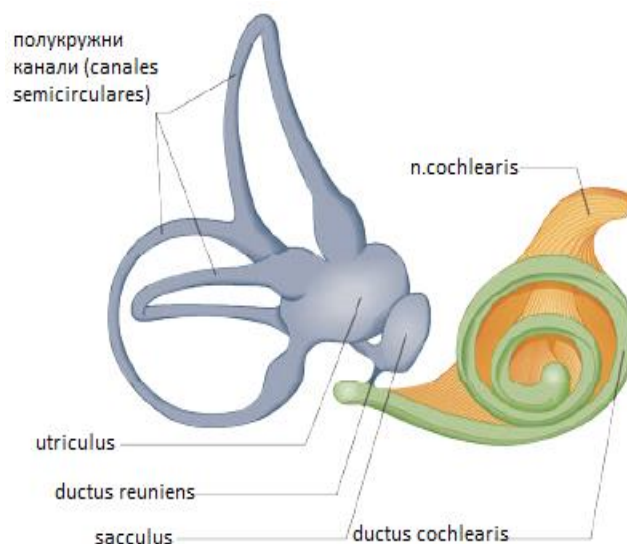
Вестибуларниот апарат содржи две дополнителни регии со сензорни клетки наречени статични макули (слика бр. 58). Цилиите на влакнестите клетки во овие регии се вкотвени во една желатинозна маса наречена отолитна мембрана. Оваа мембрана содржи отолити. Отолитите претставуваат кристали на калциум карбонат со дијаметар од 0,1 до 30 микрометри (Hall et al., 2021).



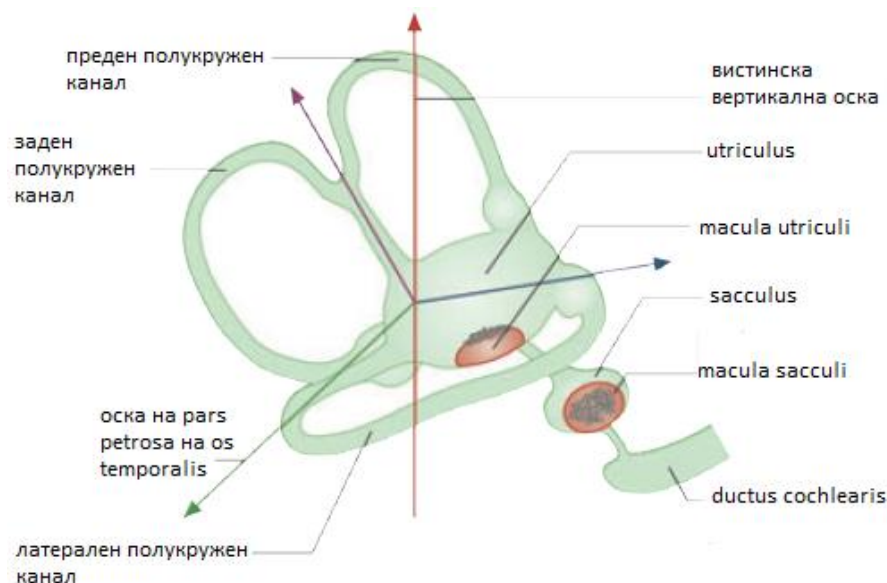
Отолитите заедно со желатинозната отолитна мембрана формираат една маса со поголема густина од густината на ендолимфата. Како последица на тоа, оваа маса реагира на дејството на гравитационата сила и им го трансмитира ваквото движење на цилиите на

Слика бр. 58. Статична макула (Boron et al., 2016)

Кога главата е во исправена положба, макулата на утрикулусот (macula utricle) (слика бр.60) е скоро хоризонтално поставена, додека макулата на сакулусот лежи скоро перпендикуларно (под прав агол) на макулата на утрикулусот (слика бр.60).



Слика бр. 59. Мембранозен лавиринт на внатрешното уво (Hall et al., 2021)



Слика бр. 60. Вестибуларен орган (Boron et al., 2016)

Објаснување: оската на задниот полукружен канал (зелена стрелка) се поклопува со оската на петрозниот дел на темпоралната коска. „Вертикалната оска“ (виолетовата стрелка) е отклонета од тилот за околу 30 степени. Црвената стрелка ја прикажува вертикалната оска.

Отолитните органи се сензитивни на линеарни забрзувања што не се перпендикуларни на макулата. Овие сили предизвикуваат релативно инертната отолитна мембрана да се помести во однос на слојот на сензорни клетки. Силата на Земјината тежа (на гравитацијата) предизвикува статично линеарно забрзување, така да и двете макули се наоѓаат приближно под прав агол една во однос на друга, па затоа барем едната макула е постојано стимулирана. На овој начин, отолитниот апарат ја перципира положбата на главата во просторот. Доколку отсуствува нормалната гравитација (како на пример, за време на лет во вселената), оваа функција е изгубена и тогаш може да настанат сериозни вестибуларни нарушувања (Boron et al., 2016).

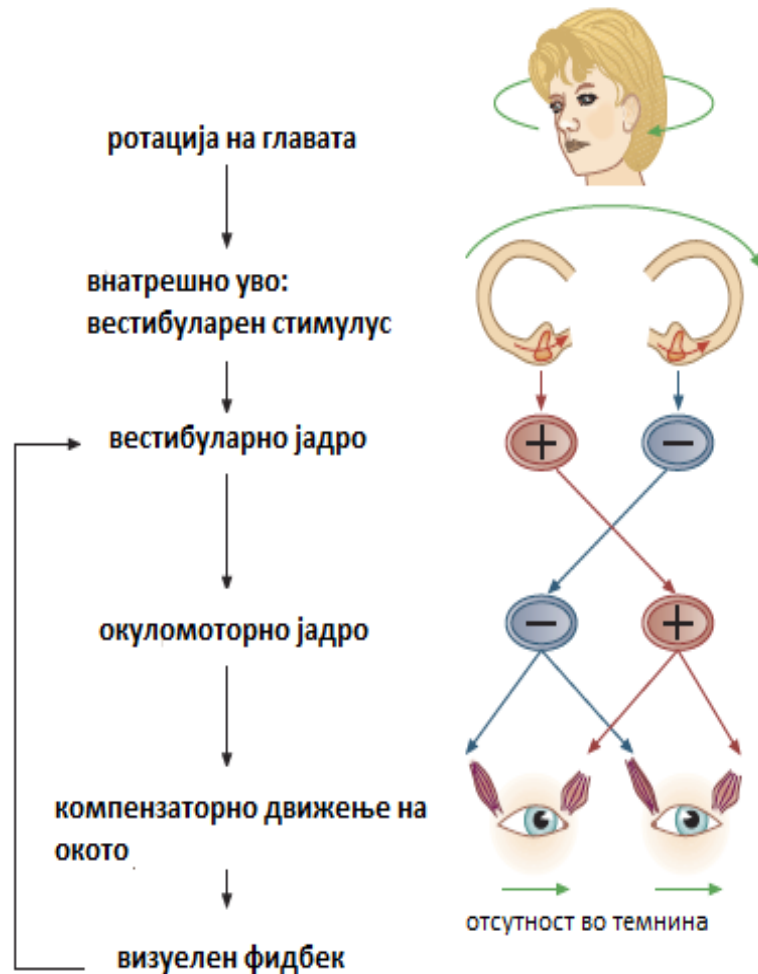
Вестибуларниот нерв ги поврзува сензорните клетки на вестибуларниот орган со јадрото на *n.vestibulocochlearis* во мозочното стебло. Вестибуларното јадро ги процесира и ги интегрира како вестибуларната така и невестибуларната информација и на тој начин влијае врз функцијата на окуломоторниот систем и на моторниот систем на рбетниот мозок.

5.7.1. Вестибулоокуларен рефлекс

Дел од најважните еферентни нервни влакна на вестибуларните јадра се проектираат во моторните јадра на мускулите на окото. Рефлексните корекции на движењето и на положбата на очите од страна на вестибуларниот систем помагаат да се одржи просторна визуелна ориентација преку компензаторно приспособување на видниот хоризонт, со што се овозможува дадениот фиксиран објект да остане во видното поле. Со рапидните движења на главата со мала амплитуда, што се појавуваат за време на многу активности, корекциите само од страна на визуелниот систем ќе бидат пребавни за да овозможат стабилна фиксација на објектот. За да се направат корекциите побрзо, вестибуларните симптоми повторно се спроведуваат до мускулите на окото со помош на директни еферентни проекции од вестибуларното јадро, до јадрото на *n.oculomotorius*. Вестибулоокуларниот рефлекс претставува рефлекс во кој се вклучени три неврони и кај кои не постои директна повратна информација (фидбек). Вестибуларното јадро може да прима повратна информација од ретиналните рецептори

за фина контрола, но оваа повратна информација отсуствува во темница или кога очите се затворени (Boron et al., 2016).

Пример: Кога една личност гледа право и го фиксира погледот на еден предмет, а потоа ја врти главата надесно, очите мора да направат компензаторно движење налево за да се одржи визуелната фиксација. Во конкретниот пример, движењето главно се регистрира од страна на латералните полукружни канали. Утрикулопеталната дефлексија на десната купула го стимулира десното вестибуларно јадро, додека утрикулофугалната дефлексија на левата купула го инхибира спротивното (во овој случај десното) вестибуларно јадро. Проекциите (патиштата) до окуломоторното јадро се вкрстени, па затоа се контрахираат латералните мускули на левото око и погледот се движи налево (слика бр.61).



Слика бр. 61. Вестибулоокуларен рефлекс (Hall et al., 2021)

5.7.2. Вестибулоспинални рефлекс

Вестибуларното јадро може да влијае врз моторната активност на 'рбетниот мозок (положба на главата, стабилност на положбата, исправениот од) и тоа директно преку tractus vestibulospinalis lateralis et medialis и индиректно преку tractus reticulospinalis. Моторната функција на 'рбетниот мозок е контролирана од страна на проприорецепторни, визуелни и вестибуларни рефлекс. Овие три сензорни системи се заемно комплементарни и се контролираат заеднички. Исправениот од е генералновозможен кога функционираат два од овие системи.

При клиничкото испитување на моторната функција на 'рбетниот мозок, не може изолирано да се тестираат вестибуларните влијанија. Мора да се тестираат и другите сензорни системи.

5.7.3. Вежби за изведување

Испитување на надразливоста на сетилото за рамнотежа со Бараниева столица.

Потребно за изведување: Бараниева столица, штоперка.

Постапка на изведување: Испитаникот седнува на Барниоевата столица која наликува на берберски стол кој се врти. Главата ја наведнува за 30 степени надолу. Столицата се ротира со ритам од 10 свртувања за 20 секунди во претходно дефинирана насока. По завршување на ротирањето (постротациски), испитаникот ги отвора очите и се одредуваат видливите квалитети на нистагмусот, неговото времетраењето и насока (Малеска – Ивановска и др., 2012).



Слика бр. 62. Бараниева столица (<https://www.amst.co.at/aerospace-medicine/training-simulation-products/barany-chair/>)

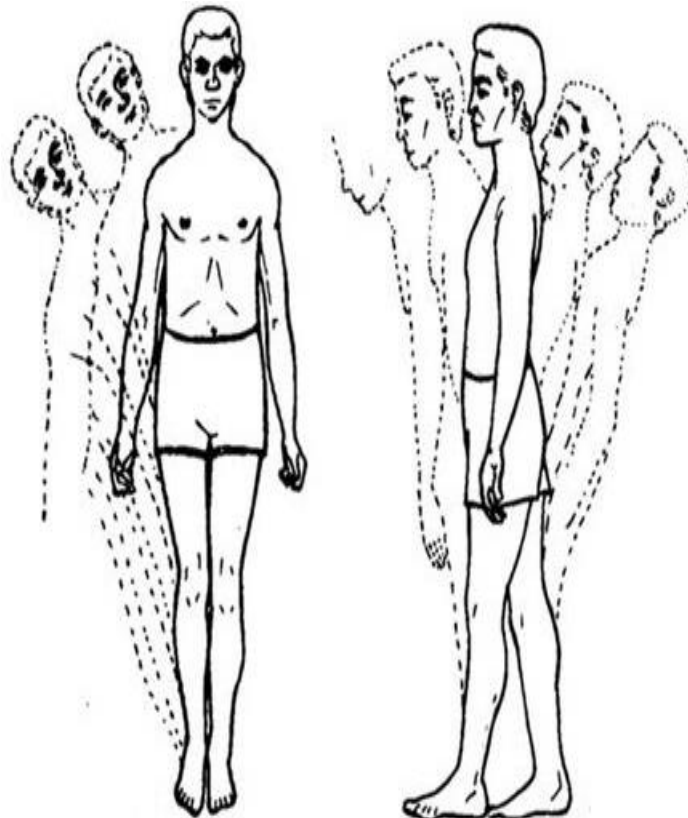
Испитување на способноста за одржување на рамнотежата на телото- Ромбергов тест

Со овој тест се испитува способноста на телото да одржи рамнотежа, вклучувајќи ги сите механизми за нејзино одржување (вестибуларниот апарат, импулси од проприорецепторите на вратот и телото и визуелните информации).

Постапка: Испитаникот стои мирно, во исправена положба со составени стапала, ги затвора очите и ги испружува рацете. Во првиот обид очите се отворени, а во вториот затворени. Се оценува положбата на телото. Ако е оштетен системот за одржување

рамнотежа, испитаникот ќе почне да се ниша на едната па на другата страна, а во потешки случаи може и да падне.

Бидејќи Romberg-овиот тест се испитува кај оштетувања на малиот мозок и длабокиот сензибилитет, потребно е да се следи начинот на паѓањето на испитаникот, што е од корист во утврдувањето каде е оштетувањето. Кога е оштетен лавиринтот, ако испитаникот ја наведе главата кон страната на оштетувањето, ќе дојде до паѓање, што се случува при повреда на малиот мозок. Во двата случаја на повреди, и на лавиринтот и на малиот мозок, испитаникот паѓа без разлика дали очите се отворени или затворени. Кога се оштетени нервните влакна за длабокиот сензибилитет во 'рбетниот мозок, Romberg е позитивен, само во случај кога испитаникот ги држи очите затворени. Кога испитаникот стои, очите му се отворени, тој нема да падне при оштетен длабок сензибилитет бидејќи со видот ја корегира својата положба во просторот (Joseph et al., 2010).



Слика бр. 63. Ромбергов тест (https://recursosfisioterapia.com/test_fisioterapia-el-test-de-romberg-o-romberg-test/)

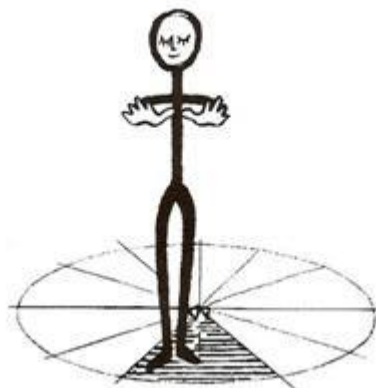
Резултати:

Табела 25. Резултати од Ромбергов тест (Автори)

Заокружи го добиениот резултат:

Ромбергов тест со отворени очи		Ромбергов тест со затворени очи	
Негативен	Позитивен	Негативен	Позитивен

Babinski-Weil-ов тест: Испитаникот со затворени очи оди неколку чекори напред, неколку чекори назад, и тоа неколку пати. Кај оштетен вестибуларен апарат, при движењето напред, испитаникот ќе скршне на страната на оштетениот лавиринт, а при одењето назад кон здравата страна. Со тоа на подот ќе се исцрта слика на компасен од или звезда.



Слика бр. 64. Babinski-Weil тест (Daube et al., 2009)

ЛИТЕРАТУРА

- Boron W.F., Boulpaep E. L. (3rd Edition). (2016). *Medical Physiology*. Elsevier Publisher, Philadelphia.
- Daube J. R., Rubin D. I. (3rd Edition). (2009). *Clinical Neurophysiology*. Oxford University Press.
- Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell, Steven A. Siegelbaum, and A.J. Hudspeth (5th Edition). (2012). *Principles of Neural Science*. McGraw-Hill.
- Hall J. E., Hall M. E. and Guyton A. C. (14th Edition). (2021). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. Elsevier.
- Joseph, M.K., & Joseph, A. R. (2010). *K-Jet's Otolaryngology: Basic Science and Clinical Review*. Jaypee Brothers Medical Publisher.
- Rhoades R. A., Bell D. R. (5th Edition). (2017). *Medical Physiology: Principles for Clinical Medicine*. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Silbernagl S., Despopoulos A. (7th Edition). (2008). *Color Atlas of Physiology*. Thieme, Stuttgart.
- Varshney VP, Bedi M. (9th Edition). (2018). *Ghai's Textbook of Practical Physiology*. Publisher: Jaypee Brothers Medical Publishers.
- Zao P., Stabler T., Smith L., Lokuta A., Griff E. (1st Edition) (2020). *PhysioEx 10.0: Laboratory Simulations*. Pearson.
- Арсовска А., Поповски С., Арсовски З., Симеоновска Јовева Е., Ѓорѓиева Е. (2014). *Практикум по практична настава по неврологија*. Универзитет "Гоце Делчев" – Штип.
- Влашки – Јекиќ С., Илиевска Л, Наумовски Р., Поповски А., Даскаловска В., Љапчев Р., Петрова В., Џонов И. (2002). *Основни принципи на современата неврологија*. Просветно дело АД, Скопје.
- Ѓоргоски К. И., Младенов И. М. (2006). *Физиолошки практикум*. Природно - математички факултет – Скопје, Институт за биологија.
- Малеска – Ивановска В., В. Антевска, Б. Дејанова, С. Петровска, Л. Тодоровска, С. Николиќ, С. Манчевска, Ј. Плунцевик – Глигоровска, Е. Сивевска – Смилевска, Е. Ханџиска, И, Караѓозова. (2012). *Практикум по физиологија 1 за студенти по медицина*. Универзитет "Свети Кирил и Методиј" – Скопје.
- Малеска – Ивановска В., В. Антевска, Б. Дејанова, С. Петровска, Л. Тодоровска, С. Николиќ, Љ. Ефремовска, С. Манчевска, Ј. Плунцевик – Глигоровска, Е. Сивевска – Смилевска, Е. Ханџиска, И, Караѓозова. (2012). *Практикум по физиологија 2*. Универзитет "Свети Кирил и Методиј" – Скопје.
- Спасов В. М., Ѓоргоски К. И. (2015). *Практикум по физиологија*. Универзитет "Гоце Делчев" – Штип, Факултет за медицински науки.

ISBN 978-608-277-103-8