

Міністерство охорони здоров'я України

Запорізький державний медичний університет

ГІСТОЛОГІЯ РЕГУЛЯТОРНИХ СИСТЕМ

За редакцією Сулаєвої О.М.

Запоріжжя
2016

УДК 616-018(075.8)

ББК 28.3

Г 46

*Затверджено та рекомендовано до друку Вченою Радою Запорізького державного
медичного університету
(протокол № 3 від 15.10.2015)*

**Рекомендовано Міністерством охорони здоров'я України
як навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів МОЗ
України (протокол №1 від 24.03.2016 р.)**

Автори:

Сирцов В.К., Сулаєва О.М., Алієва О.Г., Потоцька О.І., Сидорова І.В., Зідрашко Г.А.,
Федосєєва О.В., Громоковська Т.С., Завгородня М.І., Макєєва Л.В.

Рецензенти:

- 1) Твердохліб І.В., завідувач кафедри гістології, цитології та ембріології ДУ «Дніпропетровська медична академія», д.мед.н., професор
- 2) Маєвський О.Е., професор кафедри гістології Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, д.мед.н., доцент.

Г 46 **Гістологія** регуляторних систем: навчальний посібник для організації самостійної позааудиторної підготовки студентів / за редакцією Сулаєвої О.М. — Запоріжжя. — 2016. — 158 с., іл.

Даний посібник призначений для організації самостійної позааудиторної роботи студентів у рамках кредитно-модульної системи навчання, а також для підготовки до державного ліцензійного іспиту «Крок-1». Посібник складено відповідно до типової програми з навчальної дисципліни «Гістологія, цитологія та ембріологія» для студентів вищих медичних навчальних закладів III-IV рівнів акредитації.

У посібнику на сучасному науковому і методичному рівні із застосуванням міждисциплінарної інтеграції викладені основи гістофізіології нервової системи і аналізаторів, ендокринної, імунної та серцево-судинної систем. Структура навчального посібника адаптована до вимог програмно-цільового навчання та базується на принципах багаторівневості і наступності процесу навчання, міждисциплінарної інтеграції та використання механізмів зворотного зв'язку. Принципово новим методичним підходом є прикладний медичний характер навчання і стимуляція пізнавальної діяльності студентів. Важливим методологічним елементом є забезпечення можливості самоконтролю засвоєних знань і відпрацювання набутих навичок морфологічної діагностики.

У посібнику представлені теми Модуля 2, який включає підмодуль 1 «Гістологія регуляторних систем».

© Сирцов В.К., Сулаєва О.М.,
Алієва О.Г., Потоцька О.І.,
Сидорова І.В., Зідрашко Г.А.,
Федосєєва О.В., Громоковська Т.С.,
Завгородня М.І., Макєєва Л.В.,
2016

ПЕРЕДМОВА

Діагностика і лікування різних захворювань людини базується на глибокому розумінні структурних основ функціонування і механізмів регуляції органів і систем в нормі. Діяльність організму людини і його функціонування як єдиного цілого контролюється за допомогою регуляторних систем організму, включаючи нервову, ендокринну та імунну системи, робота яких тісно поєднана зі структурами серцево-судинної системи. Крім того, найважливішим елементом адаптації до мінливих параметрів зовнішнього середовища є органи чуття, що входять до складу сенсорних систем організму. Активному вивченню клітинних і молекулярних основ роботи цих органів і систем сприяв розвиток нових медичних галузей, включаючи молекулярну біологію та генетику, що стали підґрунтям генетичної та клітинної терапії.

На жаль, у вітчизняній медицині сформувався розрив (методичний, хронологічний, змістовий) між теорією і клінічною практикою, що ускладнює або вповільнює використання нових медичних технологій, а в ряді випадків навіть спотворює інтерпретацію результатів у процесі діагностичного пошуку.

Не менш важливою проблемою сучасної стратегії навчання, на наш погляд, є величезний обсяг навчального матеріалу і пов'язана з цим зайва деталізація морфології органів. Така ситуація ставить студента перед вибором: що вчити, як визначити, що є головним, а що - другорядним? З якою метою вивчається той чи інший матеріал? Не менш складне завдання стоїть і перед викладачем – як обговорити і проконтролювати вивчення величезного обсягу навчального матеріалу при виділенні 50-60 % часу для самостійної роботи на практичному занятті. І нарешті, не можна не згадати класичну дилему студентів-медиків при вивченні фундаментальних дисциплін: «а навіщо мені це

потрібно?» І не менш класичні відповіді викладачів: «потім дізнаєтесь...».

Перераховані аргументи стали основою для розробки принципово нового навчального посібника – «Гістологія регуляторних систем», який відповідає на запитання студентів «що вчити?» і «навіщо?» Причому на існуючі «навіщо?» студенти, які вивчають теоретичну частину посібника, зможуть відповісти самостійно (звичайно, за умови успішного освоєння матеріалу). Другою особливістю посібника «Гістологія регуляторних систем» є інтеграція суто морфологічного матеріалу з елементами фізіології, біохімії і молекулярної біології, що, з нашої точки зору, сприяє цілісному розумінню принципів функціонування органів та їх регуляції, а також формуванню системи знань, що відповідають світовому рівню медичної освіти.

Ми сподіваємося, що використання даного навчального посібника допоможе Вам не тільки в підготовці до практичних занять з гістології, але буде цікавим і корисним на наступних етапах вивчення медицини.

ЗМІСТ

НЕРВОВА СИСТЕМА.....	6
ЦНС. Великий мозок.....	12
Стовбур мозку.....	17
Мозочок.....	19
Спинний мозок.....	23
ПНС. Периферійний нерв.....	28
Спинномозковий вузол.....	31
Вегетативний ганглії.....	32
Гістофізіологія вегетативної нервової системи.....	34
СЕНСОРНІ СИСТЕМИ. ОРГАНИ ЧУТТЯ.....	40
Орган зору.....	41
Орган слуху рівноваги.....	55
Орган нюху.....	60
Орган смаку.....	65
Орган дотику.....	69
СЕРЦЕВО-СУДИННА СИСТЕМА.....	73
Артерії.....	76
Вени.....	78
Мікроциркуляторне русло.....	80
Лімфатичні судини.....	85
Серце.....	88
ІММУННА СИСТЕМА.....	97
Клітинні основи імунітету.....	100
Червоний кістковий мозок.....	103
Тимус.....	106
Селезінка.....	110
Лімфатичний вузол.....	116
Лімфоїдна тканина, асоційована зі слизовими оболонками.	
Мигдалики.....	120
ЕНДОКРИННА СИСТЕМА.....	125
Гіпоталамус.....	131
Гіпофіз.....	135
Епіфіз.....	141
Надниркові залози.....	143
Щитоподібна залоза.....	147
Прищитовидні залози.....	153

НЕРВОВА СИСТЕМА

АКТУАЛЬНІСТЬ. Нервова система є однією з найважливіших інтегруючих систем організму, яка забезпечує регуляцію локомоторного апарату, роботу внутрішніх органів і систем, визначає адаптацію організму до змін умов зовнішнього середовища. Крім того, робота структур центральної нервової системи визначає реалізацію вищої нервової діяльності (пам'ять, увага, емоції та ін.). Порушення іннервації або нейральної регуляції лежить в основі розвитку різноманітних захворювань і патологічних станів (інсульт, шок, паралічі тощо).

Мета навчання (загальна): інтерпретувати структурні основи функціонування різних відділів нервової системи, трактувати міжнейронні зв'язки в реалізації рефлекторної діяльності нервової системи.

Конкретні цілі:

1. Інтерпретувати джерела розвитку, загальний план будови і принципи функціонування органів нервової системи.
2. Диференціювати різні органи нервової системи в гістологічних препаратах.
3. Інтерпретувати структурні основи рефлекторної діяльності нервової системи.
4. Трактувати специфіку міжнейронних зв'язків у різних відділах нервової системи, роль різноманітних нейромедіаторів у нейральної регуляції діяльності різних органів.
5. Визначати можливості, джерела і механізми регенерації різних відділів нервової системи.

ЗМІСТ НАВЧАННЯ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІВ НЕРОВОЇ СИСТЕМИ

Класифікація органів нервової системи за анатомічною організацією:

1. Центральна нервова система (ЦНС):
 - головний мозок;
 - спинний мозок.
2. Периферійна нервова система (ПНС):
 - нервові вузли (ганглії);
 - нервові стовбури (периферійні нерви);
 - нервові закінчення.

Відповідно до фізіологічних особливостей, у нервовій системі виділяють:

1. Соматичну нервову систему – забезпечує довільний контроль рухів тіла, іннервує скелетну мускулатуру (локомоторний апарат).
2. Вегетативна нервова система – регулює діяльність внутрішніх органів, судин, залоз.

Функції нервової системи:

1. регуляція – контроль роботи внутрішніх органів, опорно-рухового апарату та ін.;
2. координація – синхронізує діяльність різних органів та їх систем;
3. інтеграція – анатомічно і функціонально пов'язує всі частини організму в єдине ціле;
4. адаптація до зміни умов внутрішнього і зовнішнього середовища;
5. вища нервова діяльність (пам'ять, увага, емоції тощо).

Джерела розвитку:

- ЦНС – нервова трубка;
- ПНС – нервовий гребінь, плакоти (ганглії черепно-мозкових нервів).

Нервова система закладається одною з перших на 3 тижні ембріогенезу в процесі нейруляції. При цьому послідовно утворюються нервова пластинка, нервовий жолобок, зімкнення країв якого веде до формування нервової трубки і нервового гребеня. У передньому відділі з боків нервової трубки утворюються потовщення – плакоти, що є джерелом формування черепно-мозкових вузлів і деяких клітин органів чуття.

У процесі розвитку в краніальному відділі нервової трубки формуються мозкові пухирі, спочатку 3, потім 5. З них утворюються відділи головного мозку. Тулубовий відділ нервової трубки дає початок спинному мозку. В результаті проліферації клітин нервової трубки утворюються 3 шари:

- внутрішній епендимний шар – містить нейральні стовбурові клітини, ділення і міграція яких веде до формування нових нейронів і клітин глії;
- середній плащовий шар (з нього формується сіра речовина);
- крайова вуаль (зовнішній шар, на місці якого утворюється біла речовина).

Клітини нервового гребеня є джерелом формування нейронів і глії периферичної нервової системи. Частина цих клітин формує гангліозні пластинки – з боків від нервової трубки. З гангліозної пластинки розвиваються спинномозкові та паравертебральні симпатичні ганглії. Частина клітин нервового гребеня мігрує вглиб і в стінку органів, даючи початок інтрамуральним гангліом.

ЦЕНТРАЛЬНА НЕРВОВА СИСТЕМА

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦНС

Всі відділи ЦНС мають загальні ознаки будови:

Тип будови – шаруватий. В структурі органу виділяють шари сірої та білої речовини.

До складу **сірої речовини** входять:

- тіла нейронів;
- нейроглія

(олігодендроцити, протоплазматичні астроцити, мікроглія);

- безмієлінові нервові волокна.



Рис. 1. Сіра речовина.

Імпрегнація солями срібла. Зб. 400

До складу **білої речовини** входять:

- переважно мієлінові нервові волокна;
- невелика кількість безмієлінових нервових волокон;
- нейроглія (волокнисті астроцити, олігодендроцити, мікроглія).

Функціонально головною тканиною в органах нервової системи є нервова тканина.

Різні відділи ЦНС формують **нервові центри** – структури, що беруть участь в контролі деяких функцій.

За морфологією виділяють нервові центри:

- **ядерного типу** – скупчення (групи) тіл нейронів, що формують ядра. Ядра оточені білою речовиною. Центри ядерного типу представлені в спинному мозку, стволі мозку.

- **екранного типу** – тіла нейронів розташовуються шарами. У цьому випадку сіра речовина розташована на поверхні, біла –

всередині. До центрів екранного типу відносять кору великих півкуль і кору мозочка.

- **ретиккулярного типу** – тіла нейронів розташовані дифузійно, формують сітку – в ретикулярній формації.

Судини. У більшості структур ЦНС переважають капіляри соматичного типу.

Для всіх відділів ЦНС характерна наявність гемато-енцефалічного бар'єру, що забезпечує захист, трофіку і підтримання імунологічної привілеї мозку.

До складу гемато-енцефалічного бар'єру входять:

- ендотелій капілярів соматичного типу з великою кількістю щільних контактів між ендотеліальними клітинами;
- тришарова БМ капілярів;
- периваскулярна гліальна погранична мембрана. Вона утворена відростками астроцитів, які формують розширення поблизу судини і пов'язані між собою щільними контактами.

За фізіологічних умов через бар'єр не проникають високомолекулярні речовини (білки, ліпопротеїни), мікроорганізми, лейкоцити.

Через ГЕБ можуть транспортуватися:

- глюкоза;
- амінокислоти;
- вода, іони;
- жиророзчинні молекули.



Рис. 2. Гемато-енцефалічний бар'єр. Схема.

Ross M.H. Histology: a text and Atlas with correlated cell and molecular biology. – 2011

Винятком є циркумвентрикулярні органи – структури, розташовані навколо шлуночків мозку. Вони відносяться до лімбічної системи мозку. До їх складу входять капіляри фенестрованого типу. Бар'єр проникний для білків – гормонів, цитокінів, біологічно активних речовин. Ця особливість будови забезпечує взаємозв'язок між нервовою, ендокринною та імунною системами. Наприклад, при запаленні збільшується кількість цитокінів в крові. Цитокіни можуть транспортуватися через капіляри циркумвентрикулярних органів, що забезпечує реакцію нервової системи на розвиток хвороби (зміна психоемоційного стану, апетиту, температури та ін.).

Усі відділи ЦНС вкриті мозковими оболонками:

- М'яка мозкова оболонка утворена пухкою волокнистою сполучною тканиною (ПВСТ) з великою кількістю судин.
- Павутинна мозкова оболонка утворена ПВСТ, яка формує трабекули. Останні утворюють сітку, в якій проходять великі судини.
- Тверда мозкова оболонка – ЩВСТ, щільно зрощена з окістям.

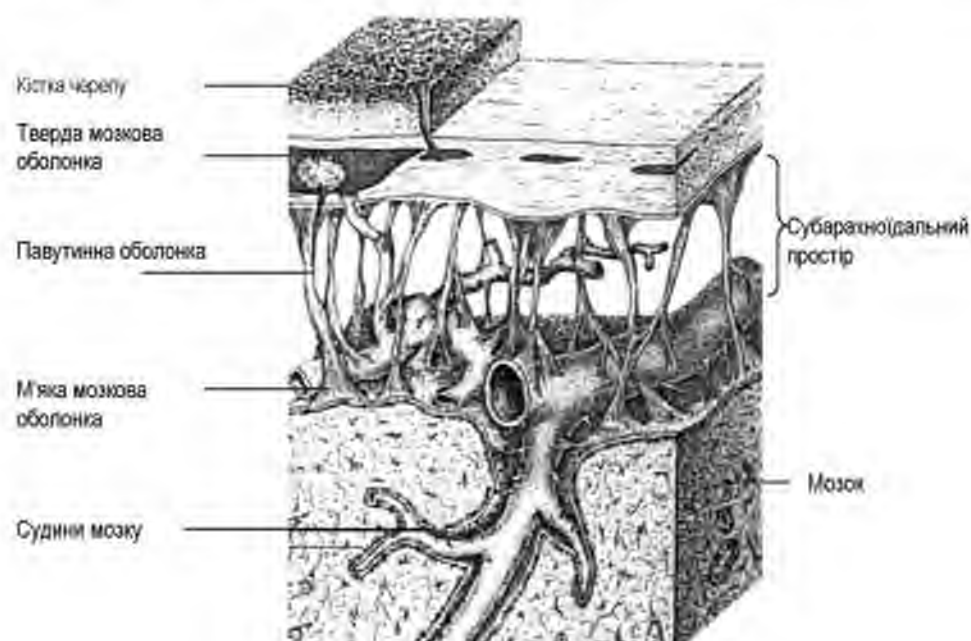


Рис. 3. Мозкові оболонки. Схема.

Гистологія, ембріологія, цитологія: / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Чельшова
- 3-е изд., - 2009, - 480 с.

Між оболонками є простори:

- Субарахноїдальний – між м'якою і павутинною мозковою оболонкою, заповнений спинномозковою рідиною (ліквором), сполучається зі шлуночками мозку.

- Субдуральний - між павутинною і твердою мозковою оболонкою.

Епідуральний – в спинномозковому каналі між твердою мозковою оболонкою і періостом хребців.

Функції оболонок мозку:

- захисна;
- трофічна;
- участь у ліквородинаміці (утворенні, циркуляції та реабсорбції цереброспинальної рідини).

Цереброспинальна рідина (ліквор) – рідина з низьким вмістом білку, і слабо лужною реакцією, заповнює шлуночки мозку і субарахноїдальний простір.

Аналіз структурного і хімічного складу цереброспинальної рідини використовується для діагностики патології ЦНС, зокрема – нейроінфекцій, пухлин та ін.

Функціональне значення цереброспинальної рідини:

- амортизаційна – оберігає головний і спинний мозок від механічних дій;
- забезпечує підтримку постійного внутрішньочерепного тиску і водно-електролітного гомеостазу;
- підтримує трофічні та обмінні процеси між кров'ю та мозком;
- транспорт нейрогормонів (біологічно активних речовин) через ліквор забезпечує інформаційний обмін між різними відділами ЦНС.

Ліквородинаміка: система циркуляції цереброспинальної рідини включає:

- 4 шлуночка мозку;
- спинномозковий канал;
- субарахноїдальний простір.

Утворення ліквору відбувається у шлуночках мозку – в структурах судинного сплетення шляхом фільтрації крові в структурах судинного сплетення бокових та 4-го шлуночків мозку. Судинне сплетення – складки м'якої мозкової оболонки, які формують випинання – ворсинки, вкриті епендимною.

Склад цереброспинальної рідини залежить від проникності гемато-лікворного бар'єру.

До складу гемато-лікворного бар'єру входять:

1. капіляри ворсинок судинного сплетення з фенестрованим ендотелієм на БМ;
2. ПВСТ + макрофаги;

епендимоцити – клітини глії кубічної форми, пов'язані між собою за допомогою міжклітинних з'єднань (десмосоми, щільні контакти), лежать на БМ.

Ліквор реабсорбується у кров венозних синусів порожнини черепа через пахіонові грануляції павутинної оболонки. Порухнення цього процесу веде до підвищення внутрішньочерепного тиску, гідроцефалії.

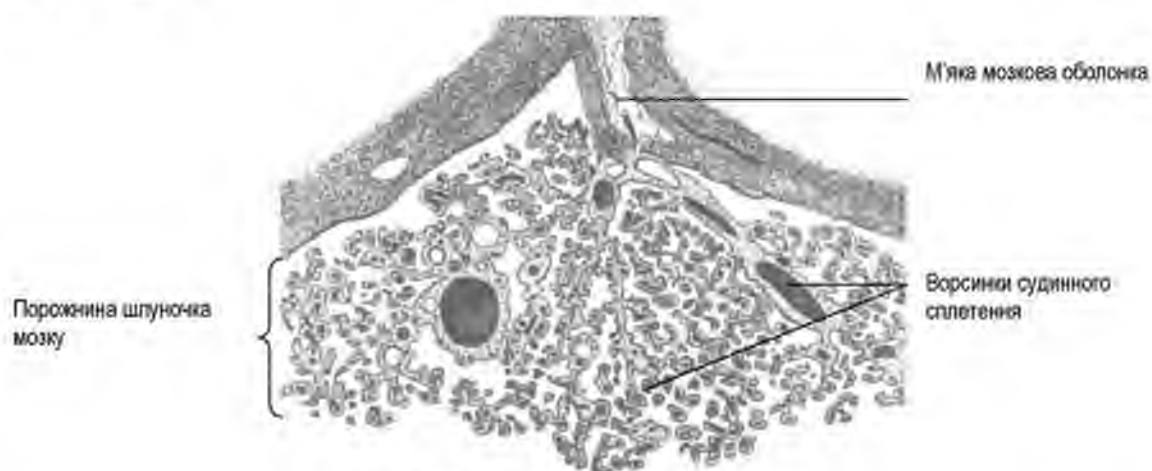


Рис. 4. Судинне сплетіння. Схема.

Гистология, эмбриология, цитология: / Под ред. Э.Г.Улумбекова, Ю.А.Чельшева - 3-е изд., - 2009. - 480 с.

ГОЛОВНИЙ МОЗОК

До складу головного мозку входять:

1. Великий (кінцевий) мозок:
 - має дві півкулі;
 - права і ліва півкулі розділені між собою глибокою подовжньою щілиною великого мозку;
 - глибокі борозни розділяють кожну з півкуль на долі;
 - дрібні борозни відділяють одну від одної звивини великого мозку.
2. Стовбур мозку і мозочок.

Кровопостачання. Головний мозок кровопостачається двома внутрішніми сонними артеріями і двома хребетними артеріями. Відтік крові відбувається по яремних венах.

Сонні артерії формують каротидний басейн, забезпечують близько 70-85 % припливу крові до мозку.

Хребетні артерії формують вертебро-базиллярний басейн. Вони кровопостачають задні відділи мозку (довгастий мозок, шийний відділ спинного мозку і мозочок), забезпечують близько 15-30% припливу крові до головного мозку. Атеросклеротичне ураження цих артерій лежить в основі порушення кровопостачання мозку і розвитку інсультів, що супроводжується порушенням рухових, когнітивних і вісцеральних функцій.

ВЕЛИКИЙ (КІНЦЕВИЙ) МОЗОК

Кінцевий мозок утворений шарами сірої та білої речовини (шаруватий тип будови).

Локалізація сірої речовини:

1. на поверхні – кора великих півкуль (нервові центри екранного типу);
2. всередині білої речовини – ядра (нервові центри ядерного типу).

КОРА ВЕЛИКИХ ПІВКУЛЬ

Джерела розвитку:

Кора великих півкуль розвивається з переднього мозкового пухиря. У його стінці відбувається проліферація вентрикулярних клітин, які диференціюються в гліобласти і нейроblastи. З гліобластів утворюється радіальна глія, відростки клітин якої пронизують усю стінку нервової трубки. Нейроblastи мігрують по ходу цих відростків, диференціюються в нейрони (16-20 тиждень). Спочатку закладаються крайні шари кори, а потім між ними утворюються проміжні шари. Розвиток кори триває після народження і завершується до 16-18 років. В процесі розвитку утворюється велика кількість нервових клітин, збільшується кількість синапсів. Незважаючи на складну будову, кора великих півкуль має високу пластичність, яка підвищується в процесі навчання.

Гістологічна характеристика кори великих півкуль:

1. представлена пластинкою сірої речовини товщиною 3-5 мм;
2. зовні покрита м'якою мозковою оболонкою;
3. містить численні мультиполярні нейрони;
4. морфологічно всі нейрони кори ділять на пірамідні й непірамідні;
5. нейрони утворюють 6 нечітко відмежованих шарів;
6. у кожному шарі нейрони розрізняються за розміром, формою і функцією.

Пірамідний нейрон має:

- витягнуте трикутне тіло, вершина якого звернена до поверхні кори;
- дендрити відходять від вершини (апикальні) і бічних поверхонь (латеральні) тіла нейрона;
- аксон відходить від основи пірамідних клітин.

Залежно від розміру пірамідні нейрони діляться на:

• **дрібні пірамідні клітини** – утворюють асоціативні волокна, їх аксон закінчується в цій же півкулі. **Функція:** зв'язує різні ділянки однієї півкулі;

• **середні пірамідні клітини** – утворюють комісуральні волокна, їх аксон закінчується в іншій півкулі. **Функція:** зв'язує півкулі між собою;

• **гігантські пірамідні нейрони** – клітини Беца – утворюють проєкційні волокна, зв'язують різні ділянки ЦНС (стовбур мозку, спинний мозок). **Функція:** беруть участь в утворенні пірамідних шляхів.

ШАРИ КОРИ ВЕЛИКИХ ПІВКУЛЬ:

I. Молекулярний шар:

- розташований на поверхні;
- мало клітин, багато нервових волокон;
- утворений відростками клітин, які лежать нижче, і галузjenнями аферентних волокон.

II. Зовнішній зернистий містить:

- багато зірчастих нейронів;
- дрібні пірамідні нейрони.

III. Пірамідний шар містить:

- багато середніх і дрібних пірамідних нейронів;
- непірамідні нейрони.

IV. Внутрішній зернистий містить:

- багато дрібних зірчастих нейронів;
- дрібні пірамідні нейрони.

V. Гангліонарний шарі включає:

- гігантські пірамідні нейрони (клітини Беца);
- мало зірчастих клітин.

VI. Шар поліморфних клітин містить:

- нейрони різної форми і розмірів.



Рис. 5. Моторна зона кори великих півкуль. Імпрегнація солями срібла. 3б. 100

Модуль кори великого мозку:

- є структурно-функціональною одиницею кори великих півкуль.
- включає 3 вертикальні колонки: 1 центральну і 2 периферичні.
- здатний до автономного функціонування, завдяки наявності трьох елементів (аналог рефлекторної дуги):
 1. аферентні волокна;
 2. вставні нейрони – гальмівні й збудливі нейрони;
 3. еферентні нейрони.

Характеристика елементів модуля кори великих півкуль:

1. Аферентні волокна:

До складу модулю кори великого мозку входять 3 волокна:

1. **кортико-кортикальне волокно** – входить до центральної колонки, проходить через усі шари, формує зв'язки з нейронами всіх типів. Є аксоном пірамідних нейронів з сусідніх полів або іншої півкулі.

2. таламо-кортикальні волокна (специфічні волокна) – входять до бокових колонок. Це аксони нейронів з ядер таламуса, закінчуються в IV шарі на остистих зірчастих нейронах і дендритах пірамідних нейронів.

2. *Вставні нейрони:*

Типи нейронів	Види клітин	Характеристика клітин
<i>Збуджуючі нейрони</i>	остисті зірчасті нейрони	- розташовані в IV шарі (внутрішньому зернистому); - збуджуються через таламо-кортикальне волокно; - утворюють синапси на дендритах пірамідних клітин
<i>Гальмівні нейрони</i>	клітини з аксональним пензликом	- розташовані в I шарі; - утворюють синапси на кортико-кортикальному волокні; - обмежують поширення збудження в сусідні модулі
	кошикові клітини	- знаходяться в II, III, V шарах; - утворюють синапси на тілах пірамідних клітин
	аксо-аксональні нейрони	- знаходяться в II і III шарах; - утворюють синапси на аксонах пірамідних клітин
	клітини з подвійним букетом дендритів	- повторно збудливі нейрони; - знаходяться в II і III шарах; - гальмують усі гальмівні нейрони

3. *Еферентні нейрони* в корі великих півкуль – клітини Беца гангліонарного шару.

Різні ділянки кори великого мозку спеціалізовані на контроль певних процесів. На підставі цього виділяють **поля кори великого мозку**, які за функцією ділять на:

- сенсорні (центральна частина аналізаторів);
- асоціативні;
- моторні (початок низхідних пірамідних шляхів).

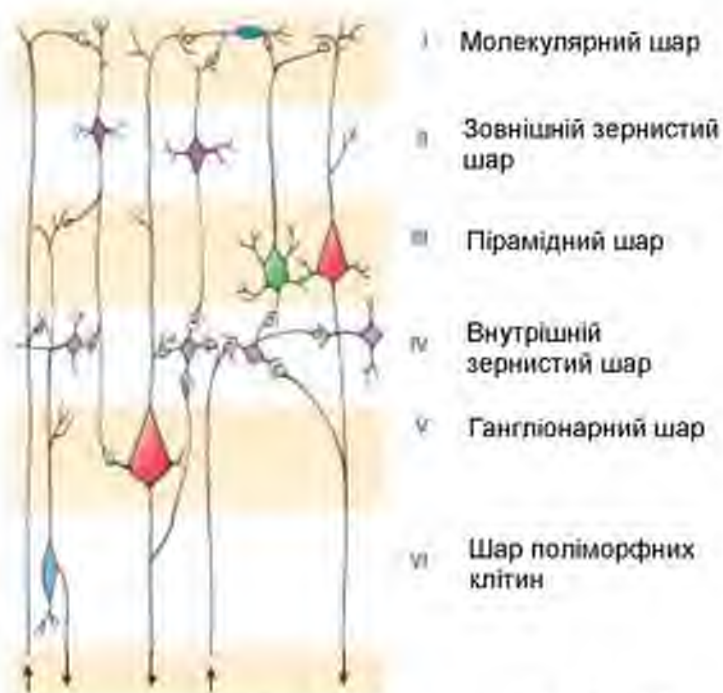


Рис. 6. Міжнейрональні зв'язки у корі великих півкуль.

Ross M.H. Histology: a text and Atlas with correlated cell and molecular biology. – 2011

Структурно-функціональні типи кори:

1. агранулярний (моторна кора):
 - добре розвинені III, V, VI шари;
 - слабо розвинені II, IV шари;
2. гранулярний (чутливі центри):
 - добре розвинені II, IV шари;
 - слабо розвинені III і V шари.

СТОВБУР МОЗКУ

Стовбур мозку містить численні ядра (перемікальні, рухові, вегетативні). Відростки нейронів утворюють висхідні і низхідні шляхи, які проводять. Ядра стовбуру мозку утворюють його сіру речовину, а тракти – білу речовину.

Стовбур мозку включає:

1. довгастий мозок;
2. міст;
3. середній мозок;
4. проміжний мозок.

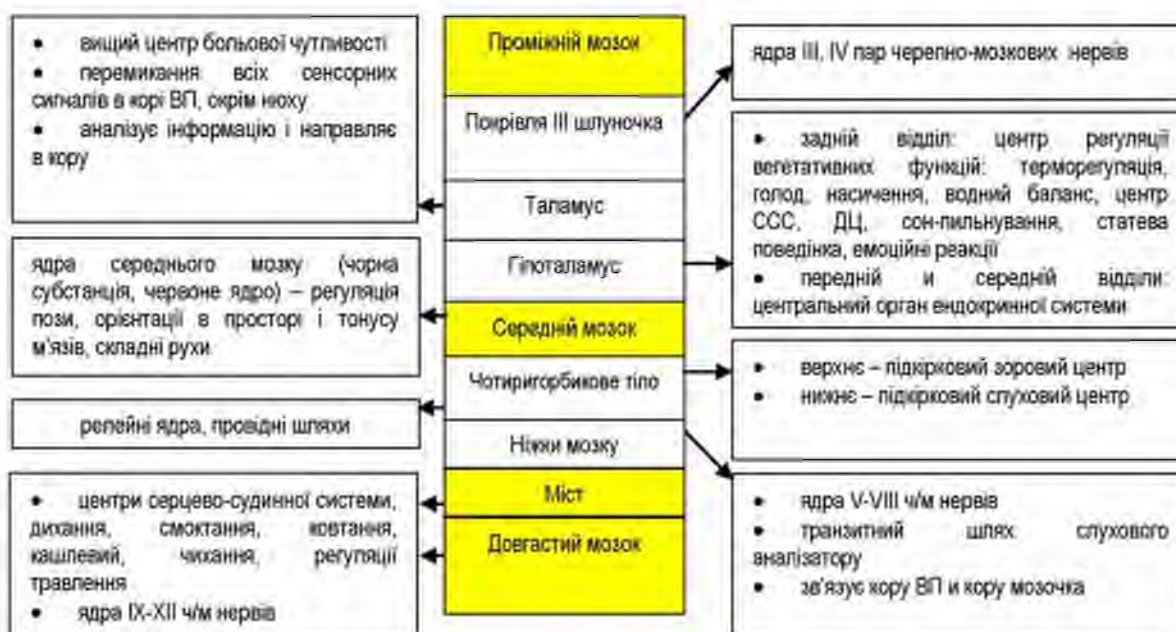
ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови: Шаруватий. Стовбур мозку складається з білої та сірої речовини. Біла речовина знаходиться зовні, сіра речовина всередині утворює нервові центри ядерного типу.

Ядра стовбура мозку:

1. складаються з мультиполярних нейронів;
2. виділяють великоклітинні й дрібноклітинні ядра;
3. судини соматичного типу, формують гемато-енцефалічний бар'єр;
4. деякі ядра мають особливості:
 - червоне ядро має виразне кровопостачання, на розрізі мозку має червоний колір;
 - нейрони чорної субстанції містять меланіно-подібний пігмент темного кольору.

Функції: Кожен відділ ствола мозку містить структурні елементи, що виконують різні функції:



Впродовж усього стовбура мозку проходить ретикулярна (сітчаста) формація, куди надходять сигнали зі спинного мозку, мозочка, вестибулярних ядер, кори великих півкуль, гіпоталамуса.

Ретикулярна формація:

1. починається у спинному мозку, проходить через увесь стовбур мозку;

2. має великі низхідні й висхідні зв'язки з усіма відділами ЦНС;
3. нервові волокна йдуть у різних напрямках, утворюють сітку;
4. мультиполярні нейрони розташовані дифузійно в сітці волокон або утворюють ядра різних розмірів;
5. нейрони мають слабо розгалужені дендрити і аксон, який Т-образно розгалужується, одна гілка йде у верхні відділи ЦНС, інша – в нижні;
6. властивості нейронів:
 - полісенсорність – нейрони контактують з колатераліями від декількох сенсорних шляхів, що йдуть від різних рецепторів;
 - мають спонтанну активність;
 - мають високу чутливість до деяких речовин (наприклад, до адреналіну, CO_2) і ліків (барбітуратам, аміназину та ін.);
 - більше збудливі, в порівнянні з іншими нейронами.

МОЗОЧОК

Мозочок знаходиться в задній черепній ямці, відноситься до заднього мозку. Складається з двох півкуль і середньої вузької частини – черва. Характерною особливістю півкуль мозочка є наявність великої кількості глибоких борозен і розгалуженої звивини («дерево життя»).

Кровопостачання: гілки хребетних і базиліарної артерій.

ФУНКЦІЇ МОЗОЧКА:

- координація рухів;
- регуляція рівноваги;
- точні рухи;
- регуляція м'язового тону.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови мозочка. Шаруватий, має шари сірої і білої речовини.

Сіра речовина в мозочку утворює:

1. нервові центри екранного типу – кора мозочка на поверхні;
2. нервові центри ядерного типу – всередині органу, виконують функції перемикачів.

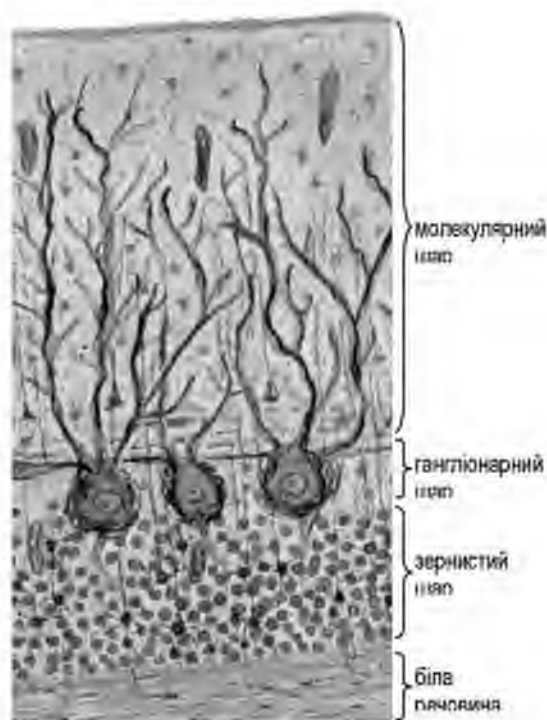


Рис. 7. Кора мозочка. Схема.

Ядра мозочка:

- зубчасте – розташовано латерально;
- ядро шатра – медіально;
- коркоподібне і кулясте ядра – між ними.

КОРА МОЗОЧКА

У корі мозочка виділяють три шари:

1. молекулярний;
2. гангліонарний;
3. зернистий.

Шари чітко відокремлені один від одного. Ключовою особливістю є наявність **клітин Пуркіньє** – це великі нейрони, що мають грушоподібну форму тіла.

ЦИТОАРХІТЕКТОНІКА КОРИ МОЗОЧКА

Клітини у різних шарах кори мозочка відрізняються щільністю розташування, розміром, формою та функціями.

1. Молекулярний шар – містить невелику кількість нейронів:

- **зірчасті нейрони** (великі та дрібні) розташовані у верхній частині молекулярного шару. Дендрити клітин розташовані в молекулярному шарі. Аксон великих зірчастих нейронів бере участь у формуванні кошику навколо перикаріону клітин Пуркіньє. Аксон дрібних зірчастих нейронів формує синапси з дендритами клітин Пуркіньє в молекулярному шарі;

- **кошикові нейрони** розташовані в нижній третині шару. Аксон клітини розгалужується і утворює сплетення у виді кошику, формуючи аксо-соматичні синапси на тілі клітин Пуркіньє. Дендрити – розташовані у молекулярному шарі.

У молекулярному шарі багато безмієлінових нервових волокон. Серед них:

- дендрити клітин Пуркіньє;
- дендрити кошикових та зірчастих клітин;
- аксони клітин-зерен;
- галуження аферентних волокон.

2. Гангліонарний шар – представлений одним рядом клітин Пуркіньє. Це великі клітини грушоподібної форми. Від перикаріону до молекулярного шару відходять 2-3 дендрити, які деревоподібно розгалужуються.

3. **Зернистий шар** включає:

- клітини-зерна – дрібні клітини, розмір перикаріону – 4-6 мкм, 3-4 коротких дендрита, які формують зв'язки з аферентними волокнами (мохоподібними), формуючи клубочки мозочка. Аксон піднімається до молекулярного шару, де Т-образно розгалужується;
- зірчасті нейрони (клітини Гольджі II типу) – великі клітини, тіла яких локалізуються під гангліонарним шаром. Аксон формує гальмівні синапси з розетками мохоподібних волокон до вступу їх в синапс з дендритом клітин-зерен. Дендрит піднімається до молекулярного шару;
- веретеноподібні й горизонтальні нейрони.

Характеристика клітин Пуркіньє:

1. тіло нейрона велике, грушоподібної форми;
2. дендрит галузиться в молекулярному шарі;
3. аксон через зернистий шар виходить у білу речовину;
4. аксони клітин Пуркіньє формують еферентні шляхи;
5. колатералі аксонів формують зв'язки з сусідніми клітинами Пуркіньє;
6. тіло нейрона оточене кошиком – система гальмівних аксо-соматичних синапсів, утворених аксонами кошикових і великих зірчастих нейронів молекулярного шару.

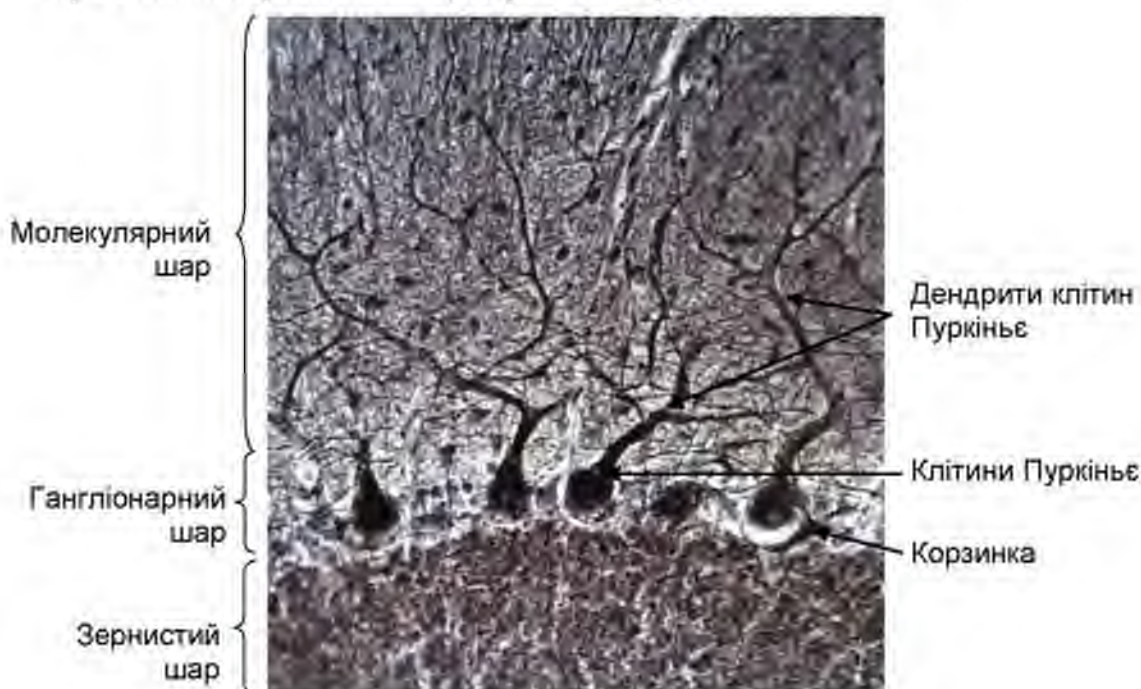


Рис. 8. Клітини Пуркіньє кори мозочка.
Імпрегнація солями срібла. Зб. 400

МІЖНЕЙРОННІ ЗВ'ЯЗКИ В КОРИ МОЗОЧКА

Як і в корі великого мозку, в мозочку існує поняття «МОДУЛЬ», який включає аферентні волокна, систему вставних нейронів і еферентний нейрон.

1. Аферентні волокна:

- **Ліаноподібні** – закінчуються у молекулярному шарі, утворюють синапси з дендритами клітин Пуркіньє;
- **Мохоподібні** – закінчуються у клубочках зернистого шару мозочка, де вступають в контакт з дендритом клітин-зерен. Кожне волокно формує розгалуження до декількох клубочків мозочка, і кожен клубочок отримує гілки від декількох мохоподібних волокон. Таким чином, відбувається посилення сигналів, що потрапляють по мохоподібним волокнам до мозочку;

Клубочки мозочка включають:

- мохоподібні волокна;
- дендрити клітин-зерен;
- аксони клітин Гольджі.

2. **Вставні нейрони** включають 1 збуджуючий і групу гальмівних нейронів:

Збуджуючий нейрон – клітина-зерно:

- дендрит утворює синапси з мохоподібними волокнами і входить до складу клубочків мозочка;
- аксон прямує до молекулярного шару, де Т-образно ділиться і утворює синапси з дендритами клітин Пуркіньє.

Гальмівні нейрони:

- зірчасті нейрони: дендрит утворює синапси з ліаноподібними волокнами і аксонами клітин-зерен; аксони закінчуються на дендритах та іноді – на тілах клітин Пуркіньє;
- кошикові клітини: дендрит утворює синапси з волокнами молекулярного шару; аксони обплітають тіло грушоподібних нейронів і утворюють кошик;
- клітини Гольджі: дендрит утворює з аксонами клітин-зерен у молекулярному шарі; аксони утворюють синапси з дендритами клітин-зерен у складі клубочків мозочка.

3. **Еферентний нейрон** – грушоподібний нейрон – аксон якого виходить з кори мозочка у білу речовину. За функцією – це гальмівний нейрон, який інгібує нижче розташовані центри.

АФЕРЕНТНІ ТРАКТИ, що приносять інформацію у мозочок

1. Спинно-мозочкові тракти:

- мимовільна пропріоцептивна імпульсація;
- важливі для тонкого мимовільного контролю рухів, контролю положення кінцівок і рівноваги всього тіла під час руху і пози.

2. Спинно-оливарно-мозочкові тракти:

- забезпечують проведення пропріоцептивної інформації в мозочок,

3. Вестибулоспинальні тракти:

- забезпечують проведення до мозочку інформації про положення тіла в просторі;

- беруть участь в регуляції пози і положення тіла.

4. Місто-мозочкові тракти:

- забезпечують проведення інформації від ядер мосту в мозочок.

ЕФЕРЕНТНІ ЗВ'ЯЗКИ – утворюються за рахунок аксонів клітин

Пуркінє і формують наступні шляхи:

1. Кортико-місто-мозочково-денто-рубро-спинальні тракти:

- передача інформації здійснюється в наступному напрямі: кора великого мозку → ядра моста → клітина Пуркінє → зубчасте ядро → червоне ядро → спинний мозок.

2. Рубро-спинальний тракт:

- активація нейронів червоного ядра викликає збудливий постсинаптичний потенціал в мотонейронах м'язів-згиначів, а в мотонейронах розгиначів – гальмівні постсинаптичні потенціали;
- бере участь у регуляції та взаємній корекції пози, цілеспрямованих рухів і корекції виконуваних рухів.

СПИННИЙ МОЗОК

Спинний мозок відноситься до ЦНС, має форму циліндричного тяжа з внутрішньою порожниною (спинномозковим каналом).

Спинний мозок знаходиться в хребетному каналі від верхнього краю I шийного хребця до I або верхнього краю II поперекового хребця. Оточений м'якою, павутинною і твердою мозковими оболонками.

У спинному мозку виділяють 5 відділів: шийний, грудний, поперековий, крижовий і куприковий. Шийний відділ складають 8 сегментів, грудний – 12, поперековий – 5, крижовий – 5, куприковий – 1. Всього 31 сегмент.

Кожен сегмент спинного мозку має передні та задні корінці.

Передні (рухові) корінці містять еферентні волокна (аксони нейронів). За ходом задніх корінців розташовуються спинномозкові вузли. Передній і задній корінці з'єднуються, утворюючи спинномозковий нерв. Кожна пара спинномозкових нервів (правий і лівий) відповідає певній ділянці – сегменту спинного мозку.

Кровообіг. Передня і парні задні спинальні артерії, а також корінцево-спинальні артерії. Aa. spinales anterior et posterior, спускаючись вздовж спинного мозку, з'єднуються між собою численними гілками, утворюючи на поверхні мозку судинну сітку (так звану vasa corona). Від цієї мережі відходять гілочки, проникаючи разом з відростками м'якої оболонки вглиб. Вени впадають в plexus venosi vertebrales interni епідурального простору.

ФУНКЦІЇ: Спинний мозок виконує дві основні функції:

- рефлекторну;
- провідникову.

Через спинний мозок проходять рефлекторні дуги, з якими пов'язано скорочення м'язів тіла (окрім м'язів голови) – наприклад, колінний рефлекс. Спинний мозок бере участь в регуляції роботи внутрішніх органів: серця, шлунку, сечового міхура, статевих органів.

Джерело розвитку – тулубовий відділ нервової трубки.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови – шаруватий.

Виділяють два шари:

1. Сіра речовина займає центральну частину і має форму метелика або букви Н.
2. Біла речовина розташовується навколо сірої, на периферії спинного мозку.

Сіра речовина утворює:

1. передні роги (вентральні) – широкі округлої форми;
2. задні роги (дорсальні) – вузькі довгі загострені;
3. бічні роги (латеральні) – розвинені в грудному відділі.

Спинний мозок є **нервовим центром ядерного типу**. Мультиполярні нейрони утворюють скупчення – ядра.

Ядра спинного мозку:

- представлені групами мультиполярних нейронів;
- розташовані в межах сірої речовини в різних рогах;
- не відокремлені один від одного білою речовиною;
- представлені нейронами різного розміру;
- виконують різні функції.

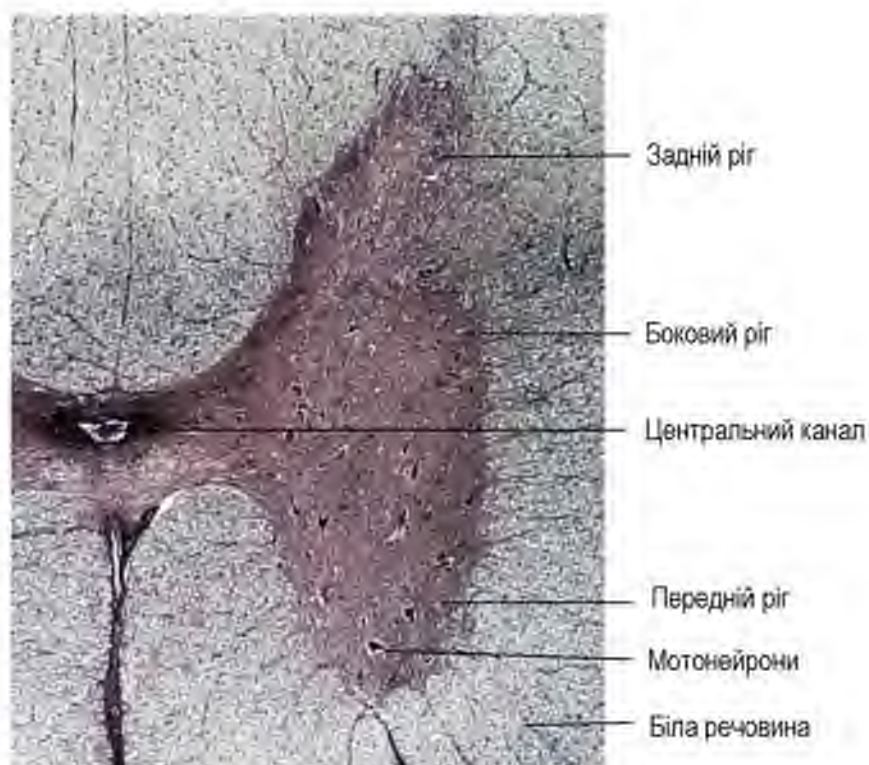


Рис. 9. Спинний мозок. Імпрегнація солями срібла. Зб. 100

Знання щодо розташування і функції ядер та провідних трактів лежать в основі точної діагностики ушкодження спинного мозку.

Передній ріг. У передньому розі розташовані тіла **мотонейронів**, об'єднаних в дві структурно-функціональні групи:

- **Медіальна** (дорсомедіальне і вентромедіальне ядра) – забезпечують регуляцію згинання / розгинання тулуба.
- **Латеральна** (центральне, вентролатеральне, дорсолатеральне, ретродорсолатеральне ядра).

Розрізняють великі (альфа-мотонейрони) і дрібні (гамма-мотонейрони). Їх аксони входять до складу переднього корінця і спрямовані до скелетних м'язів. У передньому розі розташовуються також клітини Реншоу, які утворюють гальмівні аксо-соматичні синапси з мотонейронами.

Задній ріг містить два основних ядра:

1. Власне ядро заднього рогу.

Локалізація: в центрі заднього рогу.

Функція: аксони нейронів цього ядра утворюють висхідні шляхи в мозочок і таламус, формуючи вентральний спинномозочковий та спинноталамічний шлях.

2. Грудне ядро (ядро Кларка).

Локалізація: біля основи заднього рогу.

Функція: аксони нейронів цього ядра є пучковими – формують дорсальний спинномозочковий шлях.

Крім того, до складу заднього рогу входять:

- **Желатиноподібна речовина** – утворена дрібними вставними нейронами, які формують синапси з аксонами чутливих нейронів. Вони гальмують передачу нервових імпульсів від ноцицепторів (больових рецепторів) і пропріорецепторів (м'язів і сухожилів).
- **Губчаста речовина** – утворена клітинами глії, між якими розташовуються вставні нейрони, що утворюють синапси з аксоном чутливого нейрону і передають імпульс до нейрона на своїй або протилежній стороні.

Боковий ріг містить:

1. Проміжне медіальне ядро.

Локалізація: у боковому розі.

Функція: аксони нейронів формують вентральний спинномозочковий шлях.

2. Проміжне латеральне ядро.

Локалізація: у боковому розі.

Функція: відноситься до вегетативної нервової системи. Тут розташований центральний (вставний нейрон). Його аксон через передній корінець спинного мозку прямує до вегетативного ганглію.

Провідні шляхи

Нервові волокна білої речовини спинного мозку формують три системи зв'язків (провідних шляхів):

1. Короткі пучки асоціативних волокон, що з'єднують ділянки спинного мозку на різних рівнях (аферентні і вставні нейрони).
2. Довгі доцентрові (чутливі, аферентні) – висхідні шляхи.
3. Довгі відцентрові (рухові, еферентні) – низхідні шляхи.

Нервові волокна групуються в пучки, пучки входять до складу 3-х канатиків. Виділяють задній, боковий і передній канатики.

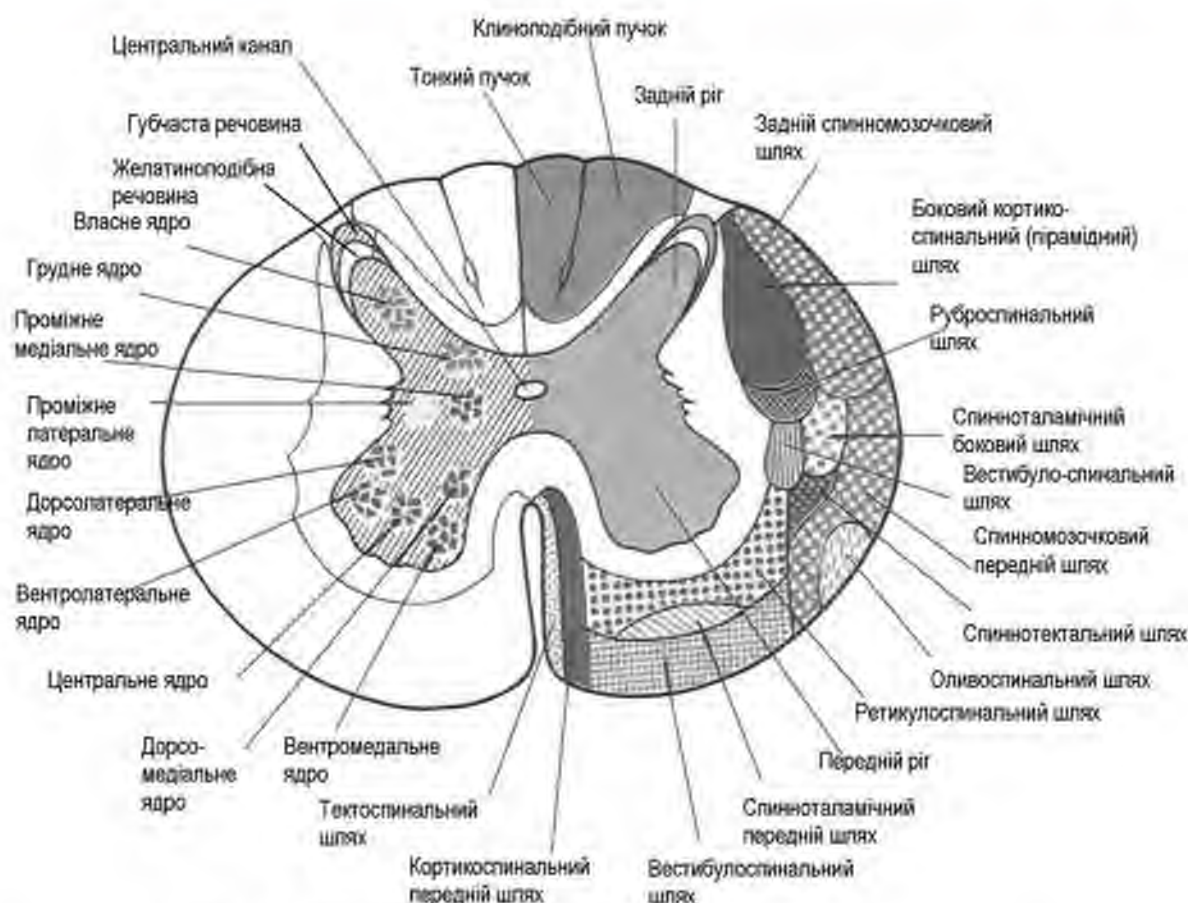


Рис. 10. Схема будови спинного мозку.

Гистология, эмбриология, цитология / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Чельшева - 3-е изд., - 2009. - 480 с.

КАНАТИКИ СПИННОГО МОЗКУ

У **задньому канатiku**, який прилягає до заднього (чутливого) рогу, розташовані пучки висхідних нервових волокон. *Медіально* розташований тонкий пучок, *латерально* – клиноподібний пучок. Ці шляхи проводять пропріоцептивну (м'язово-суглобове відчуття) і шкірну (відчуття стереогнозу – впізнавання предметів на дотик) чутливість, що має відношення до визначення положення тіла в просторі, а також тактильну чутливість.

У **передньому канатiku**, який прилягає до переднього (рухового) рогу, лежать пучки низхідних нервових волокон. Наприклад, кортико-спинальний шлях (пірамідний), руброспинальний та ін.

У **складі бокового канатика** є як висхідні, так і низхідні провідні шляхи. Приклади висхідних провідних шляхів: спинноталамічний, спинномозковий та ін.

ПЕРИФІЙНА НЕРВОВА СИСТЕМА (ПНС)

Периферійна нервова система включає:

- нервові ганглії (вузли);
- периферичні нерви;
- нервові закінчення.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

- органи ПНС мають паренхіматозний тип будови;
- розвиваються з нервового гребеня;
- забезпечують чутливу і рухову іннервацію внутрішніх органів, шкіри і локомоторного апарату.

На відміну від центральної нервової системи, периферійна нервова система не захищена кістками або гематоенцефалічним бар'єром, і може бути вразлива до механічних ушкоджень та дії токсинів.

Нейромедіатори ПНС

Головними нейромедіаторами периферійної нервової системи є ацетилхолін і норадреналін.

Крім того, нейрони ПНС синтезують і звільняють інші нейромедіатори: гістамін, гамма-аміномасляну кислоту, дофамін, оксид азоту, вазоактивний інтестинальний пептид, речовину (субстанцію) Р та ін.

ПЕРИФЕРІЙНІ НЕРВИ

До периферійних нервів відносять:

- **черепно-мозкові нерви** – пов'язані з різними відділами ствола мозку, забезпечують чутливість шкіри обличчя, слизової оболонки очей, порожнини носа, рота, глотки, гортані. Також іннервують м'язи обличчя, очей, язика, глотки і гортані, регулюють роботу слинних залоз, серця, ШКТ (блукаючий нерв);

- **спинномозкові нерви** та їх розгалуження – пов'язані зі спинним мозком задніми і передніми корінцями. По заднім корінцям в спинний мозок входять чутливі волокна, а по переднім – зі спинного мозку виходять рухові волокна.

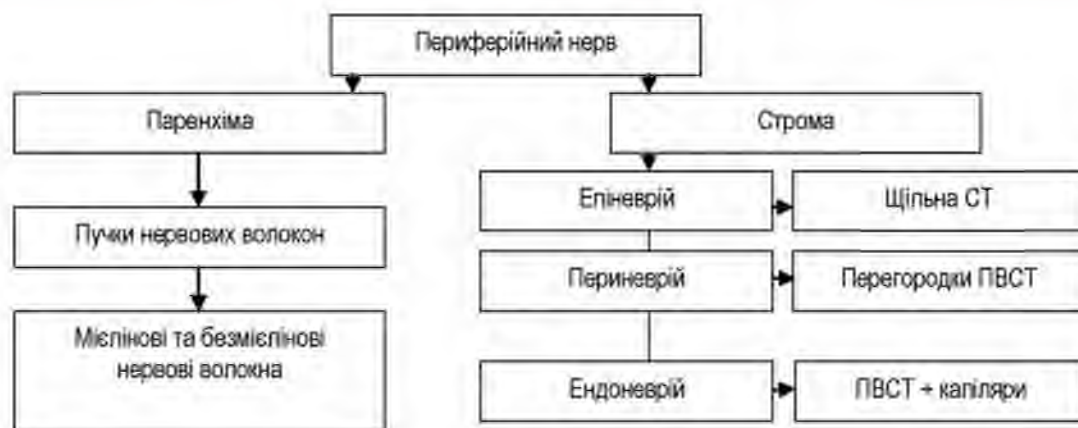
Периферійні нерви входять до складу судинно-нервових пучків.

Їх трофіка здійснюється з гілок артерії, яку супроводжують нерви.

Тип будови – паренхіматозний.

Строма утворена сполучною тканиною.

Паренхіма представлена елементами нервової тканини: мієліновими і безмієліновими нервовими волокнами. Нервові волокна у складі нерва розрізняються за діаметром та швидкістю проведення імпульсу.



Як правило, у складі нерва є як аферентні, так і еферентні нервові волокна. Винятком є деякі черепно-мозкові нерви (трійчастий, вестибуло-кохлеарний).

Чутливі нервові волокна починаються від рецепторів, що сприймають ті або інші сигнали (механічні, хімічні, температурні) і трансформують їх у нервовий імпульс. Рецептори шкіри, слизових оболонок, м'язів, сухожиль, внутрішніх органів за допомогою чутливих нервових волокон надсилають до центральної нервової системи сигнали, що містять інформацію про стан довкілля і організму.

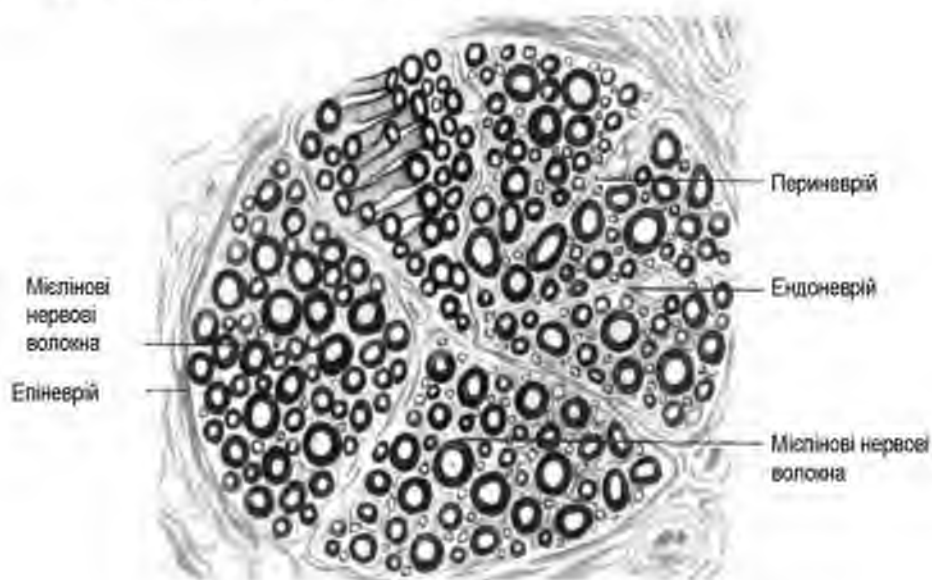


Рис. 11. Схема будови периферійного нерву.

Гистология, эмбриология, цитология / Под ред. Э.Г.Улумбекова, Ю.А.Челышева
- 3-е изд., - 2009. - 480 с.

Рухові нервові волокна передають сигнали, що надсилаються з ЦНС до м'язів, судин, внутрішніх органів тощо. У такий спосіб нервова

система «відповідає» на зовнішні і внутрішні подразники, які сприймаються рецепторами.

Регенерація нерва після ушкодження (травми) – можлива, оскільки тіла нейронів розташовані в ЦНС або гангліях, регенерація полягає у відновленні відростків нейронів. Процес відновлення включає:

- дегенерацію дистального фрагмента;
- елімінацію зруйнованих структур макрофагами;
- активацію проліферації і міграції глії (нейролемоцитів), яка «прокладає шлях» для зростання відростка нейрона;
- відновлення контакту з мішенню (структурою, що іннервується).

НЕРВОВІ ГАНГЛІЇ

Нервові вузли (ганглії) – скупчення нейронів, розташовані по ходу нерва.

Система гангліїв встановлює зв'язок між різними структурами організму і нервовою системою, забезпечує проміжну обробку нервових імпульсів і управління деякими функціями внутрішніх органів.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип будови гангліїв – паренхіматозний.

Паренхіма – нервова тканина. Утворена тілами нейронів (перикаріонами) і їх відростками, а також клітинами глії (нейролеммоцитами).

Строма – сполучна тканина, яка формує:

- капсулу (ЩВСТ) на поверхні органу;
- ендоневрій – прошарки ПВСТ з капілярами соматичного типу всередині органу.

КЛАСИФІКАЦІЯ ГАНГЛІЇВ.

- Чутливі.
- Вегетативні (автономні).

Чутливі ганглії, залежно від джерел розвитку і зв'язку із структурами ЦНС, представлені:

- гангліями, що асоціюються з черепно-мозковими нервами (V, VIII, IX, X, VII парама)
- спинномозковими гангліями.

СПИННОМОЗКОВИЙ ВУЗОЛ (ГАНГЛІЙ)

Спинномозковий вузол розташований по ходу задніх корінців спинного мозку.

Джерела розвитку: гангліозна пластинка, мезенхіма.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип будови – Паренхіматозний.

Тканинний склад строми – сполучна тканина з судинами і нервами.

Строма формує:

- На поверхні органу – капсулу (щільна неоформлена сполучна тканина)
- Усередині органу – прошарки ПВСТ з судинами.

Паренхіма представлена нервовою тканиною і має такі ознаки:

- нейрони розташовуються групами на периферії вузла, оточені мантийними гліоцитами;
- морфологічний тип нейронів – псевдоуніполярні;
- в центрі спинномозкового вузла знаходяться мієлінові нервові волокна.

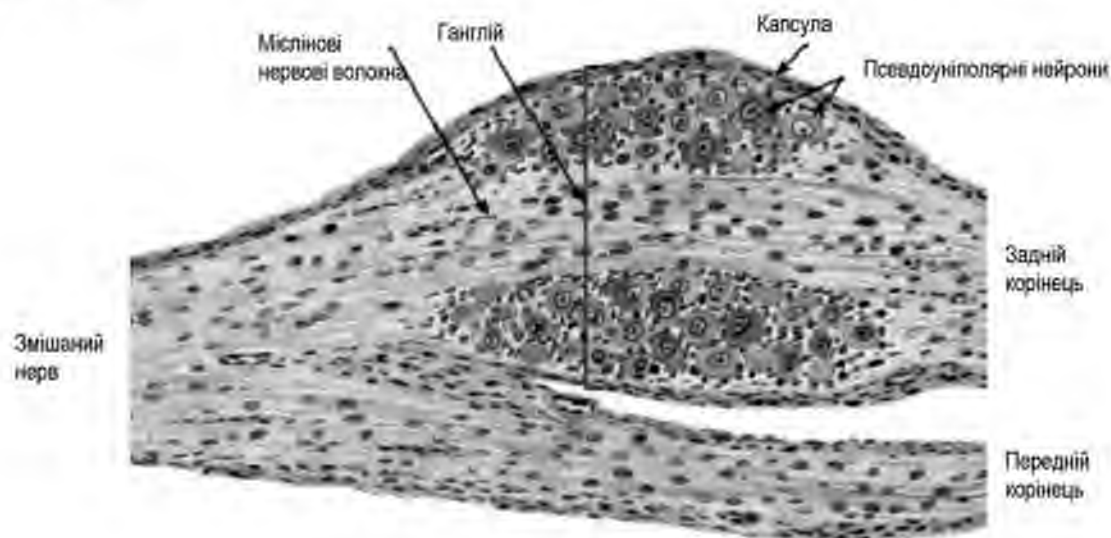


Рис. 12. Спинно-мозковий вузол

Гістологія, цитологія і ембріологія. Атлас / Быков В.Л., Юшканцева С.И. – 2013.

Морфологічна характеристика псевдоуніполярних нейронів:

- розташовуються на периферії вузла групами;
- тіло нейрона округлої форми;

- світле ядро;
- базофільна цитоплазма (наявність гранулярної ЕПС);
- від тіла відходить 1 відросток, який потім Т-образно ділиться на 2;
- кожен нейрон оточений двома оболонками:
 - 1) мантийні гліоцити
 - 2) сполучнотканинна оболонка

Гістогематичний бар'єр (гемато-нейральний бар'єр) спинномозкового вузла включає:

1. ендотелій + БМ;
2. сполучнотканинна оболонка;
3. мантийні гліоцити.

Функція спинномозкових вузлів: псевдоуніполярні нейрони спинномозкового вузла – чутливі, що і визначає функцію ганглію.

Дендрити чутливих нейронів розташовані:

- у шкірі (екстерорецептори);
- у сухожиллях і м'язах (пропріорецептори);
- вздовж судин і у внутрішніх органах (інтерорецептори).

Аферентна інформація по дендриту поступає через спинномозковий нерв в спинномозковий вузол.

Аксони псевдоуніполярних нейронів прямують через задній корінець – до спинного мозку, а звідти:

- через задній канатик по пучкам Голя і Бурдаха – у довгастий мозок;
- у ядра спинного мозку, звідки інформація передається на вставні нейрони сегментарних або складних рефлекторних дуг.

ВЕГЕТАТИВНІ ГАНГЛІЇ

Вегетативний ганглії містить тіла еферентних нейронів рефлекторних дуг вегетативної нервової системи, яка контролює роботу:

- внутрішніх органів;
- ендокринних залоз;
- кровоносних і лімфатичних судин.

Класифікація вегетативних гангліїв:

- симпатичні;
- парасимпатичні;
- інтрамуральні метасимпатичні.

Ембріологія: джерело розвитку – нервовий гребінь.

Локалізація вегетативних гангліїв.

Симпатичні ганглії розташовуються поблизу від спинного мозку: паравертебральний (симпатичний ствол) і превертебрально.

Ганглії парасимпатичного відділу розташовані поблизу від органа, що іннервується, часто – інтрамуральний.

СИМПАТИЧНІ ГАНГЛІЇ

Ганглії симпатичної нервової системи:

1. **Паравертебральні** – розташовуються праворуч і ліворуч уздовж хребетного стовпа і у виді ланцюжка утворюють 2 симпатичні стволи.
2. **Превертебральні** – розташовані по ходу передхребетних нервових сплетень, на аорті та її гілках в області шиї, а також в грудній, черевній порожнинах і в малому тазі.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Тип будови: паренхіматозний. У симпатичному ганглії є строма і паренхіма.

Строма:

- капсула;
- прошарки ПВСТ.

Паренхіма представлена нервовою тканиною (нейронами і нейроглією).

У симпатичних гангліях знаходяться **мультиполярні нейрони** та їх відростки, які формують безмієлінові нервові волокна. Нейрони розташовані дифузійно і оточені нейролеммоцитами.

Виділяють два типи нейронів:

1. **Еферентні** – іннервують гладкі м'язи судин і органів, клітини залізного епітелію, міокард серця.
2. **ДіФ-клітини** (дрібні клітини з інтенсивною флюоресценцією) – асоціативні гальмівні нейрони, що інгібують передачу інформації через ганглії (з прегангліонарного волокна на еферентний нейрон). Як медіатори ДіФ-клітини використовують біогенні аміни: норадреналін, дофамін, серотонін).

ІНТРАМУРАЛЬНІ ГАНГЛІЇ

Інтрамуральні ганглії утворюють **метасимпатичну нервову систему**. Її особливість полягає в тому, що всі три нейрони рефлекторної дуги

(аферентний, еферентний і вставний) розташовані на периферії, в інтрамуральному ганглії. Вони утворюють локальну (місцеву) рефлекторну дугу. Метасимпатична нервова система іннервує порожнисті органи, регулюючи їх тонус і перистальтику.

Класифікація нейронів інтрамурального (метасимпатичного) ганглію за Догелем:

- 1 тип – довгоаксонний еферентний нейрон;
- 2 тип – рівновідросчатий аферентний нейрон;
- 3 тип – асоціативний нейрон.

ГІСТОФІЗІОЛОГІЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Вегетативна (автономна) нервова система включає центральну і периферичну частини. Вищими центрами регуляції функцій ВНС є гіпоталамус і лімбічна система.

Класифікація. У складі ВНС виділяють:

- симпатичний;
- парасимпатичний відділ.

Центральна частина **симпатичної** НС знаходиться в торако-люмбальному відділі спинного мозку (проміжно-латеральне ядро).

Центральна частина **парасимпатичної** НС розташована в краніо-бульбарному відділі головного мозку і сакральному відділі спинного мозку (S1 – S3 сегменти).

Периферична частина обох відділів утворена вегетативними гангліями, нервовими сплетеннями і нервовими стволами.

Функції: ВНС контролює:

- тонус судин і роботу серця;
- моторику і секрецію органів травлення;
- моторику сечовивідних шляхів;
- тонус бронхів;
- потовиділення;
- тонус м'язів війкового тіла і зиниці.

РЕФЛЕКТОРНА ДІЯЛЬНІСТЬ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

НЕРВОВА СИСТЕМА

Вегетативна і соматична нервові системи, як правило, діють погоджено, оскільки будь-яка рухова реакція вимагає вегетативної регуляції, що забезпечує оптимальний рівень кровопостачання функціонуючих м'язів. Функція соматичної і вегетативної нервової системи забезпечується за допомогою **рефлекторних дуг**.

ЕФЕКТИ ВНС

ОРГАН	Симпатичний відділ	Парасимпатичний відділ
серце	↑ частота і сила скорочень	↓ частота і сила скорочень
судини	Вазоконстрикція	Вазодилатація (судини тазових органів)
ШКТ	↓ перистальтика і секреція	↑ перистальтика і секреція
бронхи	Розширення	Звуження
зіниці	Розширення	Звуження
Загальний ефект	Адаптація до гострого стресу	Реакції відновлення

Рефлекторна дуга включає:

1. Аферентний нейрон (чутливий):
 - дендрит сприймає роздратування (шкіра, локомоторний апарат)
 - аксон проводить інформацію в спинний мозок.
2. Вставний нейрон (чи декілька нейронів).
3. Еферентний нейрон (руховий) – іннервує мішень.

Порівняльна характеристика соматичної і вегетативної рефлекторної дуги

Нейрон	Соматична РД	Вегетативна РД
Чутливий	Псевдоуніполярний нейрон спинномозкового ганглію	Псевдоуніполярний нейрон спинномозкового ганглію
Вставний	Задній ріг спинного мозку (власне ядро сірої речовини)	Боковий ріг (проміжне латеральне ядро)
Руховий	Передній ріг (власне ядро переднього рогу)	Вегетативний ганглії за межами ЦНС

Головна відмінність вегетативної рефлекторної дуги від соматичної полягає в тому, що її *еферентний* нейрон розташовується у вегетативному ганглії (поза спинним мозком). Таким чином, по відношенню до еферентного нейрона виділяють прегангліонарне і постгангліонарне нервові волокно.

Прегангліонарне волокно приносить нервовий імпульс в ганглії (до еферентного нейрона), а **постгангліонарне волокно** передає імпульс від еферентного нейрона до органу-мішені. Прегангліонарне волокно є мієліновим, а постгангліонарне – безмієліновим.

Порівняльна характеристика симпатичного і парасимпатичного відділів нервової системи

Характеристики	Симпатичний відділ	Парасимпатичний відділ
Центральне представництво	Торако-люмбальний відділ спинного мозку	Краніо-бульбарний відділ головного мозку Сакральний відділ спинного мозку
Локалізація ганглію	Поблизу від спинного мозку	Поблизу від органу, який іннервується
Прегангліонарне волокно	Коротке	Довге
Постгангліонарне волокно	Довге	Коротке
Медіатор постгангліонарного волокна	Норадреналін	Ацетилхолін

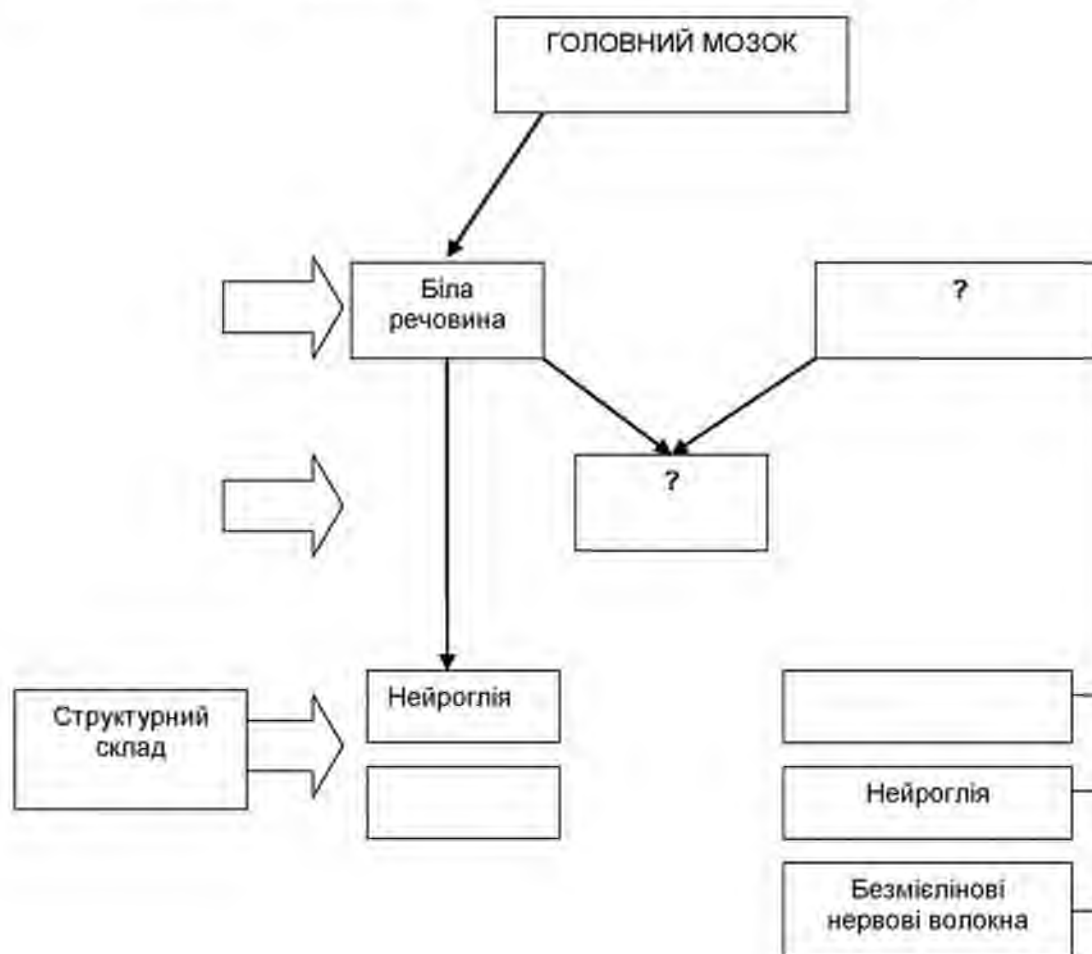
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Для перевірки рівня знань заповніть таблицю:

Гістофізіологія оболонок мозку

Оболонка	Тканинний склад	Функції

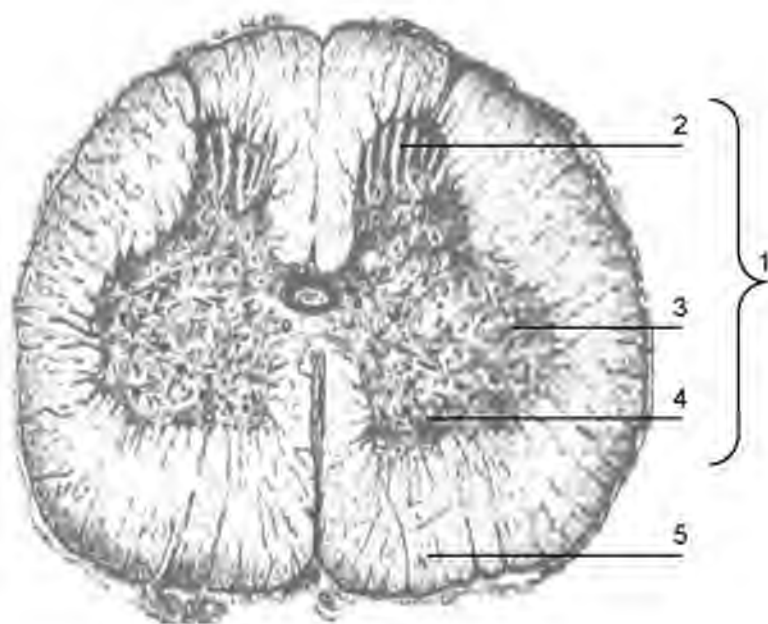
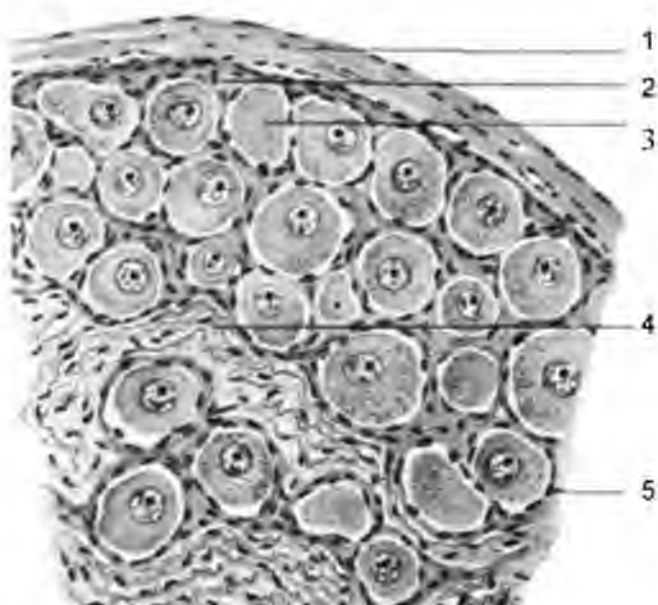
2. Заповніть порожні осередки в графі логічної структури



3. Для відпрацювання навичок діагностики визначте структури нервової системи і розшифруйте цифрові позначення на малюнках:

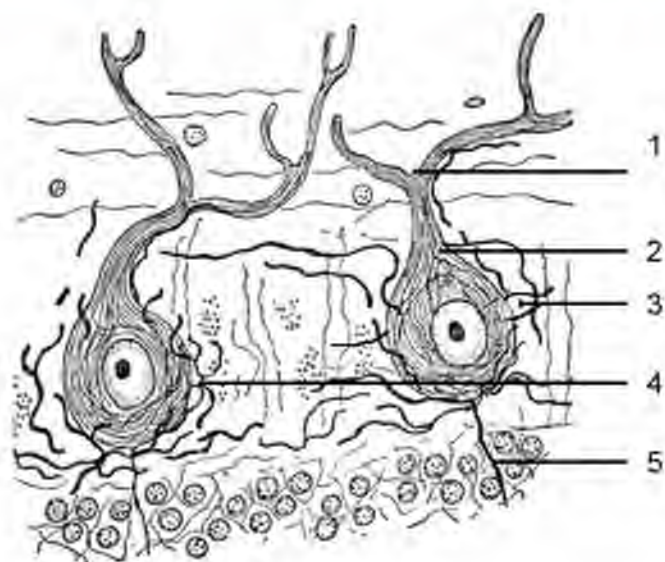
Назва органу: _____

- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____



Відділ нервової системи: _____

- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____



Відділ нервової системи: _____

- 1 –
- 2 –
- 3 –
- 4 –
- 5 –

ОРГАНИ ЧУТТЯ

АКТУАЛЬНІСТЬ: Організм людини тісно пов'язаний із зовнішнім середовищем. Більше того, його функціонування за фізіологічних умов залежить від стану зовнішнього середовища. Інформація ззовні потрапляє через сенсорні системи (аналізatori), невід'ємним компонентом яких є органи чуття. Останні не тільки забезпечують сприйняття зовнішніх сигналів (світло, хімічні та механічні фактори), але й включають систему адаптації організму людини до умов змін навколишнього середовища, які є змінними (температура, світло, запах, візуальні об'єкти). Процес навчання (в тому числі вивчення гістології) також, багато в чому, залежить від роботи аналізаторів (орган зору – при читанні підручника, діагностуванні гістологічних препаратів; орган слуху – при роботі з викладачем на лекціях та практичних заняттях). В цілому, вивчення морфології органів чуття лежить в основі розуміння механізмів та наслідків порушення роботи аналізаторів (порушення зору при патології сітчастої оболонки, катаракті глаукомі, слуху, тощо) на подальших етапах навчання. Крім того, це важливо для розуміння принципів дії різних видів терапії (рефлексотерапія, ароматерапія, фототерапія та ін.), в основі яких лежить вибіркова стимуляція органів чуття.

МЕТА навчання (загальна): вміти інтерпретувати структурно-функціональну організацію органів чуття, трактувати клітинні основи та принципи сприйняття різних видів інформації із зовнішнього середовища для розуміння механізмів та наслідків порушення роботи сенсорних систем на подальших етапах навчання.

Конкретні цілі:

1. Трактувати структурні основи функціонування аналізаторів.
2. Інтерпретувати клітинні основи сприйняття різноманітних сигналів із зовнішнього середовища.
3. Аналізувати будову органу зору та морфологічні основи роботи функціональних апаратів ока.
4. Інтерпретувати структурні детермінанти діяльності органу слуху і рівноваги.
5. Характеризувати будову і функціональне значення органів смаку, нюху та дотику.

ЗМІСТ НАВЧАННЯ

Аналізатор – складна нейродинамічна система, яка обумовлює зв'язок організму із зовнішнім середовищем. Аналізатори включають сукупність органів і структур, які забезпечують:

- сприйняття подразників;
- перетворення зовнішньої енергії в нервовий імпульс;
- передачу інформації до кіркових центрів;
- аналіз отриманої інформації та формування відчуттів;
- формування реакції у відповідь на зовнішні подразники.

В аналізаторі виділяють три складові:

1. Периферійна частина – рецепторна частина органу чуття.
2. Проміжна частина – провідні шляхи та підкоркові центри.
3. Центральна частина – кора великих півкуль – її сенсорні зони (де відбувається синтез, аналіз усієї отриманої інформації).

Органи чуття – це периферійна частина аналізатора в сукупності з допоміжними апаратами. Органи чуття забезпечують сприйняття інформації (стимулу) та трансформацію її у нервовий імпульс.

Класифікація органів чуття:

- **I тип** – первинно-чутливі – інформацію сприймають нейросенсорні клітини;
- **II тип** – вторинно-чутливі – стимули сприймають сенсоепітеліальні клітини;
- **III тип** – рецепторні зони представлені аферентними нервовими закінченнями чутливих нейронів (спинномозкових та черепно-мозкових гангліїв).

Тип рецептора	Рецептор	Орган чуття
I тип	Нейросенсорні клітини	Орган зору, орган нюху
II тип	Сенсоепітеліальні клітини	Орган слуху, орган рівноваги, орган смаку
III тип	Аферентні нервові закінчення	Орган дотику, пропріо-інтерорецептори

ОРГАН ЗОРУ

Око – орган зору, представлений периферійною частиною зорового аналізатора, в якому рецепторну функцію виконують нейрони – фотосенсорні клітини сітчастої оболонки.

До складу органу зору входять:

- очне яблуко;
- зоровий нерв;
- окорухові м'язи;
- повіки;
- слезовий апарат.

Джерела розвитку органу зору:

- ектодерма (кришталик, передній епітелій рогівки);
- мезенхіма (рогівка, склера, судинна оболонка, склисте тіло);
- нервовий гребінь (меланоцити та гладкі міоцити райдужки і війкового тіла тіла);
- нервова трубка (сітківка, зоровий нерв).

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови: оболонковий шаруватий.

В органі зору є кілька порожнин:

- передня камера;
- задня камера;
- велика порожнина, заповнена склистим тілом.

Передня і задня камери заповнені внутрішньоочною рідиною (водяниста волога – aqueous humor).

В стінці очного яблука виділяють 3 оболонки:

- зовнішня оболонка (фіброзна) – tunica fibrosa bulbi;
- середня оболонка (судинна) – tunica vasculosa bulbi;
- внутрішня оболонка (сітківка) – tunica interna bulbi, retina.

Зовнішня (фіброзна) оболонка утворена щільною волокнистою сполучною тканиною. Більша її частина формує склеру.

Власне-судинна оболонка представлена пухкою волокнистою сполучною тканиною (ПВСТ) з великою кількістю меланоцитів (тому тканину називають також пігментною) та судин. В судинній оболонці виділяють 4 пластинки:

1. Надсудинна пластинка – утворена ПВСТ, багата на меланоцити.
2. Судинна пластинка – ПВСТ, що містить артерії та вени середнього калібру. В сполучній тканині багато фібробластів та локально розташованих меланоцитів.
3. Хоріокапілярна пластинка – ПВСТ, що містить гемокапіляри, які йдуть від судин судинного шару.
4. Базальний комплекс – включає два шари:
 - зовнішній – сплетіння колагенових та еластичних волокон;

ОРГАНИ ЧУТТЯ

- Внутрішній – колагенові волокна та базальна мембрана пігментного епітелію.

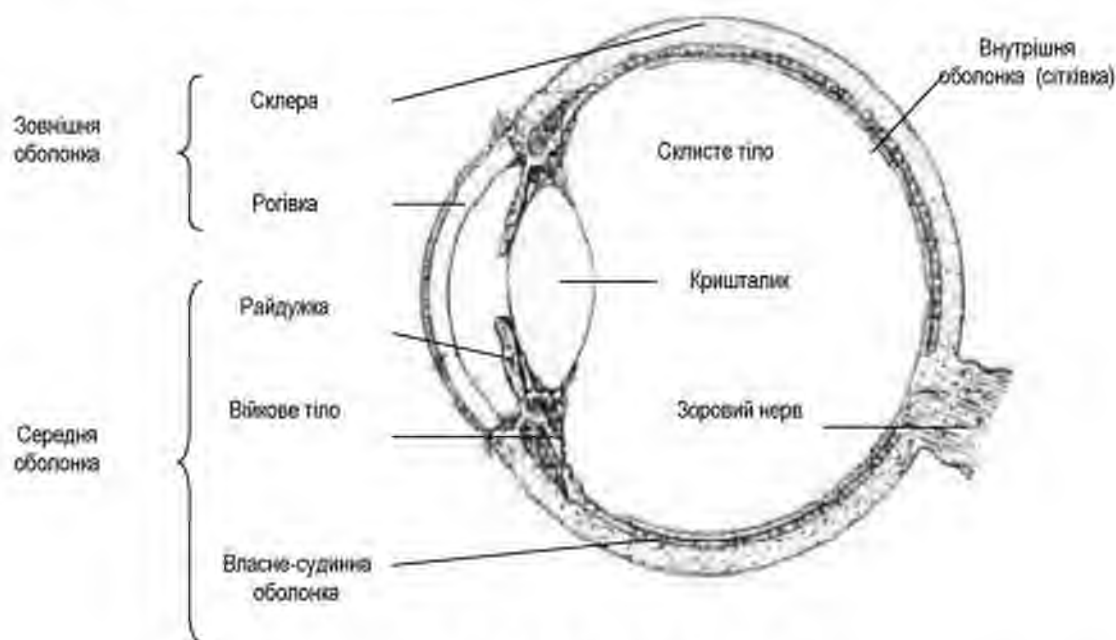


Рис. 13. Очне яблуко. Схема

Гистологія, ембріологія, цитологія / Под ред. Э.Г.Улумбекова, Ю.А.Чельшева - 2009.

Тканинний склад оболонок

Оболонки	Частини очного яблука	Структури оболонок	Тканинний склад	Функція
Зовнішня	Передня	Рогівка	Щільна оформлена волокниста сполучна тканина, передній та задній епітелії	Світло-заломлення, захисна
	Задня	Склера	Щільна оформлена волокниста сполучна тканина	Захисна
Середня	Передня	Райдужка	ПВСТ + гладкі міоцити + меланоцити	Акомодація
		Війкове тіло	ПВСТ + гладкі міоцити	
	Задня	Власно судинна оболонка	ПВСТ + меланоцити + судини	Трофіка

ОРГАНИ ЧУТТЯ

Внутрішня	Передня	Сліпа частина	Безпигментний і пигментний епітелій	Участь у фільтрації водянистої вологи
	Задня	Сітчатка	Нервова тканина та пигментний епітелій	Рецепторна функція

Функціональні апарати ока

В оці виділяють 4 функціональних апарати:

- діоптричний;
- аккомодацийний;
- рецепторний;
- додатковий (повіки, м'язи, слезовий апарат).

Повіки – це шкірні складки, вистелені зсередини кон'юнктивою. В її складі виділяють багат шаровий плоский незроговілий епітелій і власну пластинку слизової. Основу повік ближче до задньої поверхні утворює щільна оформлена сполучна тканина. Ближче до передньої поверхні розміщений кільцевий м'яз, який регулює підняття та опускання повік. По краю повіки розмішені вії, у воронку кореня яких відкриваються вивідні протоки сальних залоз та видозмінені потові.

Слезовий апарат – утворений слезовими залозами, слезовим мішком та слезино-носовим каналом. Слезові залози – це складні, розгалужені альвеолярно-трубчаті залози, які виробляють слезову рідину, що складається з: води, слизу, іонів хлору, ферменту лізоциму та білка альбуміну. Рідина накопичується у слезовому мішку, який вистелений дворядним епітелієм. Звідти слезова рідина потрапляє в носову порожнину через слезово-носовий канал, вистелений багаторядним епітелієм.

Окорухові м'язи – утворені волокнами поперечно-полосатої скелетної м'язової тканини, які одним кінцем прикріплюються до склери, другим кінцем до надкисниці очниці. Робота м'язів регулюється окоруховим та відвідним нервами.

ДІОПТРИЧНИЙ АПАРАТ

Всі структури діоптричного апарату мають різні джерела розвитку та тканинний склад, але їм притаманні загальні ознаки:

- відсутність кровоносних судин;
- прозорість;

- висока гідрофільність – у зв'язку з властивістю зв'язувати воду. В рогівці та в склистім тілі данні властивості обумовлені високим вмістом сульфатованих глікозаміногліканів, в кришталіку – білків кристалінів.

Характеристика функціональних апаратів ока, які забезпечують світосприйняття

Апарат	Структурні компоненти апарату	Функція
Діоптичний	Рогівка, водяниста волога передньої та задньої камер, кришталік, склистим тіло	Заломлення світла
Акомодаційний	Райдужка, війкове тіло з війковими відростками, які фіксують волокна війкового кільця	Прийняття бачення на різній відстані та при різному освітленні.
Рецепторний апарат	Сітківка	Рецепторна

Рогівка (cornea) – передня найбільш випукла прозора частина очного яблука.

- у людини займає 1/5-1/6 товщини зовнішньої оболонки ока;
- має вид лінзи, повернутої увігнутою частиною до передньої камери ока;
- місце переходу рогівки в склеру (тонка смужка шириною до 1 мм) називається **лімбом**;
- у рогівці немає кровоносних судин;
- у рогівці багато чутливих нервових закінчень, які забезпечують тактильну, больову та температурну чутливість, яка лежить в основі захисних рефлексів рогівки.

Будова рогівки:

В рогівці виділяють 5 шарів:

- передній епітелій – багат шаровий плоский незроговілий – забезпечує захист за рахунок шарів, має високу регенерацію і велику кількість нервових закінчень. Їх подразнення веде до вмикання захисних рефлексів;
- передня погранична пластинка (мембрана Боумена);
- власна речовина рогівки – найтовстіший шар рогівки (9/10), представлений пластинами колагенових волокон ортогональною

орієнтацією (перпендикулярне направлення волокон в сусідніх пластинках) і протеогліканами, багатими сульфатованими глікозаміногліканами. Між пластинками матриксу розміщені клітини рогівки – кератоцити – спеціалізовані фібробласти;

- задня погранична пластинка (Десцеметова мембрана);
- задній епітелій (ендотелій) – одношаровий плоский, здійснює транспорт речовин та трофіку рогівки.

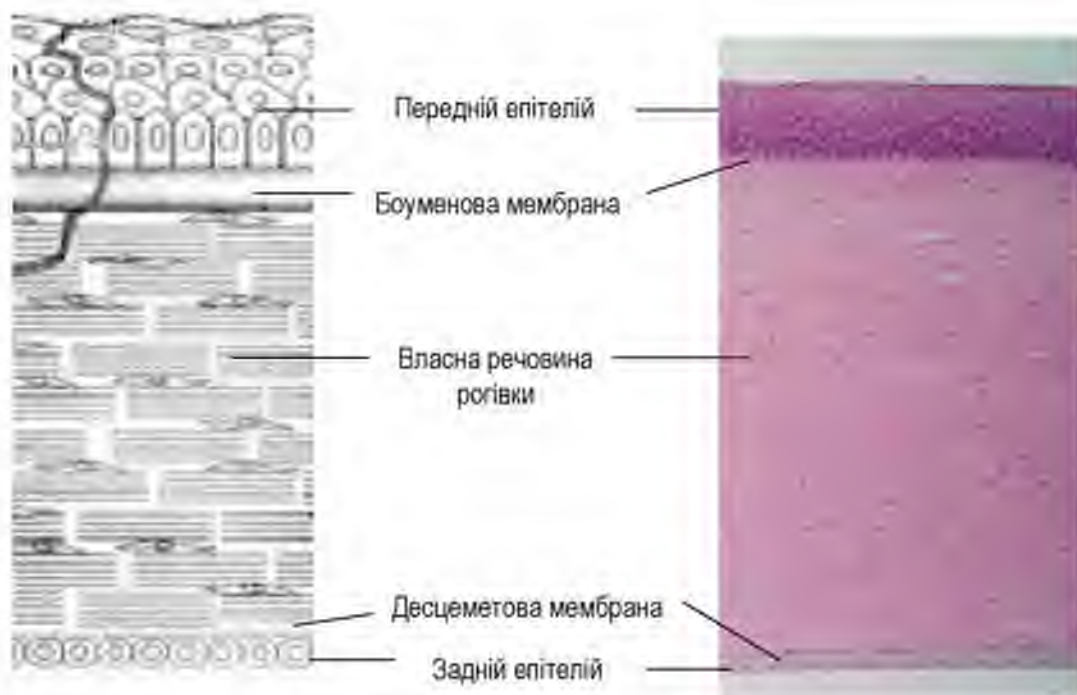


Рис. 14. Рогівка.
А – схема, Б – гістологічний препарат.

Прозорість рогівки визначається будовою та хімічним складом власної речовини рогівки:

- немає кровоносних судин;
- міжклітинна речовина містить колагенові волокна (колаген I типу), які утворюють пластини. В кожній пластині волокна розміщені паралельно одне одному;
- клітини власної речовини рогівки (кератоцити) продукують велику кількість сульфатованих глікозаміногліканів (кератин- та хондроїтинсульфати), які пов'язують воду. Це забезпечує високу гідрофільність та прозорість рогівки.

Трофіка рогівки здійснюється за рахунок:

- водянистої вологи, речовини з якої транспортуються через ендотелій рогівки;

- судин лімба. Лімба – ділянка переходу рогівки в склеру. Звідси поживні речовини та кисень транспортуються у напрямку від периферії до центру рогівки.

Регенерація рогівки здійснюється за рахунок лімбальних стовбурових клітин розмішених в області лімба.

ВОДЯНИСТА ВОЛОГА

Водяниста волога (внутрішньоочна рідина) заповнює передню та задню камери ока.

Передня камера – розміщена між рогівкою, райдужкою та кришталиком.

Задня камера – розміщена між райдужкою, відростками війкового тіла, війковим пояском та кришталиком.

Склад водянистої вологи – рідина, гіпертонічна порівняно з плазмою крові. Характерним є високий вміст антиоксидантів (аскорбінова кислота), гіалуронової кислоти, факторів росту та протизапальних цитокінів.

Об'єм водянистої вологи залежить від балансу двох процесів – фільтрації і реабсорбції.

В нормі відбувається постійне утворення, циркуляція та реабсорбція водянистої вологи. Порушення даного процесу лежить в основі розвитку глаукоми (підвищення внутрішньоочного тиску, що супроводжується порушенням трофіки структур ока та атрофією сітчастої оболонки).

Водяниста волога утворюється в задній камері ока. Даний процес відбувається у війкових відростках. Підтримання хімічного складу водянистої вологи залежить від роботи гемато-аквезного (гемато-офтальмічного) бар'єру війкових відростків.

Склад гемато-аквезного бар'єру:

- фенестрований ендотелій капілярів на базальній мембрані;
- периваскулярна пухка волокниста сполучна тканина;
- циліарний епітелій – складається з двох шарів з двома базальними мембранами.

Внутрішній шар – пігментний епітелій на базальній мембрані – межує з пухкою волокнистою сполучною тканиною.

Зовнішній шар – безпігментний епітелій на базальній мембрані, яка розташована на поверхні війчастих відростків, звернений до задньої камери.

Реабсорбція водянистої вологи – відбувається у куті передньої камери ока. Система відтоку включає: трабекулярну мережу та венозний синус (канал Шлемма), розташований у склері. Трабекулярна мережа розміщена в куті між рогівкою та коренем райдужки. Кожна трабекула складається зі стрижня колагенових волокон, вкритих клітинами ендотелію (трабекулярними клітинами).

Кришталік (lens) – прозора двояко випукла структура, по суті – «природна лінза» ока. Він прозорий, еластичний – може змінювати свою форму. Утримується **війковим пояском**.

Задня поверхня кришталіка прилягає до склистого тіла, спереду від нього знаходяться райдужка, передня та задня камери.

У кришталіку виділяють:

- ядро – центральна частина;
- кортикальну зону – периферична частина;
- росткову зону – розміщену в області екватора;
- передню поверхню, яка включає передню капсулу та епітелій кришталіка;
- задню капсулу, приєднану до склистого тіла.

Зовні кришталік вкритий капсулою, яка захищає кришталік від дії різних патологічних факторів.

Під капсулою на передній поверхні кришталіка знаходиться **епітелій кришталіка**. Це одношаровий кубічний епітелій. Він виконує бар'єрну та трофічну функцію, забезпечує транспорт амінокислот та води в середину кришталіка.

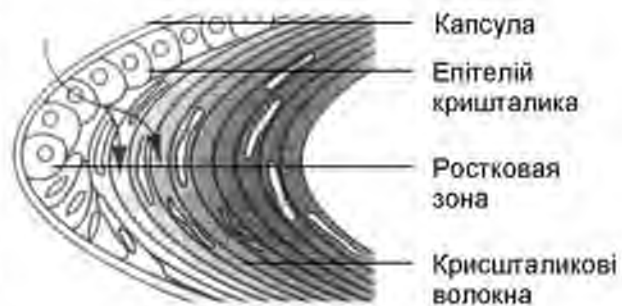


Рис. 15. Схема будови кришталіка.
Гистологія, ембріологія, цитологія / Под ред.
Э.Г.Улумбекова, Ю.А.Чельшева - 2009.

В області екватора клітини епітелію кришталіка стають призматичними і утворюють **росткову зону кришталіка** (є джерелом утворення клітин епітелію кришталіка та кришталікових волокон), забезпечує ріст та потовщення кришталіка.

Клітини росткової зони поділяються та диференціюються у кришталікові волокна.

Кришталикові волокна – шестикутні призми, які мають у своєму складі ядра. В цитоплазмі кришталикових волокон знаходиться прозорий білок – **кристалін**.

По мірі диференціювання кришталикові волокна накопичують кристалін, втрачають ядра та переміщуються до центру, формуючи **ядро кришталіка**.

Кришталік утримується в оці за допомогою війкового пояску. Війковий поясок прикріплений до війкового тіла.

Функція: Кришталік виконує роль лінзи, форма якої змінюється під час акомодатії. Показник заломлення 1,42.

Трофіка кришталіка: Кришталік не містить судин. Його трофіка здійснюється за рахунок дифузії речовин із водянистої вологи задньої камери через епітелій кришталіка. Ці клітини містять у плазмолемі велику кількість іонних насосів, **аквапорнів** – каналів для транспорту води, і транспортерів для глюкози та амінокислот. Крім того, на задній поверхні можливий обмін речовин між кришталіком та склистим тілом.

Вікові зміни: Наявність росткової зони з клітинами, що діляться, зумовлює постійне утворення нових кришталикових волокон. Внаслідок цього товщина кришталіка з віком збільшується. Порушення трофіки, захисту та механізмів диференціювання кришталикових волокон може призвести до розвитку катаракти.

Склисте тіло – прозора желеподібна міжклітинна речовина, яка заповнює порожнину між кришталіком та сітківкою. Заломлює світло. Показник заломлення 1,33.

За хімічним складом склисте тіло унікальне – його міжклітинна речовина містить колагени II, V і IX типів, та протеоглікани з сульфатованими глікозаміногліканами. Це забезпечує його прозорість та здатність зв'язувати воду.

АККОМОДАЦІЙНИЙ АПАРАТ

Всі структури акомодативного апарата мають загальні ознаки:

- наявність гладких міозитів нейтрального походження;
- наявність меланоцитів;

- багата інерція волокнами симпатичної та парасимпатичної нервової системи.

Райдужна оболонка – дископодібне утворення з отвором мінливої форми величини (зіниця) у центрі. Розміщений між рогівкою та кришталиком на межі передньої та задньої камерами ока.

Складається з 5 шарів:

- Передній епітелій – плоскі полігональні клітини.
- Зовнішній пограничний шар – ПВСТ + меланоцити.
- Строма райдужки включає до складу передній безсудинний та задній судинний шар – ПВСТ + кровоносні судини + меланоцити.
- Внутрішній пограничний шар.
- Задній пігментний епітелій.

Колір очей визначається комплексом чинників. Ключовим фактором є кількістю меланіну (чисельність меланосом в меланоцитах і концентрація в них меланіну) у зовнішньому пограничному шарі райдужки. Кількість меланіну визначається експресією декількох генів, ключовими серед них вважаються *oca2* і *HERC2*. Обидва розташовані у 15 хромосомі.

Висока щільність меланіну визначає повне поглинання світла і темний (карій) колір очей. При меншій кількості меланіну в райдужці довгохвильова частина спектру світла (червоний і жовтий кольори) поглинаються, тоді як короткі хвилі (синій спектр) відображаються (Релєєвське розсіювання). Інтенсивність розсіювання залежить від щільності розташування колагенових волокон в передньому пограничному шарі райдужки. За умов низької щільності волокон світло проходить вільно через матрикс переднього пограничного шару, і відображення короткохвильового (синьої) частини спектра визначає синій колір очей. Щільне розташування волокон в матриці викликає посилене розсіювання світла, що веде до появи блакитного (або сірого) кольору очей. Зелений колір очей є результатом поєднання пігментації райдужки за рахунок меланіну з синім тоном, який формується в результаті розсіювання відбитого світла.

Функції райдужки:

- фотозахист (захист від ультрафіолетового випромінювання, що викликає ушкодження клітин);
- пристосування до інтенсивного освітлення. В темряві зіниця розширюється, а на світлі – звужується. Це відбувається за допомогою м'язів, що розширює (дилататор – іннервується симпатичними нервами, медіатор – норадреналін) чи звужує

зіницю (сфінктер – іннервується парасимпатичними волокнами, медіатор – ацетилхолін).

Війкове тіло – похідне судинної та сітчастої оболонки. Основа – війковий м'яз – гладкі м'язові клітини. Від війкового м'яза відходять війкові відростки.

При скороченні м'язів війкового тіла відбувається розслаблення війкового пояску, і кришталік набуває випуклої (округлої) форми (велика заломлююча сила – дозволяє розглядати предмети зблизька, наприклад, при читанні книги або при мікроскопії в процесі вивчення гістологічного препарату). Розслаблення війкового м'язу призводить до натягнення війкового поясу. При цьому кришталік витягується та стає плоским – оптимально для бачення предметів, розташованих на далекій відстані.

Функція – зміна кривизни кришталіка – акомодация, тобто здатність бачити предмети, розташовані на різній відстані.

ФОТОРЕЦЕПТОРНИЙ АПАРАТ

СІТКІВКА – відрізняється за будовою в передній та задній частині ока. В сітчастій оболонці виділяють:

- передню – сліпу частину (війкове тіло та задня поверхня райдужки);
- задню – зорова частина + сліпа пляма (вихід зорового нерва) + жовта пляма – ділянка найкращого бачення.

ЗОРОВА ЧАСТИНА СІТЧАТОЇ ОБОЛОНКИ

Тканинний склад: нервова тканина + пігментний епітелій.

Пігментний епітелій – шар кубічних або призматичних клітин з базально розміщеним ядром та гранулами меланіну. На апікальній поверхні клітин – відростки. При інтенсивному освітленні їх довжина збільшується та гранули меланіну переміщуються до відростків, захищаючи фотосенсорні клітини від пошкодження.

Функції пігментного епітелію:

- захист нейронів сітківки від світла;
- трофіка – забезпечує транспорт речовин зі сторони судинної оболонки;
- фагоцитоз пошкоджених зовнішніх сегментів фоторецепторних клітин сітчастої оболонки.

Нервова тканина сітківки представлена нейронами та нейроглією.

Нейрони сітківки:

- фотосенсорні клітини;
- біполярні клітини;
- гангліонарні клітини.

ФОТОСЕНСОРНІ КЛІТИНИ

Фотосенсорні клітини представляють собою біполярні нейрони. Кожен нейрон має тіло та два відростки – дендрит та аксон.

Дендрит фотосенсорних клітин спеціалізований та містить особливі структури:

- два сегменти (зовнішній та внутрішній), а також відділ, який їх зв'язує;
- диски (напівдиски), що містять зоровий пігмент (в зовнішньому сегменті);
- війки (в складі зв'язуючого відділу);
- еліпсоїд – структура, що складається з ліпідної краплини, яка оточена мітохондріями.

В сітчастій оболонці людини виділяють 2 види фоторецепторних клітин – палички та колбочки.

Паличкові та колбочкові нейрони відрізняються за: кількістю; розміром; розташуванням; будовою; функціями.

Особливості будови паличкових та колбочкових фотосенсорних клітин

Клітина	Паличкова	Колбочкова
Зовнішній сегмент відростка	Циліндрична форма 1000-1500 мембранних дисків, заповнені зоровим пігментом	Конічна форма Диски незамкнуті
Пігмент	Родопсин	Йодопсин
Внутрішній сегмент відростка	Діаметр внутрішнього сегменту дорівнює діаметру зовнішнього. Мітохондрії, центріолі, гранулярна та агранулярна ендоплазматична сітка	Діаметр внутрішнього сегмента перебільшує діаметр зовнішнього. Гранулярна та агранулярна ендоплазматична сітка, еліпсоїд = ліпідна краплина + мітохондрії
Ядро	Дрібне, округле	Велике, округле, світле
Зір	Чорно-білий	Кольоровий
Кількість	130 млн., розміщені по всій сітківці	6-7 млн., розміщені в зоні жовтої плями

Розрізняють 3 види колбочок, за чутливістю до різної довжини хвиль світла (кольорам):

- колбочки S-типу чутливі до фіолетово-синіх (S від англ. Short – короткохвильовий спектр),
- M-типу – зелено-жовтих (M від англ. Medium – середньохвильовий),
- L-типу – жовто-червоних (L від англ. Long – довгохвильовий) частин спектру.

Наявність цих 3 видів колбочок забезпечує кольорове бачення.

Біполярний нейрон – вставний нейрон, який передає сигнали від фотосенсорних нейронів на гангліонарний нейрон.

З одним інтернейроном, який збирає сигнал в сітківці, як правило, пов'язані декілька паличок (конвергенція), що додатково збільшує чутливість ока.

Регуляція синаптичної передачі між нейронами сітківки здійснюється за допомогою:

- **горизонтальних клітин** (мультиполярні нейрони) – дендрити і аксон пов'язані з аксонами паличкових та колбочкових клітин, а також з дендритами біполярних клітин;
- **амакринних клітин** (уніполярний нейрон) – регулюють передачу інформації між аксоном біполярної клітини та дендритом гангліонарного нейрона.

Гангліонарні нейрони – найкрупніші, розміщені в один ряд.

Це мультиполярні нейрони. Їх дендрити формують синапси з аксонами біполярних нейронів. Аксони гангліонарних нейронів формують зоровий нерв.

Зона конвергенції всіх аксонів гангліонарних нейронів – **диск зорового нерва**, його також називають **сліпою плямою**. Тут відсутні фоторецепторні клітини, і зоровий нерв покидає очне яблуко.

Нейроглія:

- **клітини Мюллера** – великі відростчаті клітини, які формують внутрішню та зовнішню гліальну пограничну мембрану.
- **Астроцити**. Разом з Мюллеровими клітинами формують гемато-ретинальний бар'єр.

ШАРИ СІТКІВКИ

Завдяки порядку розташуванню 3 видів перерахованих вище нейронів, в сітківці виділяють 10 шарів:

- **Пігментний епітелій.**
- **Фотосенсорний шар** – містить дендрити фотосенсорних клітин – палочки та колбочки.
- Зовнішня гліальна погранична мембрана.
- **Зовнішній ядерний шар** – містить тіла фотосенсорних нейронів.
- **Зовнішній сітчастий шар** – тут розміщені синапси між аксонами фотосенсорних нейронів та дендритами біполярних нейронів.
- **Внутрішній ядерний шар** – включає тіла біполярних, амакринних, горизонтальних нейронів, та клітин Мюллера.
- **Внутрішній сітчастий шар** – зона синапсів між аксонами біполярних нейронів та дендритами гангліонарних клітин.
- **Гангліонарний** – місце розташування перикаріонів гангліонарних нейронів.
- **Шар нервових волокон** – аксони гангліонарних клітин.
- **Внутрішня гліальна погранична мембрана**, формує вітрео-ретинальну межу.

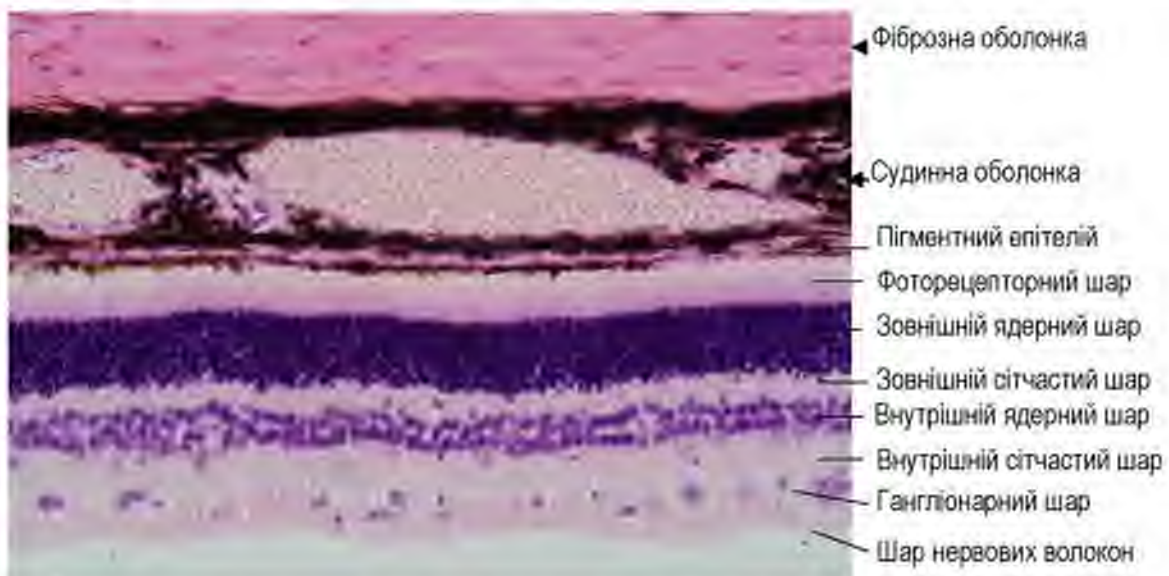


Рис. 16. Задня стінка ока. Забарвлення гематоксиліном та еозином. 36. 200.

Трофіка сітківки здійснюється з двох джерел:

- З боку судинної оболонки через пігментний епітелій;
- З судин, які потрапляють до сітківки з боку вітрео-ретинального з'єднання, і проникають до внутрішнього ядерного шару,

Зона найкращого зору

Зоною найкращого бачення вважають жовту пляму (макула). Саме тут розташовані колбочкові фотосенсорні нейрони, а товщина сітчастої оболонки тут мінімальна.

ОРГАН СЛУХУ ТА РІВНОВАГИ

Орган слуху та рівноваги є периферійною частиною статоакустичної сенсорної системи, його рецепторні клітини є **сенсоепітеліальними**, тому орган слуху і рівноваги відносять до вторинно чутливих органів чуття.

Функції. Орган слуху та рівноваги сприймає наступні подразнення:

1. звуки;
2. лінійні прискорення;
3. кутові прискорення (під час поворотів тіла);
4. вібрацію.

Джерела розвитку:

- слухові плакоти;
- гангліозна пластинка.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

До складу вуха входять 3 частини: зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо.

Характеристика органу слуху та рівноваги

Показники	Зовнішнє вухо	Середнє вухо	Внутрішнє вухо
Складові частини	вушна раковина (мушля); зовнішній слуховий прохід; барабана перетинка	барабанна порожнина; слухові кісточки; слухова (євстахієва) труба	кістковий лабіринт; перетинчастий лабіринт
Функція	уловлювання звукових коливань	перетворює звукові коливання на коливання рідини (перилімфи)	Сприйняття механічних коливань та їх трансформація у нервовий імпульс

Середнє вухо

Латеральна стінка барабанної порожнини утворена барабанною перетинкою, в медіальній стінці знаходяться два отвори: кругле та овальне вікна, що з'єднують барабанну порожнину з внутрішнім вухом. В барабанній порожнині розміщені три слухові кісточки: молоточок, коваделко та стремінце. Їх функція полягає у передачі механічних коливань з барабанної перетинки на мембрану овального вікна.

Внутрішнє вухо

Представлено системою порожнин в пірамідці скроневої кістки (кістковий лабіринт). В середині кісткового лабіринту розташований **перетинчастий лабіринт**, у складі якого розташовані рецепторні зони, що містять волоскові (сенсоепітеліальні) клітини.

Рецепторні (сенсоепітеліальні) клітини органу слуху та рівноваги називають волосковими.

Характеристика внутрішнього вуха

Кістковий лабіринт	Перетинчастий лабіринт	Локалізація рецепторних зон	Функція	
			Сприйняття звуку	Орган слуху
Завитка	Канал завитки – трикутна форма, має три стінки	Кортієв орган	Сприйняття звуку	Орган слуху
Присінок	Сферичний мішечок	Пляма (макула) сферичного мішечку	Сприйняття лінійних прискорень, вібрації	Орган рівноваги
	Еліптичний мішечок	Пляма (макула) еліптичного мішечку	Сприйняття лінійних прискорень	
Три півколові канали	Півколові протоки з ампулами (розміщені взаємно перпендикулярних площинах)	Ампульні гребені	Сприйняття кутових прискорень при поворотах голови та тіла	

Волоскові клітини кортієвого органу, макул і ампулярних гребенів мають загальні риси:

- Це епітеліальні рецепторні клітини (механорецептори).
- На апікальній поверхні наявні спеціалізовані мікрроворсинки – стереоцилії.
- В базальній частині містяться синаптичні пухирці.
- До базальної поверхні підходять аферентні (і еферентні) закінчення VIII пари ЧМН.
- Розташовані на підтримуючих клітинах.

Механізм збудження. Волоскові клітини є механорецепторами. Відхилення стереоцилії викликає відкриття катіонних каналів та деполяризацію мембрани – виникає рецепторний потенціал. Збудження передається волокнам вестибуло-кохлеарного нерву (за допомогою медіатора).

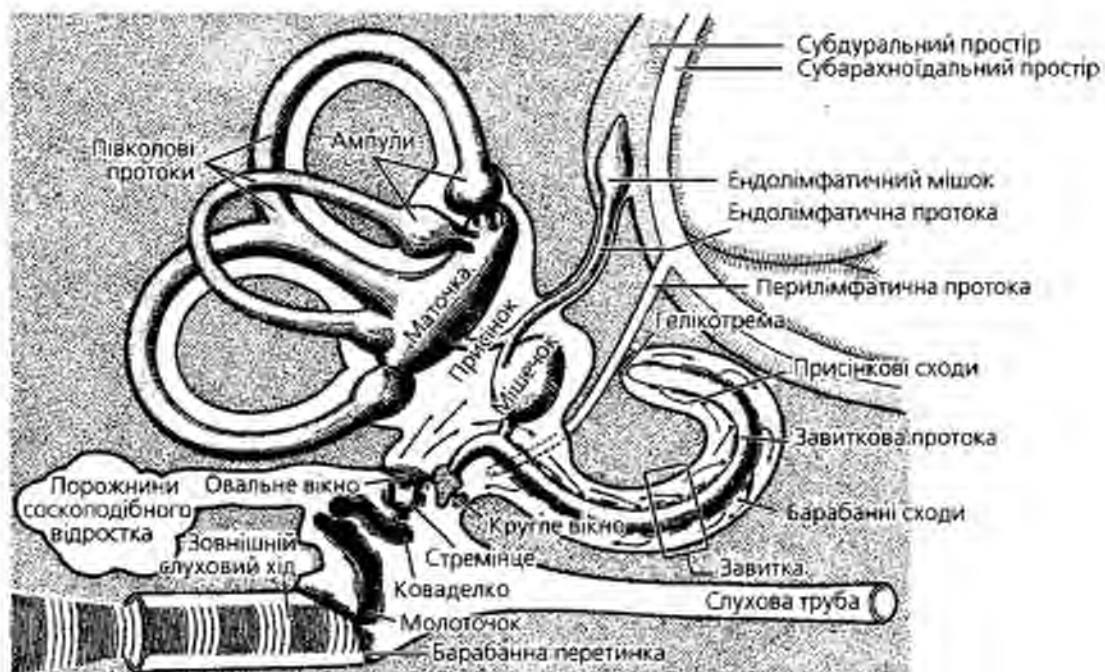


Рис. 17. Вухо. Кістковий та перетинчастий лабіринт. Схема.
Гістологія людини / Луцик О.Д. та співав. – 2013.

Рецепторна частина органу рівноваги - макула

Макули розташовані в сферичному та еліптичному мішечках.

Містить два типи епітеліальних клітин: волоскові та підтримуючі. Над ними розташовані отолітова мембрана, яка складається з желеподібної речовини та отолітових кристалів. Розрізняють волоскові клітини I та 2 типу. Волоскові клітини, окрім стереоцилії, мають також по одній кіноцилії (спеціалізована війка). Зміщення отолітової мембрани при лінійних рухах тіла викликає відхилення стереоцилії відносно кіноцилії, що веде до генерації рецепторного потенціалу.

Ампульні гребені – розташовані в ампулах півколових протоків. Мають аналогічну макулі будову, однак, на відміну від останньої стереоцилії волоскових клітин 1 та 2 типів занурені в желатинозний купол.

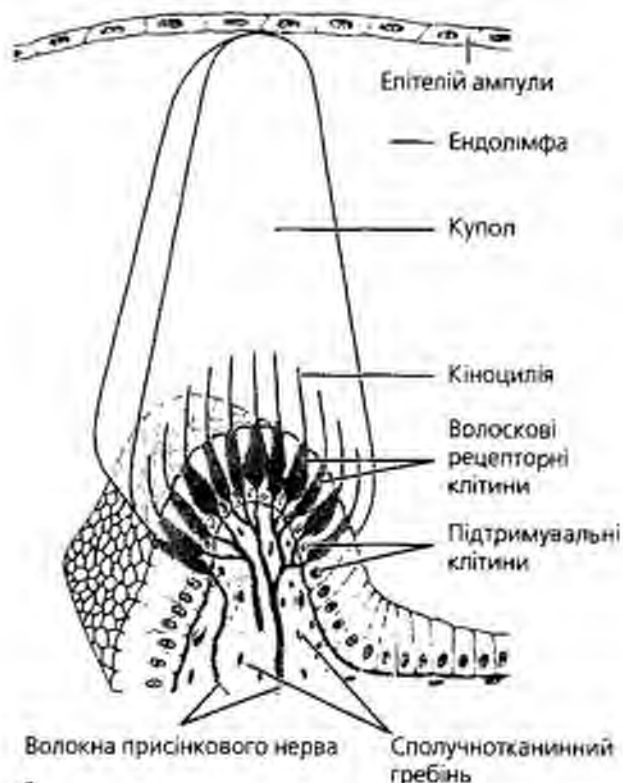


Рис. 18. Ампульний гребінь. Схема. Гістологія людини / Луцик О.Д. та співав. – 2013

При обертанні тіла желатинозний купол зміщується, викликаючи відхилення стереоцилій щодо кіноцилії, та збуджуючи сенсорну клітину.

Порівняльна характеристика волоскових клітин 1 та 2 типу органу рівноваги

Ознака	Клітина 2 типу (призматична)	Клітина 1 типу (грушоподібна)
Форма	Призматична	Округла
Апікальна поверхня	Кілька стереоцилій +1 кіноцилія	
Базальна поверхня	Нервові закінчення (аферентні та еферентні)	Нервові закінчення (аферентні)

Рецепторна частина органу слуху

Кістковий лабіринт завитки розділений на три порожнини:

- Присінкові (вестибулярні) сходи – зверху;
- Протока завитки - посередині;

- Барабанні сходи знизу.

Вестибулярні та барабанні сходи містять перилімфу, а протока завитки – ендолімфу. Вестибулярні та барабанні сходи сполучаються між собою на верхівці завитки через отвір – гелікотрему.

Протока завитки має форму трикутника. Її стінки утворені:

- вестибулярною мембраною – зверху;
- базиллярною мембраною – знизу;
- судинною смужкою – латерально.

Судинна смужка утворена пластом багат шарового епітелію, який містить капілярну мережу. Функція судинної смужки – продукція ендолімфи. Таким чином, епітелій судинної смужки – це єдиний епітелій, який містить судини.

Відмінності ендолімфи від перилімфи:

Перилімфа – це похідна ліквору; має подібний хімічний склад: містить багато іонів Na^+ та мало K^+ . **Ендолімфу** секретує епітелій судинної смужки, вона містить багато K^+ та мало Na^+ . Такий склад важливий для генерації рецепторного потенціалу волосковими клітинами.

На базиллярній мембрані каналу равлика розташований Кортієв (спіральний) орган.

Кортієв орган містить 2 основні групи клітин: **зовнішні та внутрішні**. Ці дві групи розділені між собою тунелем, який утворений підтримувальними клітинами-стовпами. В тунелі проходять дендрити нейронів спірального ганглія.

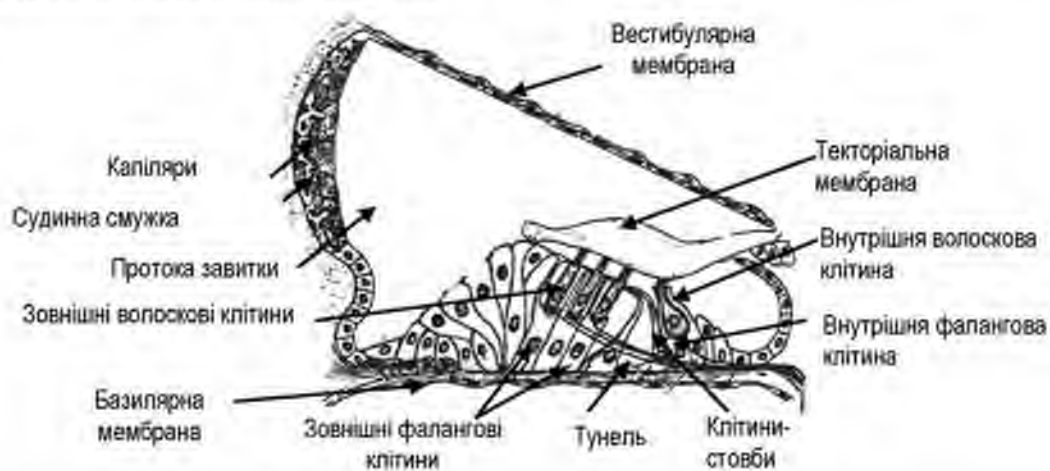


Рис. 19. Протока завитки. Схема.

Гистологія, ембріологія, цитологія / Под ред. Э.Г.Улумбекова, Ю.А.Челышева - 2009.

ОРГАНИ ЧУТТЯ

Підтримувальні клітини, що лежать по обидві сторони від тунелю називаються **фаланговими**. Вони утримують волоскові клітини за допомогою тонкого відростка-фаланги.

Внутрішні волоскові клітини лежать в 1 ряд, вони округлої форми.

Зовнішні волоскові клітини лежать в 3-5 рядів, циліндричної форми, їх стереоцилії утворюють на апікальній поверхні фігуру V. Стереоцилії пов'язані з покривною (текторіальною) мембраною, що лежить над ними.

Порівняльна характеристика зовнішніх та внутрішніх волоскових клітин

Параметри	Зовнішня волоскова клітина	Внутрішня волоскова клітина
Форма	Призматична	Округла
Кількість клітин	Більше (до 20 000)	Менше (3500)
Розміщення клітин	В 3-5 рядів	В 1 ряд
Стереоцилії	Розташовані у вигляді літери V	Розміщені лінійно
Нервові закінчення	Аферентні та еферентні	Аферентні

Шлях акустичних сигналів

Звукова хвиля – барабана перетинка – слухові кісточки – коливання перилімфи – коливання базилярної та текторіальної мембрани – коливання ендолімфи – збудження сенсоепітеліальних клітин – стимуляція дендритів нейронів спірального ганглію – імпульс передається по провідним шляхам до головного мозку.

ОРГАН НЮХУ

Орган нюху – периферійна частина нюхового аналізатору, представленого нюховою ділянкою слизової оболонки носа.

Нюхова область знаходиться у верхньому відділі порожнини носа, включаючи:

- верхню третину носової перегородки;
- верхню носову раковину.

Нюхові клітини є первинними рецепторами. Їх аксони об'єднуються в 20-40 нюхових ниток, які через отвори решітчастої кістки проникають в порожнину черепа та йдуть до нюхової цибулини (*bulbus olfactorius*).

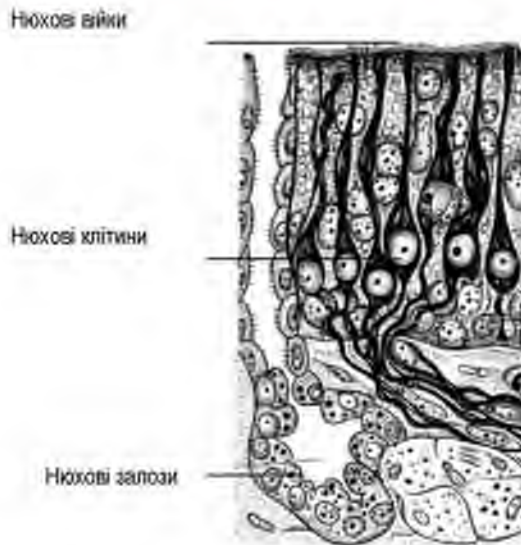


Рис. 20. Нюховий епітелій. Схема.
Гистология, цитология и эмбриология /
Афанасьев Ю.И. и соавт. – 2013.

ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ

Окрім розпізнання молекул (одорантів), викликаючи формування відчуття запаху, нюх відіграє важливу роль в модуляції: пам'яті, травної, захисної та статевої поведінки, емоцій.

Зв'язок нюхового аналізатору з регуляцією роботи вісцеральних систем використовується в медицині (ароматерапія). Застосування пахучих речовин може змінити загальну активність нервової системи, больову чутливість; вираження запальних процесів, роботу вісцеральних органів.

Джерелом розвитку є плакоти – потовщення ектодерми голови.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

До складу нюхової області носової порожнини входять:

- нюховий епітелій;
- власна пластинка: РВСТ з нюховими / боуменовими залозами.

Нюховий епітелій:

Морфологічно має жовтий колір за рахунок наявності в клітині пігменту.

Це **одношаровий багаторядний призматичний епітелій**. На відміну від дихальної частини, епітеліальні клітини не мають війок.

Клітинний склад.

- Нюхові нейросекреторні клітини.
- Підтримуючі епітеліальні клітини.
- Базальні клітини (прогенітори).

Характеристика нюхових клітин

Нюхові клітини – біполярні нейрони, мають тіло, дендрит та аксон. Є хеморецепторами, які реагують на хімічні молекули – одоранти.

- Тривалість життєвого циклу нюхових клітин становить близько 30-35 діб, їх оновлення відбувається кожні 2-4 тижні.
- Тіло нейронів розміщені в нижній частині нюхового епітелію, мають округле ядро.
- Дендрит – периферійний відросток, короткий, направляється до поверхні епітелію.
- Спеціалізація дендриту нюхової клітини проявляється наявністю сферичного стовщення (нюхова булава) у поверхні епітелію, на вершині якого знаходиться 10-12 нюхових війок.
- Війки рухомі, їх плазмолема містить рецептори, що взаємодіють з одорантами.
- Взаємодія одоранту з рецептором веде до формування нервового імпульсу.
- Рецептори до одорантів кодуються великим сімейством генів (близько 1000 генів, розмішені у більшості хромосом), однак доведена експресія лише 40% з них.
- Різні послідовності молекули одного одоранту можуть активувати різні типи сенсорних клітин.
- Аксон – центральний відросток, довгий, пронизує базальну мембрану нюхового епітелію.
- Аксони нюхових клітин збираються в 15-20 стволів і через отвір решітчастої пластинки у верхніх відділах порожнини носа направляються до нюхових цибулин.
- Характерна специфічність нюхових нейронів – різні нюхові клітини реагують лише на певні одоранти;
- Нюхові клітини певного типу зв'язуються з дендритами мітральних клітин у складі гломерули нюхових цибулин.

Нюхові цибулини є первинними нюховими центрами, де відбувається конвергенція та інтеграція нюхових сигналів. До нюхової цибулини потрапляють аксони нюхових нейронів, які формують синапси на розгалуженнях апікального дендрита однієї мітральної клітини. Близько 25 дендритів мітральних клітин разом з терміналами аксонів нюхових нейронів формують сферичне утворення – гломерули (нюховий клубочок). Розмір і кількість гломерул варіюють у різних ссавців. У людини налічують близько 1100-1200 гломерул. До одної

гломерули надходять аксони нюхових нейронів, що реагують на певний одорант.

У нюхових цибулинах виділяють 6 шарів:

- 1) шар нервових волокон;
- 2) шар клубочків (гломерул), в якому аксони нюхових нейронів утворюють синаптичні зв'язки з дендритами мітральних клітин. Між гломерулами розташовані короткоаксонні перигломерулярні клітини. Аксони цих клітин з'єднують їх з одною гломерулою, а дендритне дерево - з сусідньою.
- 3) зовнішній сітчастий шар з пучковими клітинами;
- 4) шар мітральних клітин;
- 5) внутрішній сітчастий шар;
- 6) зернистий шар, у складі якого виділяють зернисті клітини (клітини-зерна).

Аксони нюхових рецепторних клітин закінчуються складними синаптичними контактами на дендритах мітральних клітин, пучкових і перигломерулярних клітин. Клітини-зерна і перигломерулярні клітини є гальмівними.

Підтримувальні епітеліоцити – формують мікрооточення для нейросесорних клітин. Морфологічна характеристика:

- високі призматичні клітини;
- мають центрально розташоване овальне ядро;
- на апікальній поверхні – мікроворсинки;
- в цитоплазмі розвинена ГрЕПС, комплекс Гольджі;
- містить пігментні гранули, забезпечує жовтий колір.

Функції:

- опорна;
- секреторна – продукують мукопротеїни, що формують адгезивну плівку на поверхні нюхового епітелію.

Базальні епітеліоцити – мало диференційовані клітини (прогенітори), джерело регенерації нюхових та підтримуючих клітин.

Нюхові залози (боуменові залози): трубчасто-альвеолярні залози, розміщуються в власній пластинці слизової оболонки нюхової області. Виробляють слизовий секрет.

Слиз зволожує та захищає нюховий епітелій, крім того служить своєрідним фільтром для хімічних молекул.

Механізми сприйняття запаху:

Дослідження Лінди Бак і Річарда Ексель, присвячені молекулярній фізіології нюху, були удостоєні в 2004 р Нобелівської премії в області фізіології і медицини.

Проведення нюхового стимулу починається наступним чином:

- 1) Пахуча речовина розчиняється у слизу і зв'язується з рецептором на мембрані війок нюхової клітини.
- 2) Зв'язування одоранту з рецептором стимулює Gs-білок, який активує аденілатциклазу.
- 3) Аденілатциклаза каталізує утворення цАМФ, який в свою чергу стимулює відкриття іонних каналів, що забезпечує вхід іонів Na^+ і Ca^{2+} . На війках розташоване 2400 каналів/мкм² (на нюховій булавці та дендриті – лише 6 каналів/мкм²).
- 4) Вхід іонів визначає деполяризацію плазмолемни нюхового нейрону і формування потенціалу дії. Описано також участь в сигнальному паттерні фосфоліпази C з інозітолтрифосфатом і діацилгліцеролом. Крім того, обговорюється участь в механізмах збудження нюхових нейронів NO-синтази і оксиду азоту NO.
- 5) Нюхові клітини одного типу передають сигнали до певної гломерули нюхової цибулини. Характерне, що просторова організація останньої топографічно повторює розташування рецепторів в нюховій частині слизової оболонки носа.
- 6) Сигнал від аксона мітральних клітин досягає переднього нюхового ядра. Відростки його нейронів переходять через передню комісуру до мітральних клітин контралатеральної цибулини і формують нюховий тракт до первинної нюхової кори (піриформна кора, нюховий горбик, кортикальне ядро, мигдалина). Звідти нюховий сигнал надходить до гіпоталамусу, лімбічної системи, ретикулярної формації. Крім того, сигнал потрапляє до неокортексу (острівець, нюхова зона кори) безпосередньо або через таламус. Тут інформація, отримана від різних типів нюхових рецепторів, комбінується в певний набір, характерний для кожного запаху. Комбінація отриманих кодів формує специфічний паттерн (карту) запаху. Такі карти запахів лежать в основі нашої здатності розпізнавати, аналізувати і зберігати в пам'яті тисячі різних запахів.

ВОМЕРОНАЗАЛЬНИЙ ОРГАН

Вомероназальний орган (*орган Якобсона*) – периферійний орган додаткової нюхової системи.

Відділи вомероназальної системи:

- Рецепторна зона знаходиться на шляху повітря, що вдихається безпосередньо за ділянкою нюхового епітелію в проекції лемішу.

- Проміжна частина представлена без мієліновими волокнами вомероназального нерву, що проходять через отвір решітчастої кістки, з'єднуються з додатковими нюховими цибулинами (знаходиться на нижньо-внутрішній частині основи нюхової цибулини).
- З додаткової нюхової цибулини аксони других нейронів вомероназальної системи направляються в медіальне преоптичне ядро і гіпоталамус, а також у вентральну ділянку преамілярного ядра і середнє амігдаліярне ядро.

Морфологічна характеристика вомероназального органу:

- рецепторна частина схожа з нюховим епітелієм основного органу нюху;
- на рецепторних клітинах відсутні війки, але є нерухомі мікрворсинки.

Функціональне значення: роль у формуванні статевої поведінки і модуляції емоційної сфери. Вомероназальний орган реагує на феромони та інші летучі ароматні речовини, в більшості своїх невідчутних як запах або слабо сприймаються нюхом.

ОРГАН СМАКУ

Орган смаку – периферійна частина смакового аналізатору представлена смаковими бруньками, які розташовані у сосочках язика та слизової оболонки ротової порожнини глотки та гортані. Кількість смакових бруньок досягає 10 000. Смакова брунька має колбоподібну форму; у людини її довжина дорівнює 70 мкм.

Смак, так само як і нюх, побудований на хеморецепції. Смакові рецептори сприймають інформацію про характер та концентрацію речовин, що надійшли до рота. Їх збудження запускає складний ланцюг реакцій різних відділів мозку, активуючих функцію органу травлення та забезпечуючи видалення речовин, які потрапили до рота з їжею.

Локалізація. У дітей смакові бруньки локалізовані у товщі епітелію губ, твердого та м'якого піднебіння; у дорослих сконцентровані на язиці.

Язик – м'язовий орган. В ньому розрізняють корінь, середній відділ (тіло), кінець. Слизова оболонка язика покрита багаточисельним епітелієм та утворює багаточисельні відростки – сосочки.

Сосочки язика відрізняються за формою, розміром та локалізацією. Серед них розрізняють: ниткоподібні, грибоподібні, жолобкуваті та листовидні сосочки. Всі сосочки, за виключенням ниткоподібних, містять смакові бруньки.

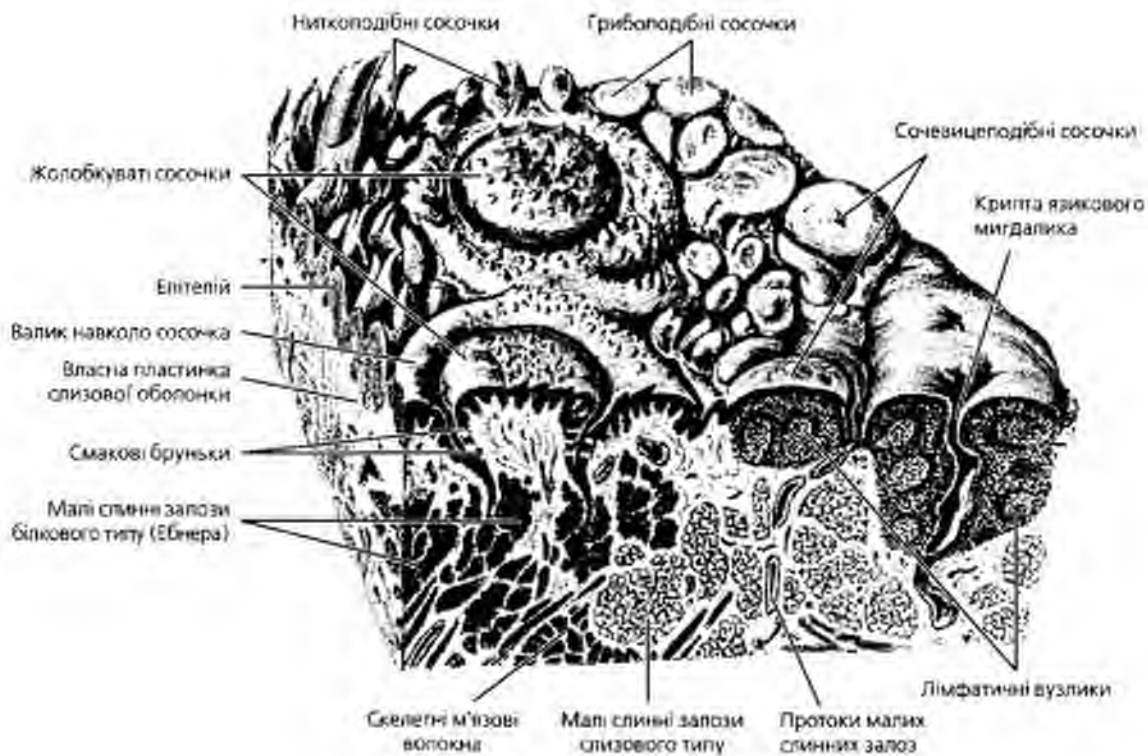


Рис. 21. Сосочки язика. Схема.

Гістологія людини / Луцик О.Д. та співав. – 2013

Смакові рецепторні клітини у смакових бруньках різних сосочків сприймають різний смак. Приблизно 25-30 % сосочків чутливі до одного із смакових подразників (солодкого, кислого, солоного, гіркого, умамі), інші сосочки сприймають 2-3, або навіть 4 подразники.

Різні ділянки язика відрізняються здібністю сприймати смакові подразнення. Так, кінчик язика найбільш чутливий до солодкого, його краї – до кислого та солоного, корінь – до гіркого. Середня частина спинки язика наділена відносно низькою чутливістю по відношенню до всіх смакових подразнень.

Будова смакової бруньки

Кожна смакова брунька знаходиться в товщі багат шарового плоского незроговілого епітелію, знаходиться на базальній мембрані, має форму цибулини або еліпсу. Вершина смакової бруньки звернена до поверхні й відкривається отвором – смаковою порою.

В кожну смакову бруньку входить декілька нервових волокон, що формують до 50 закінчень на сенсорних клітинах.

Клітинний склад смакової бруньки:

До складу смакової бруньки входить 40-60 клітин. Серед них розрізняють:

- **смакові сенсоепітеліальні клітини** – світлі циліндричні;
- **підтримувальні** – високі призматичні клітини з овальним ядром та темною цитоплазмою, в якій розвинені ГрЕПС, комплекс Гольджі, в апікальному поясі знаходяться гранули. Гранули містять мукопротеїни, які декретують в смакову пору, де знаходяться мікроворсинки сенсоепітеліальних клітин;
- **базальні** – мало диференційовані клітини, джерело регенерації;
- **перигемальні** – периферичні клітини, що відмежовують смакову бруньку від багат шарового епітелію.



Рис. 22. Смакова брунька.
Гістологія людини / Луцик О.Д. та співав. – 2013

Смакові сенсоепітеліальні клітини:

- високі, призматичної форми, довжина 10-20 мкм та ширина 3-4 мкм;
- має світлову цитоплазму;
- апікальна поверхня містить 30-40 мікроворсинок, які розташовані в смаковій порі;

- мають світле ядро та розвинений синтетичний апарат (ГрЕПС, КГ);
- базальний полюс утворює синапси з дендритами чутливих нейронів, інформація від яких надходить в підкіркові та кіркові центри;
- в базальному полюсі знаходяться синаптичні пухирці, що містять серотонін чи ацетилхолін.

Регенерація. Смакові клітини є найменш живучими серед всіх сенсорних клітин – їх життєвий цикл складає до 250 годин (близько 10 діб). По мірі диференціювання клітини зміщуються від периферії до центру смакової бруньки. Джерелом відновлення популяції смакових клітин є базальні клітини смакових бруньок.

Механізм сприйняття смаку

Сприйняття смакових сигналів (молекул) пов'язане з мікрворсинками сенсоепітеліальних клітин. На них розміщені активні центри – рецептори, вибірково сприймаючі різні адсорбтивні речовини. Взаємодія молекул з рецепторами супроводжується активізацією чутливих нервових закінчень.

Солодкі подразники активують в смакових рецепторних клітинах аденілатциклазу, що призводить до збільшення рівня цАМФ і генерації потенціалу дії.

Сприйняття **солоного** смаку визначається присутністю і концентрацією катіонів (натрій, калій та ін.). Важливу роль відіграє також наявність аніонів. Натрій, потрапляючи до цитоплазми сенсорних клітин через Na^+ -канали, викликає деполяризацію клітин.

Кислий смак. Присутність H^+ визначає зміну стану K^+ -каналів, що також викликає формування хвилі деполяризації.

Гіркоти. На сьогодні описано більше 50 сімейств генів, які кодують рецептори до гірких смаків. Кількість сенсорних білків, що беруть участь в сприйнятті гіркоти, специфічний для різних клітин. Окрема сенсорна клітина може експресувати кілька таких сенсорних білків, завдяки чому може розпізнавати різні гіркоти. Сприйняття гіркового смаку відбувається через рецептори, асоційовані з G-білком (α -гаструлін), ключовим вторинним месенджером в передачі сигналу є інозитол-3 фосфат.

Умамі. Окремі сенсорні клітини містять метаботропні глутаматні рецептори mGluR4, стимуляція яких веде до підвищення рівня цАМФ.

Чутливі смакові імпульси від язика надходять до первинного смакового центру у стовбурі мозку – nucl. solitarius за трьома основними каналами: від передніх 2/3 язика – по XIII нерву (1 нейрон)

(біполярна смакова клітина в *gangl. geniculi*), від задньої третини язика – по IX і X нервам (біполярна смакова клітина в *gangl. superius* и *gangl. inferius*). Надалі інформація передається до центру смаку головного мозку, де проходить вищий аналіз смакових відчуттів.

ОРГАН ДОТИКУ

Структури, які забезпечують дотик, не мають органної будови та представлені чутливими нервовими закінченнями – закінчення дендритів псевдо уніполярних нейронів, аксони яких направляються до спинного мозку.

При дії на механорецептори шкіри енергія подразника трансформується в нервеве збудження, яке по ланцюгу нейронів через таламус передається від периферичної частини шкірного аналізатору в його кіркову частину – в задню центральну звивину. У верхній частині її подається інформація про чутливість шкіри ніг в середній – рук та корпусу, в нижній – шкіри голови.

Морфологічним субстратом, що забезпечує сприйняття сигналів різної модальності, є чутливі **нервові закінчення**.

Дана інформація докладно викладена в темі «Шкіра та її похідні».

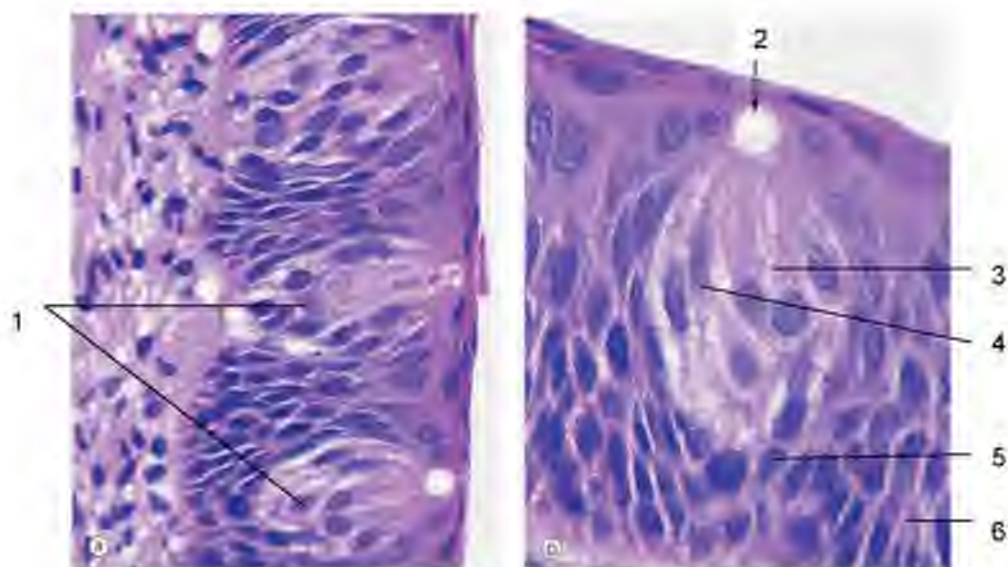
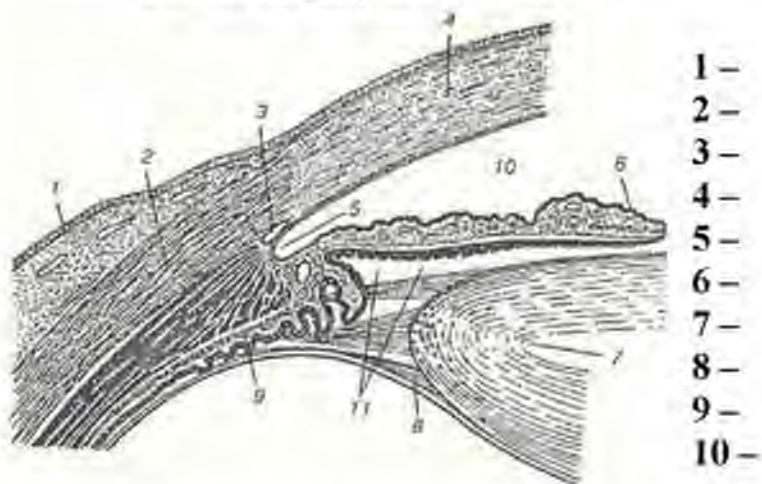
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Для перевірки рівня знань порівняйте будову сенсоепітеліальних клітин різних органів чуття, заповнивши таблицю.

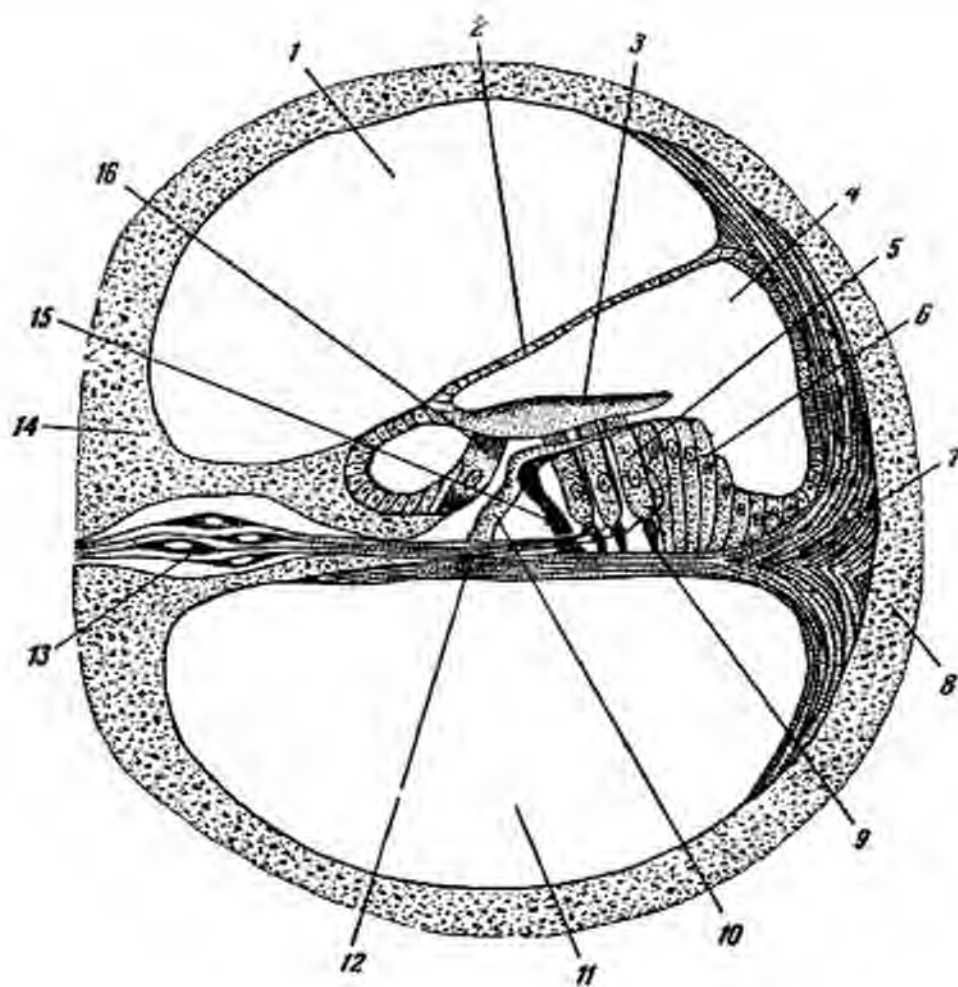
Ознаки	Нейросенсорні клітини		
	Орган зору	Орган нюху	
Локалізація			
Тип нейрону			
Особливості будови дендрита			
Особливості будови аксону			
Клітини, що формують оточення			
Сприйняття сигналу			
Ознаки	Сенсоепітеліальні клітини		
	Органа слуху	Органа рівноваги	Органа смаку
Локалізація			
Форма			
Будова апікальної поверхні			
Відношення з підтримуючими клітинами			
Характеристика нервових закінчень на клітинах			

ОРГАНИ ЧУТТЯ

2. Для відпрацювання навичок діагностики визначте структури, подані на рисунках:



- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____
- 5 - _____
- 6 - _____



- 1 - _____
- 2 - _____
- 3 - _____
- 4 - _____
- 5 - _____
- 6 - _____
- 7 - _____
- 8 - _____
- 9 - _____
- 10 - _____
- 11 - _____
- 12 - _____
- 13 - _____
- 14 - _____

СЕРЦЕВО-СУДИННА СИСТЕМА

АКТУАЛЬНІСТЬ. Патологія серцево-судинної системи займає провідне місце в структурі захворюваності та смертності людини. Знання закономірностей розвитку, будови та функціонування органів серцево-судинної системи лежить в основі розуміння адаптаційних реакцій (при фізичному навантаженні, стресі) та інтерпретації змін, що виникають в організмі людини за умов патології (інфаркт міокарду, артеріальна гіпертензія, атеросклероз).

Мета навчання (загальна). Вміти інтерпретувати структурні основи функціонування серцево-судинної системи.

Завдання навчання (конкретні цілі):

1. Визначати джерела розвитку й основні закономірності розвитку органів серцево-судинної системи.
2. Трактувати загальний план будови кровоносних та лімфатичних судин, тканинний склад і функціональне значення оболонок.
3. Інтерпретувати зв'язок між будовою судин різного калібру та гемодинамічними умовами.
4. Характеризувати розвиток, будову та принципи функціонування серця, диференціювати різні види кардіоміоцитів.
5. Інтерпретувати принципи нейрогуморальної регуляції органів серцево-судинної системи.

ЗМІСТ НАВЧАННЯ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

До складу серцево-судинної системи входять:

- серце;
- кровоносні судини;
- лімфатичні судини.

Функції серцево-судинної системи:

- транспорт поживних речовин, катаболітів, біологічно активних речовин;
- регуляція кровопостачання і функції органів;
- обмін речовин між кров'ю та тканинами;
- участь у запаленні та імунних реакціях;
- модуляція стану системи гемостазу.

Всі органи серцево-судинної системи зсередини вистелені **ендотелієм**.

Ендотелій морфологічно представляє собою шар плоских клітин, розташованих на базальній мембрані.

Функції ендотелію:

1. Бар'єр між кров'ю та тканинами.
2. Транспорт речовин – трофіка і екскреція.
3. Антитромбогенна (запобігання утворення тромбу).
4. При пошкодженні – запуск утворення тромбу.
5. Метаболічна
6. Регуляція тонуусу судин.
7. Регуляція адгезії лейкоцитів та їх міграції в тканини - запалення.

КРОВОНОСНІ СУДИНИ

Судини являють собою порожнисті трубки, в просвіті яких тече кров.

Джерело розвитку – мезенхіма.

Початок розвитку судин – на 3-у тижні ембріогенезу.

Класифікація кровоносних судин:

- артерії;
- вени;
- судини мікроциркуляторного русла.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ СУДИН

Тип будови – порожнистий оболонковий шаруватий.

Стінка судин складається з 3 оболонок :

- Внутрішня (tunica intima або interna).
- Середня (tunica media).
- Зовнішня (tunica adventitia або externa).

Тканинний склад оболонок:

1. **Внутрішня оболонка** визначає взаємодію з кров'ю і включає 3 шари:
 - ендотелій;
 - підендотелій – ПВСТ;
 - внутрішня еластична мембрана (є лише в артеріях).
2. **Середня оболонка** – забезпечує регуляцію тонуусу – складається в судинах з:
 - гладкої м'язової тканини – клітини веретеноподібної форми з паличкоподібним ядром;
 - еластичних елементів (волокна та мембрани) – в артеріях.
 - ПВСТ (у венах).

3. **Зовнішня оболонка (адвентиція)** – забезпечує трофіку стінки та захист від розривів – включає:
- ПВСТ з розвиненими пучками колагенових волокон.
 - Судини судин – vasa vasorum.
 - Нерви.

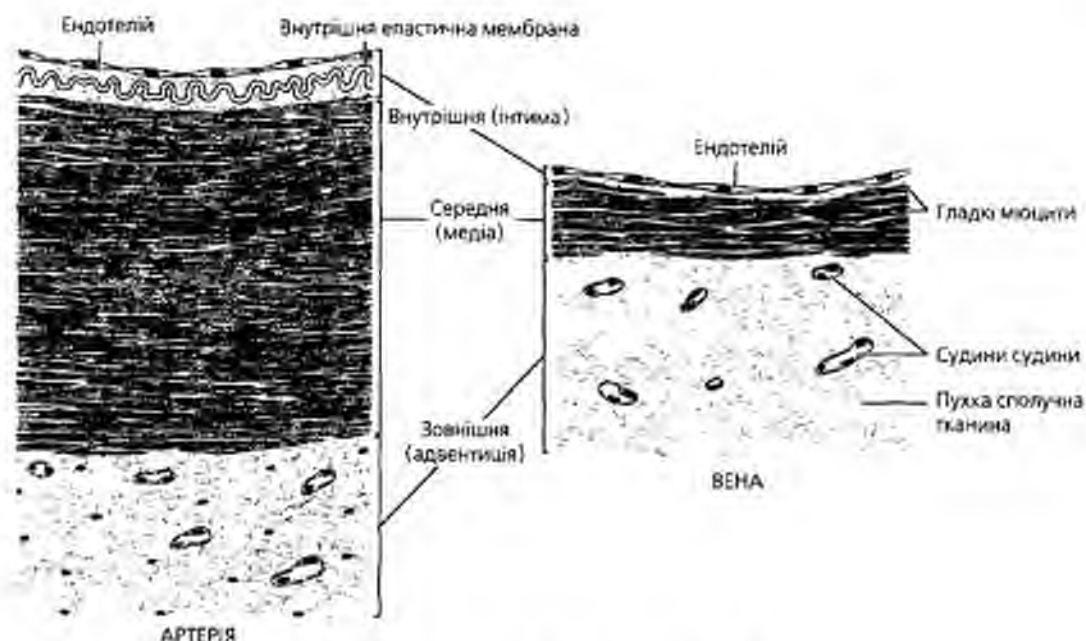


Рис. 23. Будова стінки судин. Схема.
Гістологія людини / Луцик О.Д. та співав. – 2013 р.

Адвентиційна оболонка визначає механічну міцність стінки судин (особливо у венах), її трофіку й іннервацію. Хоч у судинах тече кров, яка є джерелом живлення, стінка артерій та вен – достатньо товста, має різні тканини та клітини. Для їх трофіки потрібні дрібні судини – vasa vasorum, які розгалужуються в адвентиції. За їх рахунок забезпечується живлення 2/3 стінки артерій. Решта тканинних елементів отримують живлення з боку внутрішньої оболонки – через ендотелій.

Розбіжності у будові стінки різних судин пов'язані з калібром судин та умовами гемодинаміки.

Гемодинамічні умови – це умови руху крові по судинах. Вони визначаються розміром артеріального тиску, швидкістю кровотоку, в'язкістю крові, впливом гравітаційного поля Землі, місцезнаходженням судини в організмі.

Гемодинамічні умови впливають на:

- товщину стінки (у артеріях стінка товща, ніж у венах, в капілярах – товщина стінки мінімальна, що полегшує дифузію речовин);
- тканинний склад оболонок, включаючи кількість еластичних елементів та гладких міоцитів;

- ступінь розвитку м'язової оболонки та напрямок гладких міоцитів у ній;
- присутність або відсутність клапанів (у венах).

АРТЕРІЇ

Артерії – кровеносні судини, що несуть кров від серця до периферійних органів.

Особливості будови оболонок:

1. Внутрішня (Tunica intima) – складається з 3 прошарків: ендотелію, підендотелію та внутрішньої еластичної мембрани.
2. Середня (Tunica media) – найбільш товста, містить гладкі міоцити та еластичні елементи.
3. Зовнішня (Tunica adventitia) – утворена ПВСТ з vasa vasorum та нервами.

Ключові морфологічні ознаки артерій:

- Мають круглий просвіт (за рахунок великої кількості еластичних елементів).
- Мають товсту стінку.
- Найтовша оболонка – середня.
- Гладкі міоцити формують пласт, розташований по спіралі.
- Внутрішня поверхня має фестончастий край – за рахунок внутрішньої еластичної мембрани.



Рис. 24. Стінка артерії.

Ліворуч – при забарвленні гематоксиліном та еозином, праворуч – при забарвленні осейном на еластичні елементи.

Гістологія людини /Луцик О.Д. і співав. – 2013 р.

КЛАСИФІКАЦІЯ АРТЕРІЙ

Класифікація артерій базується на співвідношенні кількості гладких міоцитів і еластичних елементів в середній оболонці. Виділяють:

- артерії еластичного типу (аорта, легеневий ствол);
- артерії м'язового типу (органні артерії – ниркова, селезінкова та інше);
- артерії м'язово-еластичного (змішаного) типу.

Порівняльна характеристика артерій різних типів

Ознака	Артерії еластичного типу	Артерії м'язово-еластичного типу	Артерії м'язового типу
Локалізація приклади	Аорта й легенева артерія	Сонна і підключична	Артерії тіла, кінцівок та внутрішніх органів
Внутрішня оболонка	Ендотелій Підендотелій з густим сплетенням еластичних волокон	Ендотелій Підендотелій Внутрішня еластична мембрана	Ендотелій Підендотелій Внутрішня еластична мембрана
Середня оболонка	Еластичних елементів більше, ніж гладких міоцитів. 40-50 вікончастих еластичних мембран Між мембранами – гладкі міоцити	Однакова кількість гладких міоцитів і еластичних волокон.	Гладких міоцитів більше, ніж еластичних елементів. Гладком'язові клітини, розташовані по пологій спіралі
Зовнішня оболонка	ПВСТ з поздовжньо розташованими пучками колагенових волокон	ПВСТ розподілена на 2 прошарки: внутрішній – містить пучки гладких міоцитів, зовнішній – колагенові волокна	ПВСТ з косо розташованими колагеновими волокнами
Властивості стінки	Високо еластична – розтягується в систолу, повертається в початковий стан в діастолу	Висока еластичність та скорочення	Здатність до скорочення. При скороченні змінюється діаметр судини, і об'єм крові, що притікає до органу
Функції	Забезпечує безперервність потоку крові в судинах	Згладжують пульсову хвилю	Регулюють приплив крові до органів

Особливості будови стінки аорти

Стінка аорти містить велику кількість еластичних елементів (волокна і мембрани), які візуалізуються при забарвленні орсеїном

Наявність в еластичних мембранах фенестр (віконець) забезпечує:

- транспорт поживних речовин до гладких міоцитів;
- зв'язки між сусідніми мембранами за рахунок волокон.

Функцію утворення волокон в середній оболонці артерій виконують гладкі міоцити. Серед них виділяють скорочувальні і секреторні гладкі міоцити. Активація і міграція останніх в підендотелій при ушкодженні ендотелію є стереотипною реакцією на ушкодження і супроводжується формуванням неоінтими, що є одним з патогенетичних чинників розвитку атеросклеротичної бляшки.

Регуляція тонуусу судин

Тонус гладких міоцитів в стінці артерій регулюють:

- нейромедіатори – звільняються з нервових закінчень волокон адвентиційної оболонки (норадреналін);
- гормони (ангіотензин II, адреналін, серотонін, вазопресин та ін.) - можуть транспортуватися через vasa vasorum
- біологічно активних речовин, що виділяє ендотелій (оксид азоту, простагландини).

ВЕНИ

Вени – кровоносні судини, що несуть кров від органів (від судин МЦР) серцю. Виняток становить ворітна вена печінки і гіпофізу, що розпадається на вторинну капілярну мережу.

- Вени, як правило, розташовані у складі судинно-нервових пучків – разом з артеріями і нервами. Як правило, на 1 артерію доводиться 2 вени.
- Кров з великого кола кровообігу збирається у верхню і нижню порожнисті вени, які впадають в праві передсердя.
- З малого кола кровообігу кров збирається в 4 легеневи вени, і впадає в ліве передсердя.
- У венах великого кола кровообігу тече венозна кров, що у поєднанні з тонкою стінкою вен визначає їх колір.
- У венах малого кола кровообігу тече артеріальна кров, збагачена в легенях киснем.

Функції вен: відтік крові від органів, депонування крові.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ ВЕН

Тип будови – порожнистий оболонковий шаруватий.

Стінка вен набагато тонша, ніж в артеріях, містить менше еластичних елементів.

Оболонки

1. Внутрішня (Tunica intima) – складається з 2 шарів: ендотелію і тонкого підендотелію.
2. Середня (Tunica media) – включає пучки гладких міоцитів і прошарки ПВСТ.
3. Зовнішня (Tunica adventitia) – найтовша – утворена ПВСТ з vasa vasorum і нервами. У зв'язку з низькою оксигенацією циркулюючої крові, вени рясно кровопостачаються з власних судин стінки – vasa vasorum. Іннервація вен слабкіша, ніж в артеріях, але в адвентиції присутні аферентні та еферентні нервові закінчення.

Класифікація вен:

Класифікація вен базується на будові середньої оболонки – на наявності та кількості гладких міоцитів:

1. Вени безм'язового типу (вени твердої і м'якої мозкової оболонок, вени сітківки ока, селезінки, кісток, плаценти) – середня оболонка (гладкі міоцити) відсутні.
2. Вени м'язового типу – залежно від кількості гладких міоцитів виділяють вени зі:
 - слабким (вени голови та шиї);
 - середнім;
 - сильним розвитком м'язових елементів (вени нижніх кінцівок).

Кількість гладких міоцитів у стінці вен залежить від умов гемодинаміки – зокрема – від тиску і напрямку току крові.

В судинах верхньої частини тіла напрям руху крові співпадає з дією сил тяжіння. У венах нижніх кінцівок напрям руху – проти сили тяжіння. Вени верхньої частини тіла мають незначну кількість гладких міоцитів, що розташовані тільки в Tunica media (вени із слабким розвитком м'язових елементів). Вени нижньої половини тіла мають велику кількість гладких міоцитів, що розташовані не лише в Tunica media (циркулярно), але і в інших оболонках, – поздовжньо.

Напрямок руху крові у венах визначають наступні чинники:

- робота серця;
- скорочення гладких міоцитів середньої оболонки;

- скорочення скелетних м'язів, що розташовані навколо.

Особливості гемодинаміки визначають наступні особливості будови вен:

- широкий просвіт, тонка стінка;
- слабкий розвиток еластичних елементів, відсутність внутрішньої еластичної мембрани (замість неї – мережа еластичних волокон);
- слабкий розвиток субендотеліального шару;
- найтовстіша оболонка – Tunica adventitia;
- різна кількість гладких міоцитів;
- наявність клапанів у венах нижньої половини тіла.

Клапан у вені – це складка внутрішньої оболонки.

Його функція полягає у запобіганні зворотного руху крові. Клапан утворений ПВСТ субендотеліального шару, з обох боків покритий ендотелієм. Верхня поверхня містить більше еластичних елементів, а нижня багата колагеновими волокнами.

МІКРОЦИРКУЛЯТОРНЕ РУСЛО

Судини мікроциркуляторного русла – найчисельніші, будова аналогічна іншим органами серцево-судинної системи. Щільність розташування судин мікроциркуляторного русла, особливості їх конфігурації, діаметру і будови мають специфічні особливості в різних органах.

До складу мікроциркуляторного русла входять:

- артеріоли,
- капіляри,
- венули,
- артеріоло-венулярні анастомози.

ФУНКЦІЇ МІКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА:

- регуляція кровонаповнення органів;
- обмін речовин між кров'ю і тканинами;
- дренажна (відтік надлишку рідини);
- депонуюча (накопичення крові);
- транспорт лейкоцитів, що беруть участь у запаленні.

Артеріоли:

Розрізняють приносні та прекапілярні артеріоли.

Приносні (аферентні) артеріоли – судини діаметром 50-100мкм.

Тип будови: порожнистий оболонковий шаруватий, в стінці – 3 оболонки.

- Внутрішня оболонка складається з:
 - ендотеліоцитів, що лежать на базальній мембрані;
 - тонкого підендотеліального прошарку;
 - тонкої внутрішньої еластичної мембрани.
- Середня оболонка утворена 1-2 шарами гладких міоцитів, розташованих по спіралі.
- Зовнішня оболонка представлена адвентиційними клітинами і міжклітинною речовиною пухкої волокнистої сполучної тканини.

Прекапілярна артеріола – має діаметр 14-16 мкм.

Відмінності прекапілярної артеріоли від аферентної:

- відсутня внутрішня еластична мембрана;
- середня оболонка утворена 1 шаром гладких міоцитів;
- у місцях відходження капілярів гладкі міоцити утворюють суцільне кільце – прекапілярний сфінктер.

Ключовою морфологічною ознакою артеріол є **поперечно розташовані ядра гладких міоцитів**.

Функції артеріол

Артеріоли є резистивними судинами – тобто регулюють периферійний судинний опір і приплив крові до мережі капілярів.

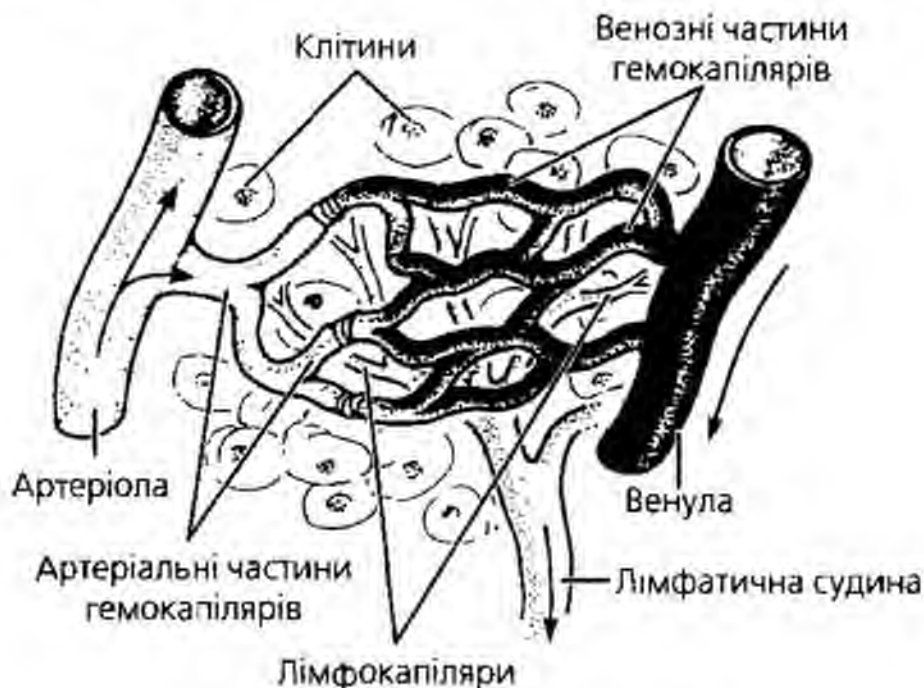


Рис. 25. Мікроциркуляторне русло. Схема.
Гістологія людини / Луцик О. Д. і співавт. – 2013 р.

За фізіологічних умов частина прекапілярних артеріол закриті, і кров не потрапляє у капіляри. При активації функції органу прекапілярні артеріоли відкриваються, збільшуючи перфузію. Тому артеріоли називають "кранами судинної системи".

Діаметр і тонус артеріол знаходиться під контролем:

- нейрогуморальних чинників (нейромедіатори, що секретуються в нервових закінченнях симпатичного відділу нервової системи, і гормони, наприклад, адреналін, вазопресин);
- ендотелію – за допомогою оксиду азоту і простагландинів, які дифундують через прямі міоендотеліальні контакти;
- клітин сполучної тканини (тучні клітини секретують вазоактивні регулятори – гістамін, серотонін).

КАПІЛЯРИ

Капіляри є найбільш численними і тонкостінними судинами.

Особливості структурно-функціональної організації капілярів:

- мають тонку стінку;
- діаметр капілярів варіює від 4,5 до 40 мкм;
- формують велику площу контакту з тканинами (більше 6 000 м²);
- швидкість кровоплину – 0,5 мм /с,
- гідростатичний тиск – 20-30 мм рт. ст.

Будова капілярів

При електронній мікроскопії в стінці капіляра виділяють три оболонки, кожна з яких утворена 1 шаром клітин:

- Внутрішня оболонка – ендотелій на базальній мембрані.
- Середня оболонка – перицити між листками базальної мембрани.
- Зовнішня оболонка – адвентиційні клітини і матрикс ПВСТ.

Функції капілярів:

- Обмін речовин між кров'ю і тканиною — фільтрація.
- Утворення гістогематичних бар'єрів.

Морфологічним проявом транспорту через ендотелій капілярів є наявність і кількість ендцитозних пухирців, в деяких капілярах є спеціальні структури – фенестри (від латів. fenestre – вікна) – пори, закриті діафрагмою. У ряді органів між ендотеліальними клітинами є щілини, що полегшують транспорт високомолекулярних речовин і клітин.

Перицити – клітини відростчатої форми, лежать між листками базальної мембрани. Цитоплазма перицитів містить мікрофіламенти, мітохондрії, вільні рибосоми і полісоми. Перицити вважаються низько диференційованими клітинами, що можуть бути джерелом регенерації сполучної тканини і судин.

Адвентиційні клітини – низько диференційовані клітини ПВСТ. Вважаються попередниками фібробластів, розташовані вільно в міжклітинній речовині ПВСТ, що оточує судини.

КЛАСИФІКАЦІЯ КАПІЛЯРІВ

На підставі особливостей будови ендотелію і базальної мембрани виділяють три типи капілярів:

- соматичний (безперервний);
- вісцеральний (фенестрований);
- синусоїдальний.

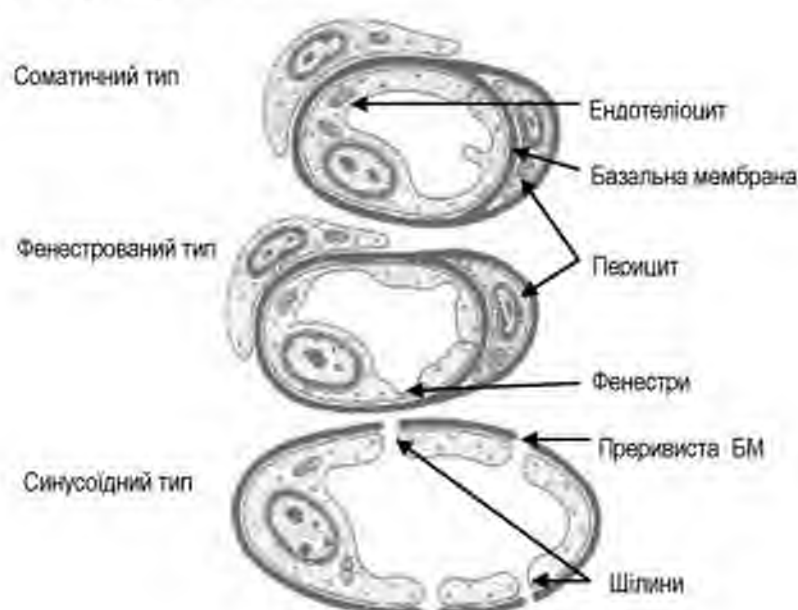


Рис. 26. Три типи капілярів
По Афанасьєву Ю.И.

Характеристика капілярів в органах

- Кількість гемокапілярів в різних органах варіює.
- Найбільша кількість капілярів – в сірій речовині головного та спинного мозку, нирках, ендокринних залозах, серці, скелетних м'язах, жировій тканині.
- Найвужчі капіляри (діаметр 4,5-7 мкм) знаходяться в м'язах, нервах і легенях. У шкірі й слизових оболонках діаметр капілярів

складає 8-11 мкм. У кровотворних органах їх діаметр досягає 20-40 мкм, в кавернозних тілах статевого члену – більше 40 мкм.

- У будь-якому органі у фізіологічних умовах знаходиться до 50 % капілярів, які не функціонують. Діаметр таких капілярів вузький. Формені елементи крові не проходять, хоча плазма продовжує циркулювати.

Порівняльна характеристика капілярів

Ознака	Соматичний тип	Вісцеральний (фенестрований) тип	Синусоїдальний тип
Локалізація	Нервова система Скелетні м'язи Серце Шкіра	Ендокринні залози Нирки Слизова оболонка ЖКТ	Печінка Селезінка Червоний кістковий мозок
Діаметр	4,5-9 мкм	7-12 мкм	30-40 мкм
Шар ендотелію	Безперервний	Безперервний з фенестрами	З щільними між ендотеліоцитами
Зв'язок між ендотеліоцитами	Багато щільних контактів	Десмосоми	Щільни
Базальна мембрана	Безперервна	Безперервна	Переривчаста або відсутній
Механізм транспорту через ендотелій	Дифузія, Ендоцитоз	Через фенестри (пори, прикриті діафрагмами)	Через щільни
Що може проникати через стінку?	Низькомолекулярні речовини (гази, глюкоза, амінокислоти, іони)	Високомолекулярні речовини (білки)	Високомолекулярні речовини, Клітини
Ключова функція ендотелію	Бар'єрна	Фільтрація	Регуляція міграції клітин

ВЕНУЛИ

У венулах має місце повільний кровоплин (1-2 мм за сек), низький гідростатичний тиск (близько 10 мм. рт. ст.), широкий просвіт,

Виділяють декілька типів венул, які відрізняються за діаметром та будовою стінки:

- посткапілярні;
- збиральні;
- м'язові.

Посткапілярні венули (8-30 мкм) – будова аналогічна капілярам, відмінність – ширший просвіт і більша кількість перичитів.

В органах імунної системи посткапілярні венули мають особливий високий призматичний ендотелій з рецепторами, які забезпечують хомінг Т- і В-лімфоцитів. Разом з капілярами посткапілярні венули є найбільш проникними ділянками судинного русла. Гістамін, серотонін, простагландини і брадикінін модулюють проникність ендотелію.

Збиральні венули мають діаметр 30-50 мкм, відрізняються наявністю суцільного шару перицитів.

М'язові венули (діаметр 50-100 мкм) містять в середній оболонці 1-2 шари гладких міоцитів, в них порівняно розвинена зовнішня оболонка. М'язову венулу від артеріоли відрізняють кругліша форма ядер ендотеліоцитів, відсутність еластичної мембрани, уривчастість моношару гладких міоцитів в середній оболонці.

ФУНКЦІЇ ВЕНУЛ

Венулярний відділ мікроциркуляторного русла разом з лімфатичними капілярами забезпечують:

- видалення надлишку рідини і катаболітів (продуктів метаболізму) з тканин і органів – реабсорбція і дренаж;
- депонуюча функція – за рахунок повільного потоку і акумуляції крові;
- міграцію лейкоцитів з крові в навколишні тканини.

Артеріоло-венулярні анастомози (АВА) – судини, які забезпечують зв'язок між артеріолою і венулою. Діаметр АВА складає від 30 до 500 мкм. Вони багато іннервовані.

АВА забезпечують:

- збільшення венозного кровоплину;
- насичення венозної крові киснем;
- мобілізація депонованої крові;
- регуляцію кров'яного тиску.

ЛІМФАТИЧНІ СУДИНИ

Система лімфатичних судин забезпечує повернення тканинної рідини в кров. Порушення транспорту лімфи веде до розвитку набряків.

Система лімфатичних судин включає:

- лімфатичні капіляри, які сліпо починаються;
- внутрішньоорганні лімфатичні судини;
- великі лімфатичні судини;
- грудна лімфатична протока, що впадає в ліву підключичну вену.

Система лімфатичних судин пов'язана не лише з серцево-судинною, але також з імунною системою.

По ходу лімфатичних судин розташовані лімфатичні вузли, які забезпечують очищення лімфи і збагачення її антитілами та імунокомпетентними клітинами.

Об'єм циркулюючої лімфи складає в людини 1,5-2 літри.

Напрямок потоку лімфи: односторонній – від тканин і органів – до серця. Лімфатичні судини відсутні в кістковій, нервовій тканині та в епідермісі шкіри.

Утворення лімфи. Лімфа утворюється за рахунок всмоктування надлишку тканинної (інтерстиційної) рідини до лімфатичних капілярів. Лімфа, що відтікає від різних органів і тканин, має різний склад, залежно від особливостей їх обміну речовин і діяльності.

Склад. До складу лімфи входять білки, ліпіди, низькомолекулярні органічні сполуки (амінокислоти, глюкоза, гліцерин), електроліти, різні ферменти, гормони. Крім того, до складу лімфи входять клітини: лімфоцити 90 %, моноцити 5 %, нейтрофіли 1 %, еозинофіли – 2 %. До лімфи можуть потрапляти також антигени (мікроорганізми, сторонні білки), а також пухлинні клітини (лімфогенний шлях поширення метастазів).

Лімфообіг: Рух лімфи по судинах називається лімфообігом. Лімфообіг забезпечує додатковий відтік рідини з органів, підтримку нормального обміну в тканинах, транспортування поживних речовин, повернення білків з тканинної рідини у кров.

Шляхи циркуляції лімфи: Тканина (тканинна рідина) – лімфатичний капіляр – лімфатичні судини – лімфатична протока – венозне русло.

Функції лімфатичних судин:

- Дренажна (відтік надлишку тканинної рідини) – забезпечує підтримку постійності (одного) об'єму рідини в тканинах і органах.
- Всмоктування речовин (наприклад, ліпідів в тонкій кишці).
- Транспорт лімфи від тканин у венозне русло.
- Участь в елімінації антигенів.
- Здійснення міграції і рециркуляції лімфоцитів.

БУДОВА ЛІМФАТИЧНИХ КАПІЛЯРІВ

Лімфатичний капіляр починається сліпо в периферійних тканинах, має широкий просвіт. Це найтонші лімфатичні судини, що формують мережу.

Стінка утворена шаром ендотеліальних клітин, що лежать на переривчастій базальній мембрані. Між ендотеліальними клітинами є щілини. Ендотеліоцити за допомогою якірних (стропних) філаментів фіксуються до колагенових волокон ПВСТ. Такий зв'язок колагенових волокон і стінок лімфатичних капілярів при набряках тканин сприяє розкриттю капілярів і полегшує дренаж. Через стінку капіляру легко проходить вода, неорганічні іони, вуглеводи, жири, білки, мікроорганізми і клітини (в тому числі і пухлинні).

Ключові відмінності лімфатичного капіляра від кровоносного:

- сліпий початок;
- широкий просвіт;
- більші ендотеліоцити;
- немає перицитів;
- базальна мембрана переривчаста;
- є якірні філаменти.

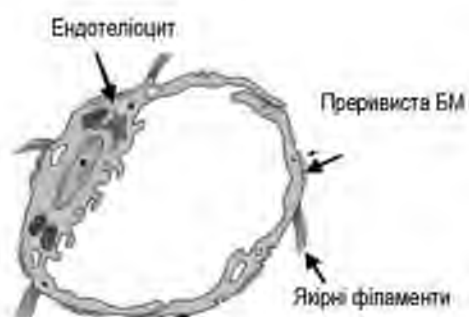


Рис. 27. Лімфатичний капіляр
 Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. –
 Bloomington, USA. – 2010. – 467 p

БУДОВА ЛІМФАТИЧНИХ СУДИН

Лімфатичні судини залежно від діаметру поділяються на дрібні, середні й великі. У дрібних (внутрішньоорганичних) судинах м'язові елементи відсутні, їх стінка складається з ендотелію і сполучної тканини оболонки.

Тип будови. Середні й великі лімфатичні судини мають порожнистий оболонковий шаруватий тип будови. Стінка складається з 3 оболонок:

1. Внутрішня (t. intima) – ендотелій і тонкий шар підендотелію.
2. Середня (t. media) – тонка, утворена гладкими міоцитами та еластичними волокнами, завдяки чому лімфатичні судини мають певний тонус, здатність до скорочення і розслаблення.
3. Зовнішня (t.adventitia) – утворена сполучною тканиною з колагеновими і еластичними волокнами, а також поздовжньо розташованими гладкими міоцитами.

Лімфатичні судини функціонально близькі з венами і мають з ними загальні риси будови:

- Тонка стінка.
- Слабкий розвиток м'язових елементів.
- Найтовстіша оболонка – t. adventitia.
- Наявність клапанів.
- Клапани лімфатичних судин, як і у венах, є складками внутрішньої оболонки.

Відмінності лімфатичних судин від вен:

- тонша стінка;
- відсутність чіткої межі між оболонками;
- більша кількість парних клапанів у формі півмісяцю.

Структурно-функціональною одиницею лімфатичної судини є лімфангійон.

Лімфангійон – ділянка судини між двома клапанами.

Лімфатична судина є ланцюгом лімфангійонів, кількість яких в організмі людини досягає приблизно ста тисяч (у нижніх кінцівках – більше двадцяти тисяч).

Робота лімфангійону є найважливішим чинником відтоку лімфи.

У лімфангійоні розрізняють:

- м'язову манжетку, яка забезпечує тонус і пропульсивну функцію;
- м'яз лімфатичного клапану, який перешкоджає зворотному струму лімфи;
- місце прикріплення клапана, в цьому місці мускулатура розвинена слабо або відсутня.

СЕРЦЕ

Серце розташоване в передньому середостінні. Зовні воно оточене навколосерцевою сумкою – перикардом.

Перикард включає:

1. внутрішній листок – він формує зовнішню оболонку серця – епікард;

2. зовнішній листок. Зовнішній листок відокремлений від внутрішнього порожниною.

Серце має 4 камери – праве і ліве передсердя, і правий і лівий шлуночки.

Напрямок потоку крові в камерах серця: з передсердя – до шлуночків, з шлуночків – до артерій (аорта або легеневий стовбур).

Зворотний потік крові неможливий завдяки наявності клапанів.

Між передсердям і шлуночками розташовані:

- **мітральний клапан** – між лівим передсердям і лівим шлуночком;
- **трикуспідальний клапан** – між правим передсердям і правим шлуночком.

Між шлуночками серця і судинами розташовані:

- **аортальний клапан** – між аортою і лівим шлуночком;
- **клапан легеневої артерії** – між правим шлуночком і легеневою артерією.

2 кола кровообігу – велике і мале.

Мале коло кровообігу

Початок: правий шлуночок – легенева артерія (несе венозну кров).

Закінчення: легеневі вени (збагачена киснем кров з легенів) впадають у ліве передсердя.

Велике коло кровообігу

Початок: лівий шлуночок – аорта.

Закінчення: верхня і нижня порожнисті вени впадають у праве передсердя.

Кровопостачання. Серце кровопостачається коронарними (вінцевими) артеріями. Гирла правої і лівої коронарних артерій відходять від аорти відразу ж за аортальним клапаном. Вени серця збираються в коронарний синус, який відкривається в праве передсердя на задній його поверхні.

Іннервація. Серце іннервується волокнами парасимпатичної нервової системи у складі n. vagus і симпатичної нервової системи у складі гілок, що відходять від truncus sympathicus.

Джерела розвитку серця :

- Мезенхіма (ендотеліальні трубки) – ендокард.
- Міоепікардіальна пластинка спланхноплеври – міокард і епікард.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови серця – порожнистий оболонковий шаруватий. Орган має оболонки, оболонки включають шари.

Стінка серця включає 3 оболонки:

1. ендокард;

2. міокард;
3. епікард.

У складі ендокарду виділяють чотири шари:

- Ендотелій.
- Підендотеліальний шар.
- М'язово-еластичний шар (аналог середньої оболонки в артерії) – гладкі міоцити і еластичні волокна.
- Зовнішній волокнистий шар – ПВСТ.

На межі між ендокардом і міокардом розташовуються судини.

Тканинний склад міокарду:

1. Серцева м'язова тканина – представлена анастомозуючими м'язовими волокнами.
2. Ендомізій – ПВСТ з капілярами соматичного типу.

Морфологічна характеристика серцевої м'язової тканини:

- поперечно-посмугована м'язова тканина;
- структурно-функціональна одиниця – м'язове волокно;
- м'язове волокно складається з ланцюжка кардіоміоцитів;
- волокна анастомозують між собою;
- у кардіоміоциті ядро овальне, розташовується в центрі;
- кардіоміоцити пов'язані між собою вставними дисками.



Рис. 28. Міокард. Серцева м'язова тканина.
Гістологія людини / Луцик О.Д. і співавт. – 2013 р.

Види кардіоміоцитів:

По функції виділяють наступні види кардіоміоцитів:

1. скорочувальні;
2. секреторні;
3. провідні.

Характеристика скорочувальних кардіоміоцитів:

1. Структура:
 - 1) клітини прямокутної форми;
 - 2) ззовні від плазмолемати оточені базальною мембраною;
 - 3) з'єднуються між собою за допомогою вставних дисків – комплексне міжклітинне з'єднання, що включає до свого складу десмосоми, адгезивні та щілинні з'єднання – нексуси);
 - 4) 1-2 ядра овальної форми розташовано в центрі;
 - 5) у клітинах каналці Т-системи і L-системи утворюють діади.
2. Локалізація: міокард.
3. Функція: скорочувальна. Скорочення – в систолу, розслаблення – в діастолу. Забезпечують насосну функцію серця.

Синхронне скорочення всіх кардіоміоцитів в систолу досягається за рахунок:

- наявності анастомозів між волокнами і вставних дисків між кардіоміоцитами.
- великої кількості нексусів (щілинні з'єднання) у складі вставних дисків. Нексуси утворені білками коннексинами, які формують загальні іонні канали, забезпечують транспорт іонів і месенджерів між сусідніми кардіоміоцитами.

Характеристика секреторних кардіоміоцитів:

1. Структура:
 - клітини неправильної (відростчатої) форми;
 - у цитоплазмі мало мітохондрій;
 - фрагменти міофібрил;
 - розвинена гранулярна ендоплазматична мережа і комплекс Гольджі;
 - гранули з гормоноподібними пептидами.
2. Локалізація: міокард передсердя.
3. Функція: синтез натрійуретичного гормону. Основною мішенню передсердного натрійуретичного гормону є нирки, в яких під дією гормону знижується реабсорбція натрію. Це веде до

підвищення екскреції натрію і води, з відповідним зниженням об'єму циркулюючої крові.

Характеристика провідних кардіоміоцитів (на прикладі волокон Пуркіньє):

1. Структура:

- клітини неправильної округлої форми;
- ядро округле, розташовано ексцентрично;
- у цитоплазмі мало мітохондрій;
- фрагменти міофібрил;
- багато гранул глікогену – субстрат для анаеробного окислення (гліколізу);
- клітини пов'язані між собою за допомогою щілинних з'єднань (нексусів);
- формують скупчення або волокна.

2. Локалізація: під ендокардом в окремих ділянках передсердя і шлуночків.

3. Функція: генерація і проведення імпульсу, визначає ритмічну роботу серця.

Всі провідні кардіоміоцити формують провідну систему серця.

До складу провідної системи серця входять:

- 1) синусно-предсердний вузол;
- 2) передсердно-шлуночковий вузол;
- 3) пучки Гіса;
- 4) волокна Пуркіньє.

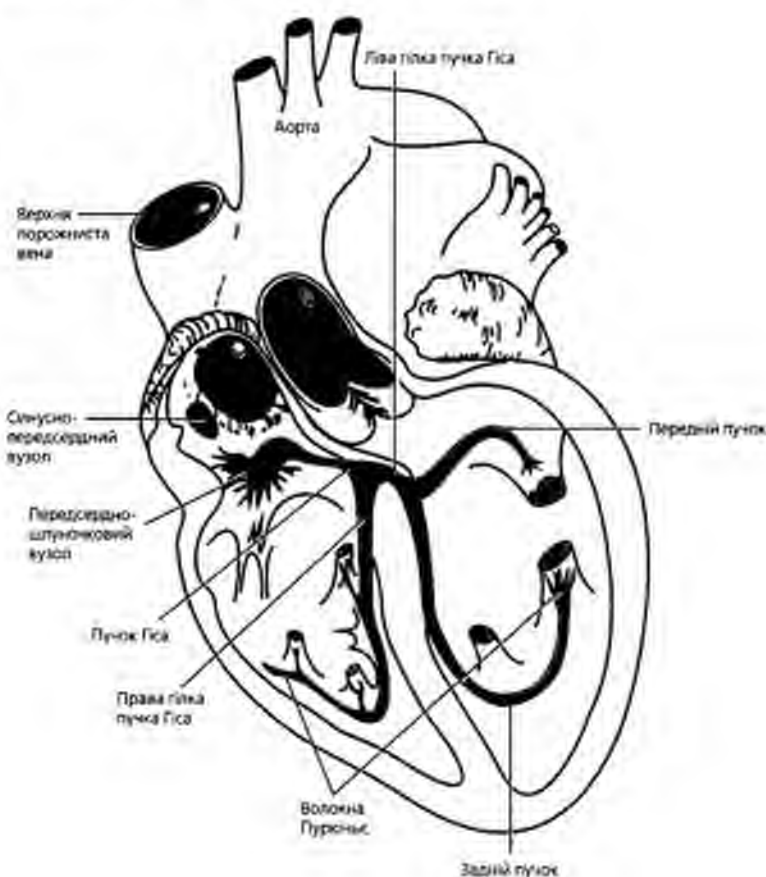






Рис. 29. Провідна система серця. Схема.

Гістологія людини / Луцик О.Д. і співавт. – 2013 р.

За морфологією серед провідних кардіоміоцитів виділяють:

1. водії ритму (пейсмейкери або Р-клітини) – розташовані у синусно-передсердному вузлі – генерують імпульс з частотою 60 за хв.;
2. перехідні клітини – розташовані в передсердно-шлуночковому вузлі – частота генерації імпульсу 40 за хвилину;
3. клітини пучка Гіса;
4. клітини Пуркінє.

Порівняльна характеристика провідних кардіоміоцитів:

<i>Параметри</i>	<i>Пейсмейкери (Р-клітини)</i>	<i>перехідні клітини</i>	<i>клітини пучка Гіса</i>	<i>клітини Пуркінє</i>
Локалізація	синусно-передсердний вузол	передсердно-шлуночковий вузол	пучок Гіса	волокна Пуркінє
Функція	генерація імпульсу	передача імпульсу від Р-клітин до клітин пучка Гіса	передача збудження від перехідних клітин до волокон Пуркінє	передача збудження до скорочувальних кардіоміоцитів
Морфологічна характеристика	Багатокутна форма; немає Т-системи; мало міофібрил; висока концентрація кальцію в цитоплазмі	Клітини витягнутої форми; розвинені міофібрили; короткі Т-трубочки	Великі клітини; тонкі міофібрили, розташовані по периферії; ядро розташоване ексцентрично; слабо розвинена Т-система	Найбільші клітини з рідкою мережею міофібрил; ядро округле, розташоване ексцентрично; немає Т-системи; багато гранул глікогену
				

Тканинний склад епікарду: ПВСТ, може бути присутньою біла жирова тканина, на поверхні – мезотелій – одношаровий плоский епітелій.

Шари епікарду:

- 1) поверхневий шар колагенових волокон;
- 2) шар еластичних волокон;
- 3) глибокий шар колагенових волокон;
- 4) глибокий колагеново-еластичний шар.

Підтримка форми і розмірів серця забезпечується завдяки опорному апарату серця. Опорний апарат серця включає:

- фіброзні кільця, до яких кріпляться стулки клапанів серця;
- хорди (сухожильні нитки), що фіксуються до сосочкових м'язів.

У систолу шлуночків відбувається скорочення папілярних м'язів, які, натягуючи хорди, регулюють розкриття стулок клапанів.

Будова клапанів серця.

1. Основа – тонкі фіброзні пластинки, що складаються з ПВСТ.
2. На поверхні – ендотелій і підендотеліальний шар.

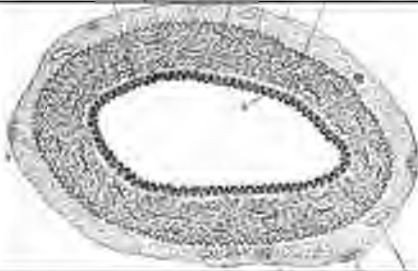
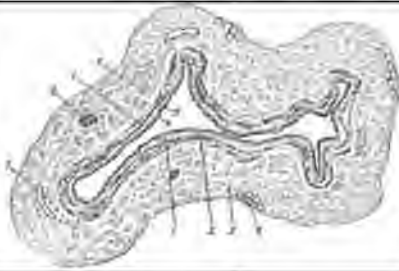
Будова передсердних і шлуночкових частин стулок клапанів серця неоднакова.

Передсердна поверхня стулок клапанів – гладка, в підендотелії – густе сплетіння еластичних волокон і пучки гладких міоцитів.

Шлуночкова поверхня стулок клапанів – нерівна, в підендотелії багато колагенових волокон, є вирости, від яких починаються сухожильні нитки.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Порівняйте представлені на малюнку судини і заповніть таблицю

Показники	Артерія (м'язового типу)	Вена (м'язового типу)
		
Просвіт		Сплощений
Найтовша оболонка		
Ендотелій	Плоский	
Субендотеліальний шар	>	
Внутрішня еластична мембрана	Є	
Склад t. media		Пучки ГМК + ПВСТ
Склад t. adventitia	ПВСТ	
Vasa vasorum		
Клапани	-	Є

2. Для перевірки рівня знань заповніть таблицю:

Структурно-функціональна характеристика судин мікроциркуляторного руслу

Компонент мікроциркуляторного руслу	Особливості будови	Функції

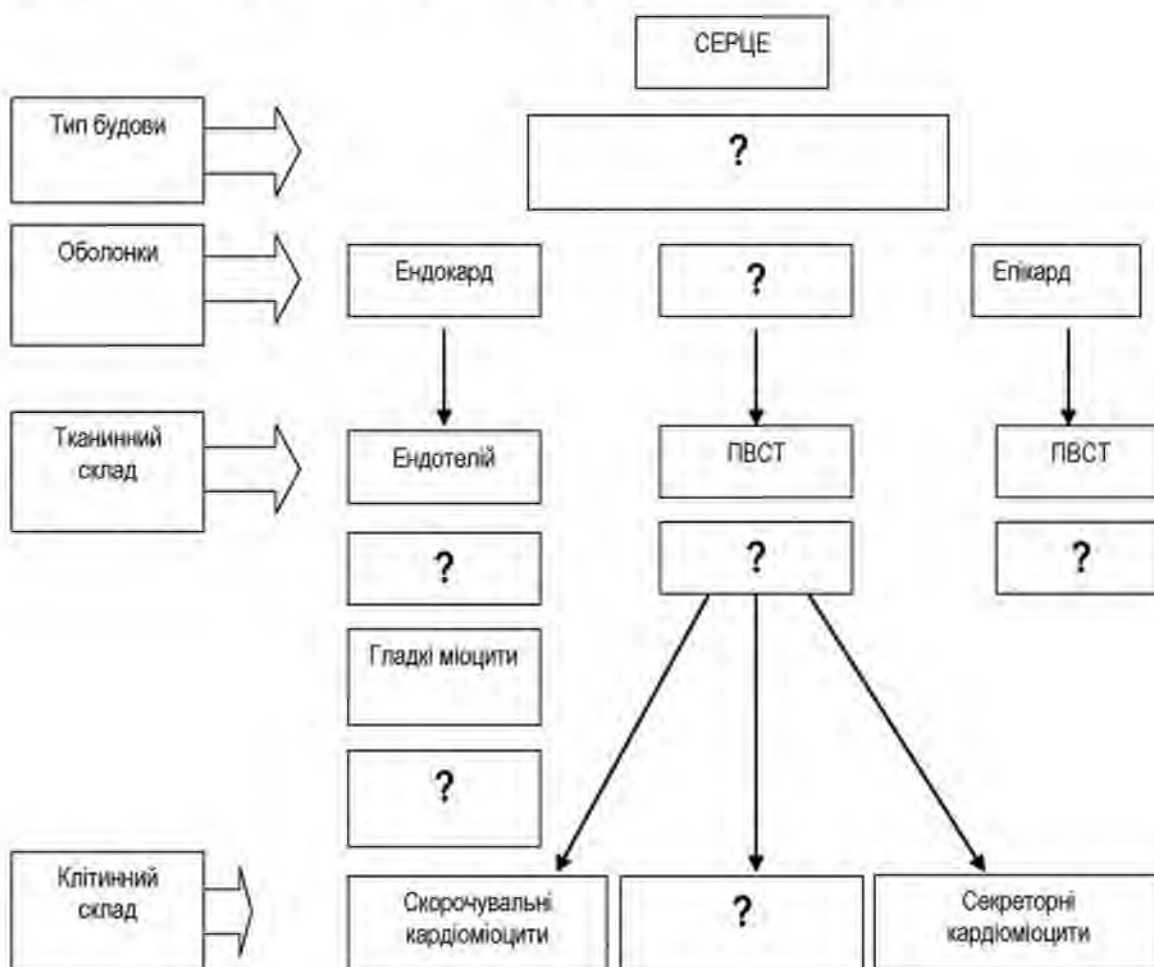
3. Для відпрацювання практичних навичок діагностики визначте судину і структури, позначені на малюнку:



Назва судини -

- 1 -
- 2 -
- 3 -
- 4 -
- 5 -
- 6 -
- 7 -
- 8 -

4. Заповніть порожні осередки графі логічної структури



СИСТЕМА ІМУНОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ

АКТУАЛЬНІСТЬ. Захист організму людини від біологічних чинників (антигенів) здійснюється за допомогою комплексу структур і молекул, включаючи:

- покривний епітелій;
- мікробіцидні речовини у складі секрету на поверхні шкіри та слизових оболонок;
- бар'єрних властивостей основної аморфної речовини матриксу сполучної тканини;
- захисних клітин сполучної тканини;
- системи крові (лейкоцити і білки плазми крові).

Проте основну роль в захисті від антигенів відіграє імунна система, до складу якої входять органи кровотворення та імуногенезу. Вивчення структурної організації і принципів функціонування органів імунної системи лежить в основі діагностики та корекції порушень імунітету.

Мета навчання (загальна): вміти діагностувати в гістологічних препаратах органи кровотворення та імуногенезу, оцінювати їх функціональний стан для інтерпретації можливих причин і механізмів порушення імунітету на наступних етапах навчання.

Конкретні цілі:

1. Інтерпретувати поняття антиген, імунітет, види і принципи реалізації імунної відповіді.
2. Тракувати загальні принципи будови і функціональне значення органів кровотворення та імунітету.
3. Визначати в гістологічних препаратах центральні і периферійні органи імунітету, їх зв'язок з параметрами і реактивність системи периферікріві.
4. Інтерпретувати структурні основи реалізації антиген-незалежної та антиген-залежної проліферації і диференціювання лімфоцитів.
5. Тракувати клітинні основи імунних реакцій.

ЗМІСТ НАВЧАННЯ

Одним з основних завдань імунної системи є розпізнавання та елімінація антигенів.

Антиген – це генетично сторонні речовини органічної природи, що потрапляють із зовнішнього середовища або утворюються в організмі,

Органи імунної системи забезпечують захист від антигенів шляхом утворення молекул й імунокомпетентних клітин, здатних розпізнавати та знищувати антигени.

Види імунітету:

1. **Вроджений (неспецифічний) імунітет** – включається в першу чергу, забезпечує захист від будь-яких антигенів, незалежно від його природи.
2. **Адаптивний (специфічний) імунітет** – цілеспрямована реакція, спрямована на знищення певного виду антигену з формуванням "пам'яті" про нього.

Розпізнавання антигенів пов'язане з наявністю на поверхні клітин специфічних рецепторів. Усі клітини організму людини експресують молекули головного комплексу гістосумісності (МНС I класу), які виконують роль "паспорта". "Паспортний контроль" здійснюють **антиген-презентуючі клітини (АПК)**. Для цього на їх поверхні є молекули МНС II класу. Крім того, всі клітини, що відносяться до системи імунітету експресують на своїй поверхні TLR (Toll-подібні рецептори – мають вигляд антен).

Toll-подібні рецептори можуть розпізнавати наявність:

- мікроорганізмів та їх продуктів PAMP (PAMP – pathogen-associated molecular pattern);
- ушкодження – при ушкодженні звільняються специфічні за своєю природою молекули – DAMP (DAMP – damage associated molecular pattern).

Компоненти системи неспецифічного захисту:

- покривні епітелії (механічний бар'єр);
- слиз (секрет залоз шкіри) та розчинені в ній мікробіцидні молекули;
- білки плазми крові (лактоферин, лізоцим та ін.);
- гранулоцити (в основному, нейтрофіли) шляхом фагоцитозу, активації респіраторного вибуху, продукції мікробіцидних молекул, формування нейтрофільних позаклітинних пасток;
- макрофаги – забезпечують фагоцитоз, продукують цитокіни, регулюють запалення;
- натуральні кілери – мають цитотоксичний ефект на "чужі" клітини.

Клітини, що забезпечують специфічний імунний захист: антиген-презентуючі клітини (дендритні клітини) і лімфоцити. Їх участь в специфічних реакціях імунітету пов'язана з наявністю специфічних рецепторів до конкретного антигену. Існують Т- і В-лімфоцити. Серед Т-лімфоцитів виділяють Т-кілери, Т-хелпери і Т-регуляторні клітини.

Антиген-презентуючі клітини (АПК) – це клітини, що утворюються з моноцитів крові (як і макрофаги). АПК спеціалізуються на розпізнаванні і презентації (представленні) антигенів і експресують МНС II. До АПК відносять дендритні клітини, макрофаги і В-лімфоцити.

АПК презентують антигени лімфоцитам. При цьому існує наступна закономірність. АПК представляє антиген Т-хелперам, а Т-хелпери спільно з АПК активують Т-кілери або В-лімфоцити, включаючи відповідно до реакції клітинного та гуморального імунітету.

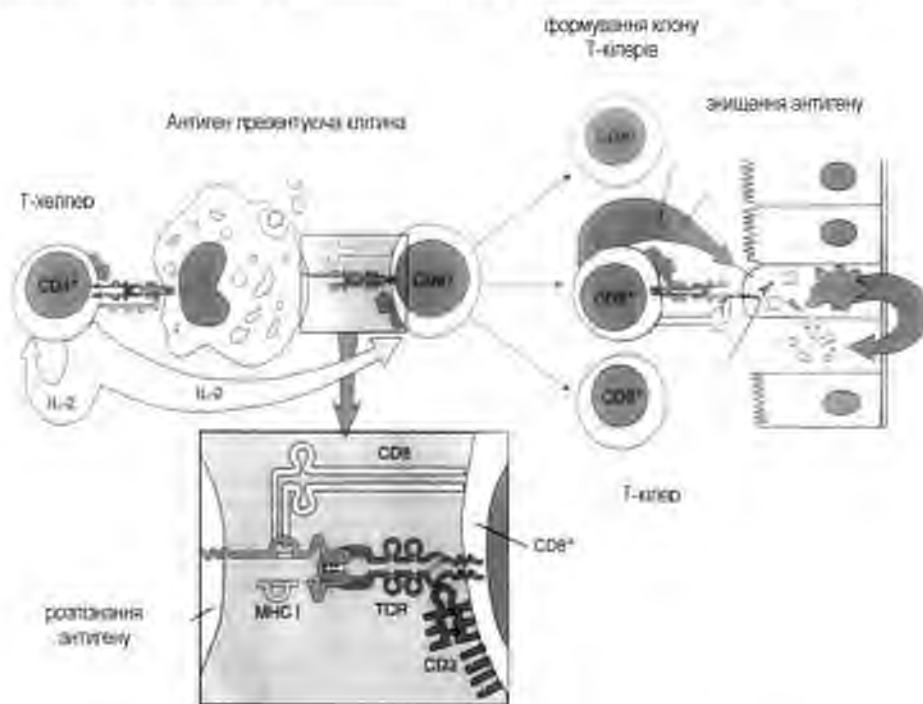


Рис. 30. Реакція клітинного імунітету. Схема.

Ross M.H. Histology: a text and Atlas with correlated cell and molecular biology. – 2011

Різні види лімфоцитів мають на поверхні маркери (кластери диференціювання – CD):

- Т-кілери (Т-цитотоксичні лімфоцити) мають на своїй поверхні CD8+;
- Т-хелпери – CD4+;
- Т-регуляторні клітини CD4+CD25+ Foxp3+;

- В-лімфоцити – CD20+.

ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ ЛІМФОЦИТІВ (ЛІМФОЦИТОПОЕЗ) ВКЛЮЧАЄ ДВА ЕТАПИ:

1. антиген-незалежний;
2. антиген-залежний.

Антиген-незалежний етап утворення лімфоцитів припускає:

- утворення лімфоцитів з напівстовбурових клітин лімфопоезу;
- відбувається в центральних органах – на ранніх етапах онтогенезу;
- включає процес проліферації (поділу) і диференціювання (набуття рецепторів);
- забезпечує утворення великої кількості лімфоцитів. Причому лімфоцити відрізняються між собою рецепторами до різних антигенів. Але кожен лімфоцит має рецептор тільки до одного антигену.

Антиген-залежний етап утворення лімфоцитів включає: ділення і диференціювання лімфоцитів при потраплянні в організм антигену. Цей процес:

- відбувається в периферійних органах – тільки після стимуляції антигеном (при інфікуванні);
- забезпечує утворення великої кількості (клонів) лімфоцитів з однаковими рецепторами – для розпізнавання і знищення конкретного антигену;
- супроводжується формуванням клітин пам'яті, які забезпечують швидку імунну відповідь при повторному інфікуванні аналогічним антигеном.

КЛІТИННІ ОСНОВИ ІМУННИХ РЕАКЦІЙ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА.

Етапи імунної реакції:

1. розпізнавання і презентація антигену;
2. утворення клону ефektorних клітин в процесі антиген-залежної проліферації і диференціювання лімфоцитів;
3. елімінація (знищення, виведення з організму) антигену.
4. обмеження АГ-залежної проліферації та диференціювання лімфоцитів
5. формування імунної пам'яті

У реалізації імунних реакцій беруть участь:

- 1. Антиген-презентуючі клітини (АПК):**
 - дендритні клітини (зрілі, незрілі, фолікулярні);
 - макрофаги;
 - В-лімфоцити.
- 2. Клітини, регулюючі імунні реакції:**
 - Т-хелпери (CD4+) 1 і 2 типів, стимулюють відповідно до реакції клітинного і гуморального імунітету;
 - Т-регуляторні клітини (CD4+CD25+ Foxp3+) – продукують TGFβ і ИЛ- 10, інгібують розвиток імунних реакцій.
- 3. Ефекторні клітини** – клітини, які забезпечують знищення антигенів:
 - Плазмоцити (ефекторні клітини гуморального імунітету – продукують антитіла – імуноглобуліни).
 - Т-кілери, або Т-цитотоксичні лімфоцити (CD8+).

Елімінацію продуктів імунних реакцій (наприклад, імунні комплекси – комплекси антиген+антитіло) здійснюють клітини вродженого імунітету (імунний фагоцитоз):

- макрофаги;
- нейтрофіли;
- еозинофіли.

Різні лімфоцити забезпечують захист від антигенів різної природи в процесі реалізації клітинного та гуморального імунітету.

Реакції клітинного імунітету спрямовані проти антигенів-клітин. Антигени, які стимулюють активацію реакцій клітинного імунітету:

- клітини трансплантата (пересаджених тканин) зі "сторонніми" антигенами МНС I на поверхні;
- власні клітини організму, інфіковані вірусом;
- пухлинні клітини;
- патогенні гриби.

Суть реакції клітинного імунітету: ефекторні клітини знищують антиген (клітини, що експресують).

Ефекторна клітина клітинного імунітету: Т-кілер (Т-цитотоксичний лімфоцит, CD8+).

Реакції гуморального імунітету забезпечують захист проти антигенів, представлених мікроорганізмами або молекулами, розчиненими в рідині (крові, лімфі, тканинній рідині).

Антигени для включення гуморального імунітету:

1. розчинні антигени;
2. бактерії.

Суть реакції: Антитіло зв'язує антиген (молекулу, мікроорганізм) з формуванням імунного комплексу.

Ефекторна клітина: плазмоцит – продукує антитіла (імуноглобуліни).

Необхідно зазначити, що будь-який антиген може викликати розвиток реакцій як клітинного, так і гуморального типу. Це залежить від АПК і різновиду Т-хелперів (Th1 ініціюють реакції клітинного імунітету, тоді як Th2 – включають реакції гуморального імунітету).

ОРГАНИ КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУНОГЕНЕЗУ

До органів кровотворення та імуногенезу відносяться:

- червоний кістковий мозок;
- тимус;
- селезінка;
- лімфатичні вузли;
- лімфоїдна тканина шкіри та слизових оболонок порожнистих органів.

КЛАСИФІКАЦІЯ ОРГАНІВ КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУННОГО ЗАХИСТУ:

Система імуногенезу включає:

- центральні;
- периферійні органи.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРГАНІВ КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУНОГЕНЕЗУ

1. мають паренхіматозний тип будови;
2. строма утворена сполучною тканиною;
3. паренхіма представлена гемопоетичними тканинами – мієлоїдною або лімфоїдною;
4. особливості будови судин:
 - капіляри – соматичного типу (формують бар'єр у тимусі);
– синусоїдного типу – в органах, де утворюються і руйнуються еритроцити (червоний кістковий мозок і селезінка);
 - посткапілярні венули – з високим ендотелієм, який має рецептори для розпізнавання лімфоцитів, – забезпечують хомінг і рециркуляцію лімфоцитів;
5. багато антиген-презентуючих клітин.

Порівняльна характеристика центральних і периферійних органів кровотворення та імуногенезу

Характеристики	Центральні	Периферійні
Органи	Червоний кістковий мозок і тимус	Селезінка, лімфатичні вузли, лімфоїдна тканина слизових оболонок
Наявність стовбурової клітини	+	-
Наявність гістогематичних бар'єрів	+	-
Проліферація і диференціювання лімфоцитів	АГ-незалежна	АГ-залежна

ФУНКЦІЇ ОРГАНІВ КРОВОТВОРЕННЯ ТА ІМУНОГЕНЕЗУ:

1. гемопоетична – утворення формених елементів крові;
2. руйнування старих формених елементів крові;
3. захисна – в органах імунної системи відбувається утворення імунокомпетентних клітин, що забезпечують захист від антигенів і підтримку імунологічного гомеостазу;
4. депонування крові і лімфи.

ЧЕРВОНИЙ КІСТКОВИЙ МОЗОК

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Кістковий мозок складається з червоного і жовтого кісткового мозку. Червоний кістковий мозок знаходиться в губчастій речовині плоских і епіфізах трубчастих кісток. Жовтий кістковий мозок знаходиться в діафізах трубчастих кісток.

Червоний кістковий мозок – універсальний орган кровотворення і центральний орган імуногенезу. Тут відбувається утворення всіх формених елементів крові.

Джерелом ембріонального розвитку строми червоного кісткового мозку є мезенхіма, формених елементів крові – стовбурові клітини крові. Первинні стовбурові клітини крові формуються в жовтковому мішку, вторинні – в аорто-гонадально-мезонефральній ділянці, звідки вони мігрують в печінку, плаценту, а потім в кістковий мозок.

В ембріогенезі червоний кістковий мозок з'являється на 2-му місяці розвитку в ключицях, на 3-му місяці – в плоских кістках і на 4-му – в

діафізах трубчастих кісток. На п'ятому-шостому місяці остаточно формується кістковомозкова порожнина в діафізах трубчастих кісток і з цієї миті червоний кістковий мозок стає основним органом кровотворення. У дітей весь кістковий мозок червоний, а у віці 12-18 років в діафізах трубчастих кісток він заміщається на жовтий (жирова тканина). У нормі в ньому не відбувається гемоцитопоез. Проте в умовах крововтрати і при гемобластозах у ньому можуть з'являтися осередки кровотворення.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ ЧЕРВОНОГО КІСТКОВОГО МОЗКУ

Червоний кістковий мозок утворений мієлоїдною тканиною, яка відноситься до гемопоетичних тканин.

Мієлоїдна тканина складається з гемопоетичних клітин різних ліній і клітин мікрооточення.

Мікрооточення – структури, які створюють умови для розвитку гемопоетичних клітин. У червоному кістковому мозку до них відносяться:

- остеобласти;
- ретикулярні клітини;
- адипоцити;
- фібробласти;
- макрофаги;
- ендотеліальні клітини;
- матрикс (міжклітинна речовина), що має певний хімічний склад.

Клітини мікрооточення (в основному остеобласти) продукують фактор росту стовбурових клітин (SCF – stem cell factor), який сприяє виживанню стовбурових клітин та їх самопідтриманню.

Гемопоетичні клітини – формені елементи крові на різних стадіях розвитку.

У червоному кістковому мозку утворюються наступні види гемопоетичних клітин:

- еритроцити;
- гранулоцити (нейтрофіли, еозинофіли, базофіли);
- моноцити;
- мегакаріоцити і з них – тромбоцити;
- натуральні кілери;
- В-лімфоцити (антиген незалежний етап);
- пре-Т-лімфоцити.

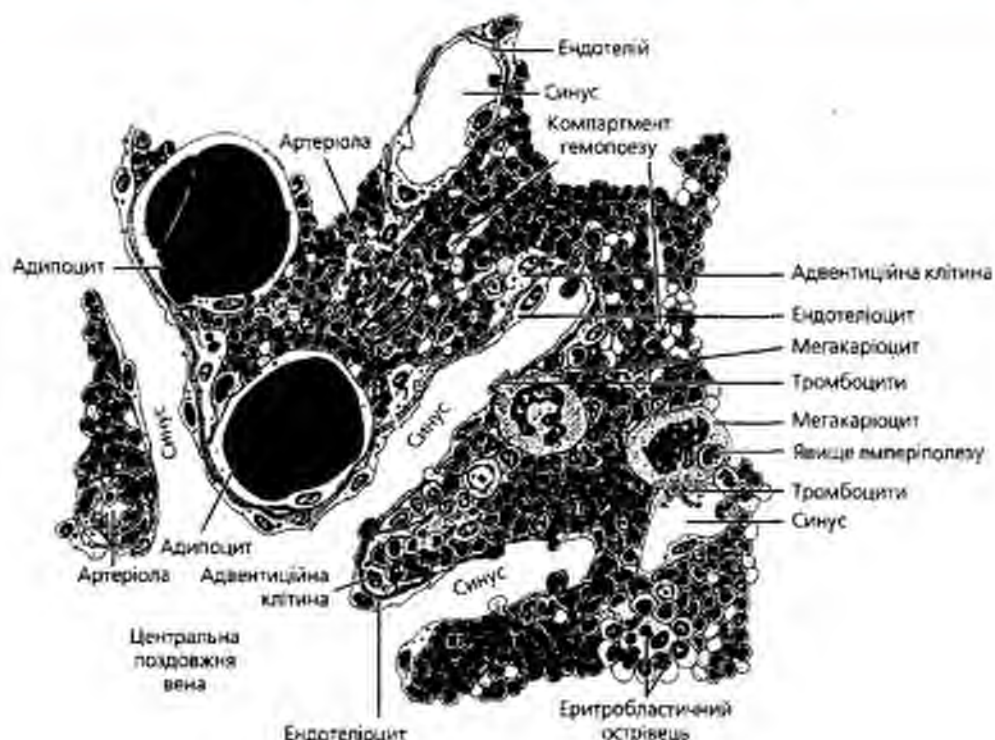


Рис. 31. Червоний кістковий мозок. Схема.
Гістологія людини / Луцик О.Д. і співав. – 2013 р.

Ключові морфологічні ознаки червоного кісткового мозку:

- **синусоїдальні капіляри** – широкі, в просвіті багато еритроцитів;
- **адипоцити** – великі клітини з незабарвленою (білою) цитоплазмою і ядром на периферії;
- **гемопоеитичні острівці** – скупчення клітин однієї лінії на різних стадіях розвитку. У середині острівців клітини з різною формою ядер;
- **мегакаріоцити** – гігантські багатоядерні клітини (джерело формування тромбоцитів), розташовані поблизу синусоїдального капіляру.

Синусоїдальні капіляри є широкими судинами, заповненими кров'ю. Ендотеліоцити розташовані на переривчастій базальній мембрані, між клітинами – щілини, що забезпечують можливість проходження клітин.

Острівці різних гемопоеитичних ліній мають особливості розташування відносно судин – капілярів синусоїдного типу.

Найближче до стінки капілярів розташовані мегакаріоцити – великі багатоядерні клітини. Їх відростки розташовані в просвіті судини, де від них відділяються фрагменти – тромбоцити.

Клітини еритроїдного ряду – розташовані також поблизу синусоїдних капілярів, формують острівцеві навколо макрофагу. Макрофаги є джерелом заліза, яке потрібне для синтезу гемоглобіну. Останній накопичується в цитоплазмі еритроцитів в процесі диференціювання.

ТИМУС

Тимус – центральний орган кровотворення і імуногенезу. Порушення його розвитку і структурно-функціональної організації веде до розвитку таких станів, як тимико-лімфатичний статус, аутоімунна патологія, імунодефіцит. Розвиток цих станів пов'язаний з порушенням (відсутністю) або передчасній (в результаті травми, стресу, інфекції) інволюції тимусу і супроводжується вираженим порушенням імунітету – імунодефіцитом.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Тимус – лімфоепітеліальний орган, складається з двох частин, розташований у верхньому відділі переднього середостіння. Верхні відділи залози задньою поверхнею прилягають до трахеї. Інша частина прилягає до великих кровоносних судин.

Джерела розвитку:

- мезенхіма;
- епітелій глоткової кишки.

Закладка тимусу починається з 5-го тижня ембріогенезу з епітелію глоткової кишки (III і IV пари зябрових кишень) у виді епітеліальних тяжей. На 7-му тижні розвитку в тимусі з'являються перші лімфоцити. На 8-11-му тижні врослаюча в епітеліальну закладку органу мезенхіма з кровоносними судинами розділяє закладку тимуса на часточки. Завдяки цьому до 3-го місяця утворюються часточки тимусу. На 11-12-му тижні розвитку ембріона людини починається активний процес антиген-незалежної проліферації і диференціювання Т-лімфоцитів, на їх поверхні з'являються специфічні рецептори. Епітеліальні клітини залишаються пов'язаними один з одним тільки міжклітинними містками, набуваючи виду рихлої мережі (епітеліоретикулярні клітини). У мозковій речовині з'являються шаруваті епітеліальні тільця (тільця Гассала).

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови: Паренхіматозний часточковий, складається із строми і паренхіми. Строма ділить орган на часточки.

Морфологічна характеристика часточки – кожна часточка має неправильну форму і складається з:

- кіркової речовини – темна, розташована на периферії часточки;
- мозкової речовини – світла, розташована в центрі часточки. У ній визначаються шаруваті епітеліальні тільця Гассала.

Компоненти стромы:

- капсула – ПВСТ;
- міжчасточкові перегородки;
- внутрішньочасточкові прошарки ПВСТ з капілярами соматичного типу.

Паренхіма представлена: лімфоїдною тканиною.

Лімфоїдна тканина тимусу включає лімфоцити на різних стадіях розвитку (антиген-незалежна проліферація і диференціювання) і епітеліоретикулярних клітин. Лімфоцити, що розвиваються в тимусі, називають також тимоцитами.



Рис. 32. Тимус. Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Епітеліоретикулоцити – клітини епітеліальної природи, мають відростчасту форму, пов'язані між собою десмосомами і лежать на базальній мембрані.

Функції епітелоретикулярних клітин тимусу:

- утворюють опорний каркас;
- формують мікрооточення для лімфоцитів, регулюючи їх виживання;
- перешкоджають проникненню антигенів – входять до складу гемато-тимусного бар'єру;

- утворюють біологічно активні речовини – тимозин, тимометин, цитокіни;
- презентують аутоантигени в процесі диференціювання і селекції Т-лімфоцитів.

Виділяють наступні типи епітеліоретикулоцитів:

- I тип – розташовані на межі з перегородками і капсулою, оточують судини кіркової речовини, формують бар'єр;
- II тип – знаходяться всередині кіркової речовини і оточують тимоцити. Ці клітини мають відростчасту форму і кишені, в яких розташовані лімфоцити. Регулюють ділення і диференціювання лімфоцитів, тому їх також називають "клітини-няньки";
- III тип – утворюють функціональний бар'єр між кірковою і мозковою речовиною. Презентують тимоцитам антигени власного організму;
- IV тип – знаходяться в мозковій речовині. Разом з III типом утворюють бар'єр між кірковою і мозковою речовиною;
- V тип – формують каркас мозкової речовини, беруть участь в процесах негативної селекції лімфоцитів;
- VI тип – епітеліальні шаруваті тільця – тільця Гассалья. Секретують тимозин і тимометин.

Зони часточки тимусу. У кожній часточці тимусу виділяють 4 зони:

1. **Зовнішня кіркова речовина** – тонкий шар завтовшки в 3-4 клітини. Тут розташовані прогенітори і відбувається антиген незалежна проліферація клітин – лімфобластів.
2. **Глибока кора** – формує велику частину кіркової речовини – тут відбувається диференціювання тимоцитів, що супроводжується появою на їх поверхні рецепторів до антигенів (TCR - Т-клітинні рецептори) і маркерів – CD4 і CD8.
3. **Мозкова речовина** – зона, де відбувається негативна селекція і елімінація "небезпечних лімфоцитів". Зрілі лімфоцити, що пройшли селекцію звідси потрапляють в кров і заселяють Т-зони периферичних органів імуногенезу.
4. **Периваскулярна зона** – зона навколо внутрішньочасточкових судин. У кірковій речовині – містить структури гемато-тимусного бар'єру. У мозковій речовині розташовані посткапілярні венули, через які відбувається вихід лімфоцитів в кров, а також рециркуляція лімфоцитів.

У мозкову речовину поступає тільки 2-5 % лімфоцитів, що проходять диференціювання в кірковій речовині, 95-98 % Т-лімфоцитів кіркової

речовини гине на межі між кірковою і мозковою речовиною шляхом апоптозу.

Причини загибелі лімфоцитів у тимусі: 95-98 % Т-лімфоцитів в процесі диференціювання набувають рецептори до антигенів власного організму. Ці лімфоцити "особливо небезпечні". Їх вихід в кров може вести до розпізнавання і знищення власних білків (структур, клітин) організму, що лежить в основі розвитку аутоімунної патології. Тому запускається програма апоптозу (запрограмованої загибелі клітин). Фрагменти загиблих клітин віддаляються макрофагами.

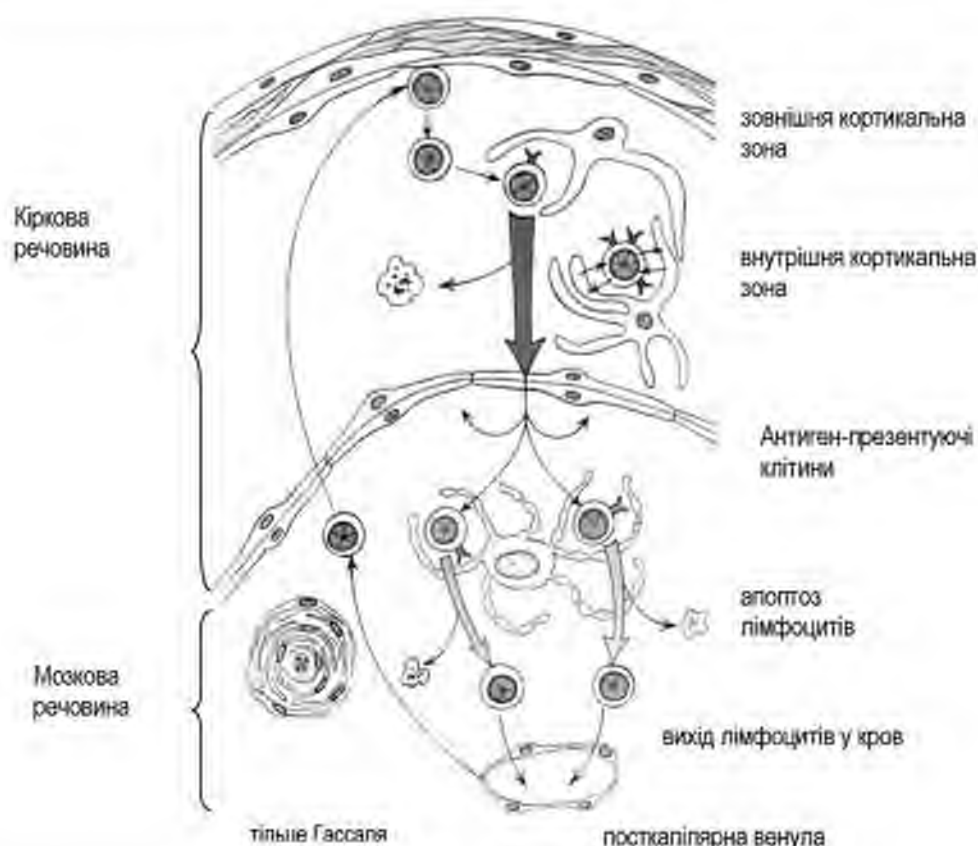


Рис. 33. Зони часточки тимусу. Схема.

Ross M.H. Histology: a text and Atlas with correlated cell and molecular biology, – 2011

Механізми відбору і знищення "небезпечних" лімфоцитів.

Важливу роль в контролі якості диференціювання лімфоцитів відіграють епітеліоретикулярні й антиген-презентуючі клітини. Відбір "якісних" лімфоцитів включає два етапи: позитивна і негативна селекції.

Позитивна селекція – дозволяє обрати лімфоцити, які здобули на поверхні рецептори і CD маркери.

Негативна селекція – відбувається шляхом представлення власних білків лімфоцитам. Якщо вони розпізнають свій білок як антиген, в них активується програма апоптозу. Знищення лімфоцитів, які експресують рецептори до власних білків і структур (аутоантигенум) лежить в основі підтримки толерантності до аутоантигенів, що попереджає розвиток аутоімунної патології.

Всі Т-лімфоцити в процесі диференціювання експресують CD3 (маркер Т-лімфоцитів). Т-лімфоцити що спочатку утворюються, експресують як CD4, так і CD8 (CD4CD8 – дабл-позитивні). Після придбання Т-кліткового рецептора до антигену (TCR) відбувається остаточне диференціювання Т-лімфоцитів, і вони зберігають лише один маркер: CD4 (Т-хелпери) або CD8 (Т-кілери). Крім того, частина CD4 додатково експресує CD25 і Foxp3 – такі клітини стають Т-регуляторними клітинами.

Важливою умовою якісної селекції лімфоцитів є запобігання проникненню до лімфоцитів, що проходять диференціювання, сторонніх антигенів. Це досягається завдяки наявності гемато-тимусного бар'єру.

Гемато-тимусний бар'єр включає:

1. ендотелій капілярів соматичного типу на базальній мембрані;
2. периваскулярну ПВСТ з макрофагами;
3. епітеліоретикулоцити на базальній мембрані.

Інволюція (зворотний розвиток) тимусу

Тимус піддається зворотному розвитку до 14-15 років. Це супроводжується редукцією лімфоїдної тканини, яка заміщається білою жировою і пухкою волокнистою сполучною тканинами.

Після стресу, травми, інфекції у дітей можлива передчасна (акцидентальна) інволюція тимусу. Це пов'язують з викидом при стресі в кров великої кількості глюкокортикоїдів, які викликають апоптоз лімфоцитів. Такий стан часто веде до розвитку імунодефіцитного стану.

СЕЛЕЗІНКА

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Селезінка відноситься до периферичних органів кровотворення і імуногенезу. Селезінка – найбільший орган кровотворення, розташована в лівому підребер'ї на рівні від IX до XI ребра, вкрита очервиною. Виділяють дві поверхні селезінки: зовнішню

(діафрагмальну) і внутрішню (вісцеральну). На внутрішній поверхні знаходяться ворота органу, в яких розташовуються лімфатичні судини, що відводять лімфу, артерія і вени, гілки селезінкового сплетення.

Кровообіг. Селезінка кровопостається селезінковою артерією – найбільш великою гілкою черевного ствола (truncus celiacus). Відтік здійснюється через селезінкову вену в v. portae.

У селезінці функціонує дві системи кровообігу:

- закритий тип (кров з артеріальних судин поступає в капіляри, і потім через синусоїдальні судини відтікає у вени);
- відкритий тип (кров з артеріоли вільно викидається в тканини, звідки через стінку синусоїдальних судин повертається у венозні судини).

Інервація. Гілки plexus splenicus розташовані вздовж селезінкової артерії і вени, з якими проникають в орган. Селезінкове сплетення утворюється гілками лівих вузлів черевного сплетення і гілками блукаючих нервів.

Ембріологія

Джерело розвитку – мезенхіма.

Закладка селезінки відбувається на 5-му тижні ембріонального періоду розвитку в товщі мезенхіми дорсальної брижі у виді щільного скупчення мезенхімних клітин з первинними кровоносними судинами. Потім частина клітин диференціюється в ретикулярну тканину, яка заселяється стовбуровими гемопоетичними клітинами. До 5 місяця селезінка функціонує як універсальний орган гемопоезу. Потім активність мієлопоезу знижується, а лімфопоезу – посилюється.

ФУНКЦІЇ СЕЛЕЗІНКИ:

1. специфічний імунний захист – реакції клітинного і гуморального імунітету;
2. елімінація старих або пошкоджених еритроцитів і тромбоцитів;
3. депонування крові;
4. участь в пігментному обміні (залізо);
5. універсальний орган гемопоезу до 5 місяця ембріогенезу.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови селезінки: паренхіматозний. Орган має струму і паренхіму.

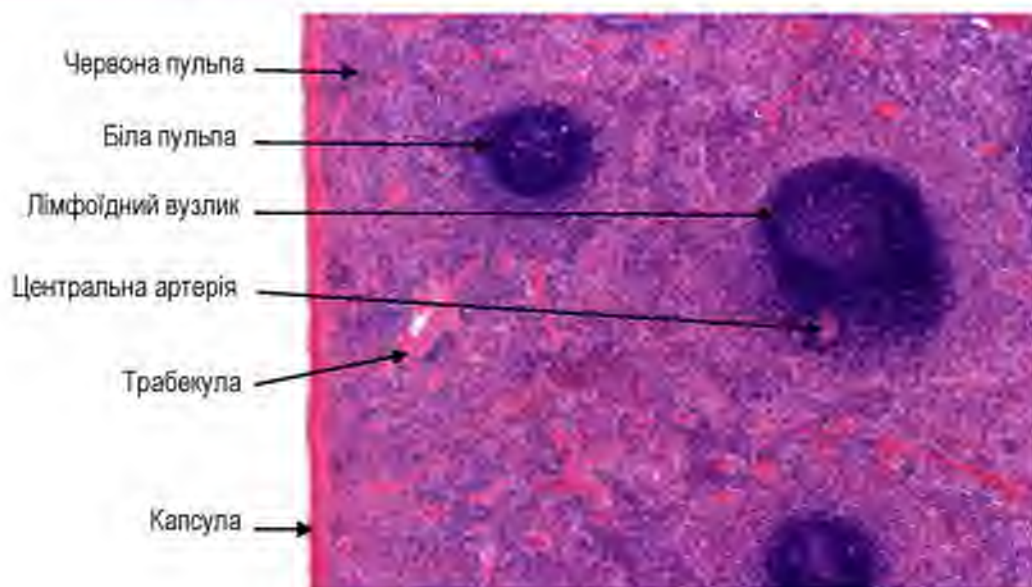


Рис. 34. Селезінка.
Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Строма формує:

1. на поверхні органу – капсулу;
2. всередині органу – трабекули.

Капсула покрита очеревиною (ПВСТ + мезотелій).

Тканинний склад стромы:

- щільна сполучна тканина – містить багато еластичних волокон;
- гладкі міоцити.

Разом ці структури формують опорно-скорочувальний апарат селезінки, що забезпечує депонування крові (розтягування еластичних волокон) і викид крові в системний кровоплин (гладкі міоцити).

Паренхіма включає два компоненти:

1. **біла пульпа** – складає 20-25 %, виконує функцію імуногенезу (утворення лімфоцитів при стимуляції антигеном);
2. **червона пульпа** – формує 75-80 % паренхіми органу – забезпечує депонування крові й утилізацію старих формених елементів крові.

Біла пульпа селезінки утворена лімфоїдною тканиною, яка формує:

1. лімфатичні периартеріальні піхви (навколо центральної артерії);
2. лімфоїдні вузлики (фолікули).

Лімфатична периартеріальна піхва – скупчення лімфоцитів (переважно Т-лімфоцитів) навкруги і вздовж центральної артерії.

Лімфоїдний вузлик – скупчення лімфоїдної тканини округлої форми, яка утворюється вздовж періартеріальної піхви після стимуляції антигенами.

До складу лімфоїдних вузликів входить центральна артерія, яка розташована ексцентрично.

У лімфоїдному вузлику виділяють 4 зони:

- 1) періартеріальна зона;
- 2) гермінативний центр (центр розмноження);
- 3) мантійна зона;
- 4) маргінальна зона.

Кожна зона має певний клітинний склад і виконує специфічні функції.

Характеристика зон білої пульпи:

1. Періартеріальна зона – ділянка навколо центральної артерії. Це Т-зона – тут відбувається антиген-залежна проліферація і диференціювання Т-лімфоцитів.

Клітинний склад: Т-лімфоцити, дендритні (стара назва – інтердигтуючі) клітини.

2. Центр розмноження (гермінативний центр) – в центрі лімфоїдного вузлика. Це В-зона – тут відбувається антиген-залежна проліферація і диференціювання В-лімфоцитів.

Клітинний склад: В-лімфобласти, фолікулярні дендритні клітини (фолікулярні відростчаті клітини), макрофаги, Т-хелпери.

3. Мантійна зона – оточує центр розмноження.

Клітинний склад: малі В-лімфоцити, невелика кількість Т-лімфоцитів, макрофаги.

4. Крайова (маргінальна) зона – на межі між білою і червоною пульпою, оточена маргінальними синусами.

Клітинний склад: рециркулюючі клітини.

У білій пульпі здійснюється антиген-залежна проліферація і диференціювання лімфоцитів. Цей процес включає наступні етапи:

- АГ потрапляє з кров'ю до селезінки, і в лімфоїдній тканині запускає імунні реакції;
- АПК поглинає АГ, і після процесингу виставляє його частину (епітоп) на своїй поверхні з молекулою МНС II для презентації лімфоцитам;
- Хомінг лімфоцитів відбувається через маргінальні синуси;

- Т-хелпер розпізнає комплекс АГ+МНС II на поверхні АПК. Паралельно молекула В7 на поверхні АПК зв'язується з CD28 на Т-хелпері, що стимулює продукцію інтерлейкіна-1 антиген-презентуючою клітиною;
- Активованій інтерлейкіном-1 Т-хелпер синтезує інтерлейкін-2, який запускає активацію і диференціювання Т-кілерів (клітинний імунітет) і Т-хелперів (аутокринна регуляція);
- АГ зв'язується з Ig на поверхні В-лімфоцита, відбувається процесінг АГ В-лімфоцитом і виставлення його з молекулою МНС II на його поверхні, Т-хелпер впізнає цей комплекс на поверхні В-лімфоцита, секретує інтерлейкіни 2, 4 і 5, які активують проліферацію В-лімфоцитів та їх диференціювання у плазмоцити (гуморальний імунітет).

У червоній пульпі виділяють 2 структурних компоненти:

1. Пульпарні тяжі (тяжі Більтота).
2. Синусоїди селезінки.

Синусоїди (венозні синуси) червоної пульпи – широкі тонкостінні судини неправильної форми, вистилають ендотеліальними клітинами веретеноподібної форми з вузькими щілинами між ними (гратчастий ендотелій). Базальна мембрана – переривчаста. Через щілини ендотелію в просвіт синусів з тяжів (з системи відкритої циркуляції крові) мігрують формені елементи.

Пульпарні тяжі включають до свого складу:

1. Ретикулярну тканину, плазмоцити, макрофаги (сидерофаги).
2. Формені елементи крові (відкритий кровоплин).

Система кровопостачання селезінки.

У кровопостачанні селезінки виділяють 2 системи – відкритого і закритого кровообігу.

Елімінація старих або пошкоджених еритроцитів і тромбоцитів включає наступні етапи:

1. по відкритій системі кровообігу формені елементи крові поступають в червону пульпу;
2. старі або пошкоджені еритроцити і тромбоцити захоплюються макрофагами пульпарних тяжей і піддаються руйнуванню;
3. в результаті розщеплення гемоглобіну еритроцитів утворюються і виділяються в кровоток білірубін; залізо, що звільнилося, транспортується за допомогою трансферину;
4. білірубін переноситься в печінку, входить до складу жовчі;

5. трансферин з кровотоку захоплюється макрофагами кісткового мозку, які забезпечують залізом еритроцити, що знову розвиваються;
6. функціонально активні формени елементи крові повертаються в селезінкові венозні синуси через отвори в ендотелії і БМ.

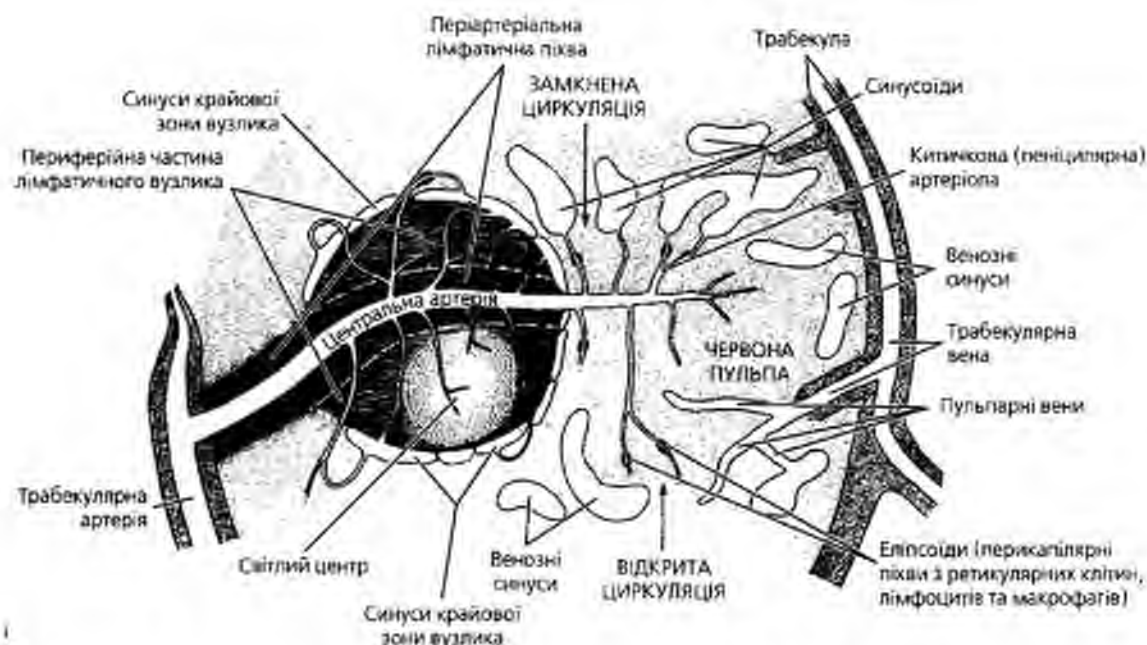
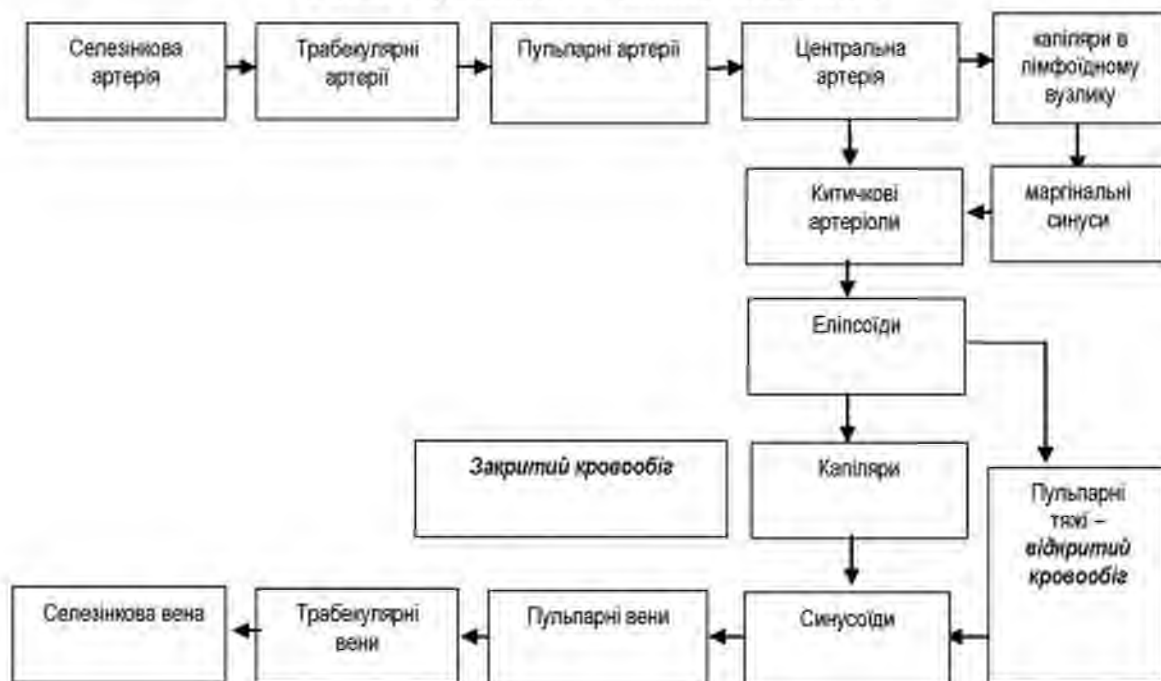


Рис. 35. Кровопостачання селезінки. Схема.
Гістологія людини /Луцик О.Д. і співав. – 2013 р.

Схема кровопостачання селезінки



ЛІМФАТИЧНІ ВУЗЛИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Лімфатичні вузли (ЛВ) є периферичними органами імуногенезу, розташовуються по ходу лімфатичних судин. У тілі людини виділяють близько 150 груп лімфовузлів, званих регіонарними. Загальне число лімфатичних вузлів в організмі людини приблизно 1000, що складає близько 1 % маси тіла.

Кожен ЛВ є бобоподібним утворенням розміром 0,5-1,5 см. Одна сторона лімфатичного вузла опукла; через неї входять лімфатичні судини, що приносять лімфу (аферентні). Інший бік – увігнутий; тут розташовуються ворота вузла. З воріт виходять еферентні лімфатичні судини і вени, а входять – артерія і нерви.

Лімфатичні вузли – реактивні структури. За умов дії різних чинників (радіації, інфекції, інтоксикації та ін.) змінюється їх розмір і структура, що широко використовується в діагностиці різних захворювань (лімфаденіт, інфекційний мононуклеоз, пухлинний процес та ін.).

Кровопостачання лімфатичного вузла здійснюється гілками регіонарних судин. У воротах вузла від артерій відходять гілки, що проходять у трабекулу. Гілки артерій формують два сплетіння капілярів – в області лімфоїдних вузликів кіркової речовини і в мозковій речовині. Капілярні мережі продовжуються у венули з високим ендотелієм, розташовані переважно в паракортикальній зоні. Ці судини забезпечують хомінг лімфоцитів і рециркуляцію лімфоцитів між кров'ю і лімфою. Звідси кров поступає у вени, які виходять через ворота вузла.

Джерело розвитку – мезенхіма.

Утворення лімфатичних вузлів починається в кінці 2-го – початку 3-го місяця ембріогенезу з мезенхіми в ділянках навколо кровоносних і лімфатичних судин. На 16-му тижні утворюються лімфатичні вузлики і мозкові тяжі. Наприкінці 5-го місяця лімфатичні вузли набувають ознак дефінітивного кровотворного органу.

ФУНКЦІЇ:

1. беруть участь в імунних реакціях клітинного і гуморального типу (антиген-залежна проліферація і диференціювання Т- і В-лімфоцитів);
2. фільтрація лімфи, що відтікає від різних ділянок тіла і органів. Лімфатичні вузли відіграють роль механічного і біологічного фільтру, затримують вступ в кров чужорідних часток, бактерій, клітин злоякісних пухлин, токсинів та ін.;

- депонування лімфи: в нормі певна кількість лімфи затримується в лімфовузлі і вимикається з лімфоток.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови: паренхіматозний, в органі виділяють строму і паренхіму.

Строма формується:

- Капсулою (щільна волокниста сполучна тканина з окремими гладкими міоцитами).
- Трабекулами (сполучна тканина) з кровоносними судинами. Капсула і трабекула формують єдиний опорний каркас органу.
- Системою синусів – порожнини, заповнені ретикулярною тканиною – забезпечують циркуляцію і фільтрацію лімфи. Лімфа поступає в синуси з лімфатичних судин, що приносять, і циркулює в напрямі від капсули – до воріт органу. Лімфа, очищена і збагачена лімфоцитами і антитілами, через виносну судину поступає в загальний лімфоток.

Паренхіма представлена лімфоїдною тканиною. В ній є:

- Кіркова речовина** – темна, розташована на периферії органу. В ній виділяють:
 - зовнішню частину;
 - глибоку частину – паракортикальну зону.
- Мозкова речовина** – центральна світла частина органу, обернена до воріт органу.

Зони лімфатичного вузла.

Лімфоїдна тканина лімфатичного вузла утворює:

- Вузлики (фолікули) – в зовнішній частині кіркової речовини.
- Дифузне скупчення лімфоцитів – в паракортикальній зоні.
- Мозкові тяжі – в мозковій речовині.

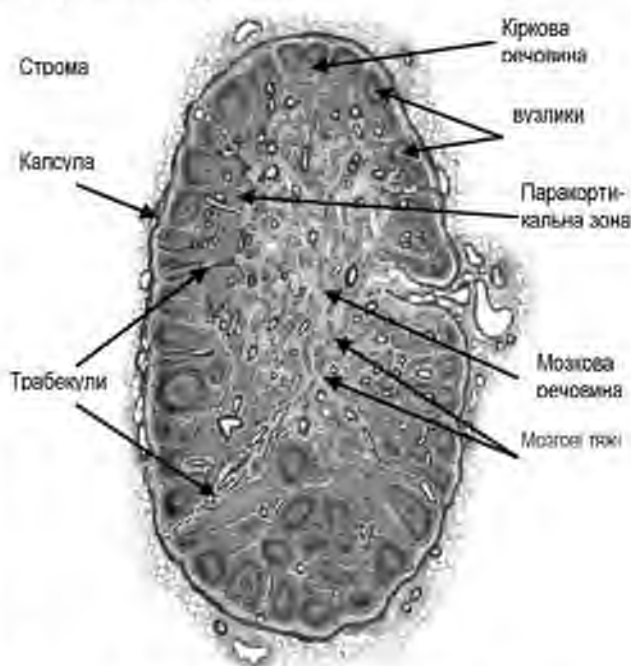


Рис. 36. Лімфатичний вузол. Схема.
Гистологія і ембріологія. Атлас: учебное пособие. Быков В.Л., Юшканцева С.И. 2013. - 296 с

ХАРАКТЕРИСТИКА КІРКОВОЇ РЕЧОВИНИ

Зовнішня частина кіркової речовини представлена лімфоїдними вузликами (фолікулами).

Лімфоїдний фолікул – це кулясте утворення, складається з лімфоцитів і клітин мікрооточення – ретикулярних клітин і макрофагів. Обов'язковим елементом вузликів є антиген-презентуючі – дендритні клітини.

Кількість вузликів та їх розмір залежить від ряду умов, у тому числі від контакту організму з антигенами. При стимуляції антигенами кількість вузликів та їх розмір збільшується. При стимуляції антигеном відбувається формування світлого центру, оточеного темною мантиєю. Період існування таких активних вузликів складає 2-3 тижні.

Виділяють первинні й вторинні лімфоїдні вузлики (фолікули).

Первинні вузлики – не стимульовані (в стані спокою), дрібні, темні, складаються з не активних (наївних) /що покояться В-лімфоцитів.

Вторинні вузлики – утворюються після стимуляції антигеном, складаються з гермінативного центру і навколишньої темної області, корони (мантийна зона). Гермінативний центр утворений плазмобластами (лімфобластами); це великі клітини зі світлим ядром. У короні знаходяться проплазмоцити і В-клітини пам'яті; це дрібні темні клітини.

Функціональне значення лімфоїдних вузликів

Гермінативний центр вузликів – В-зона; у ній відбувається антиген-залежна проліферація і диференціювання В-лімфоцитів. Результатом цього процесу є утворення плазмобластів, що мігрують в мозкові тяжі. Тут завершується їх диференціювання в плазмоцити, які продукують антитіла в лімфу.

Відмінності в будові лімфоїдних вузликів в лімфатичному вузлі і селезінці:

- 1) Локалізація: лімфоїдні вузлики в лімфатичному вузлі розташовані на периферії, в селезінці – хаотично.
- 2) Наявність артерії: в селезінці у складі вузликів є центральна артерія, розташована ексцентрично. У лімфатичному вузлі вузлики містять тільки капіляри.
- 3) Кількість зон: в лімфоїдному вузлику (фолікулі) селезінки виділяють 4 зони, в лімфатичному вузлі – 2.

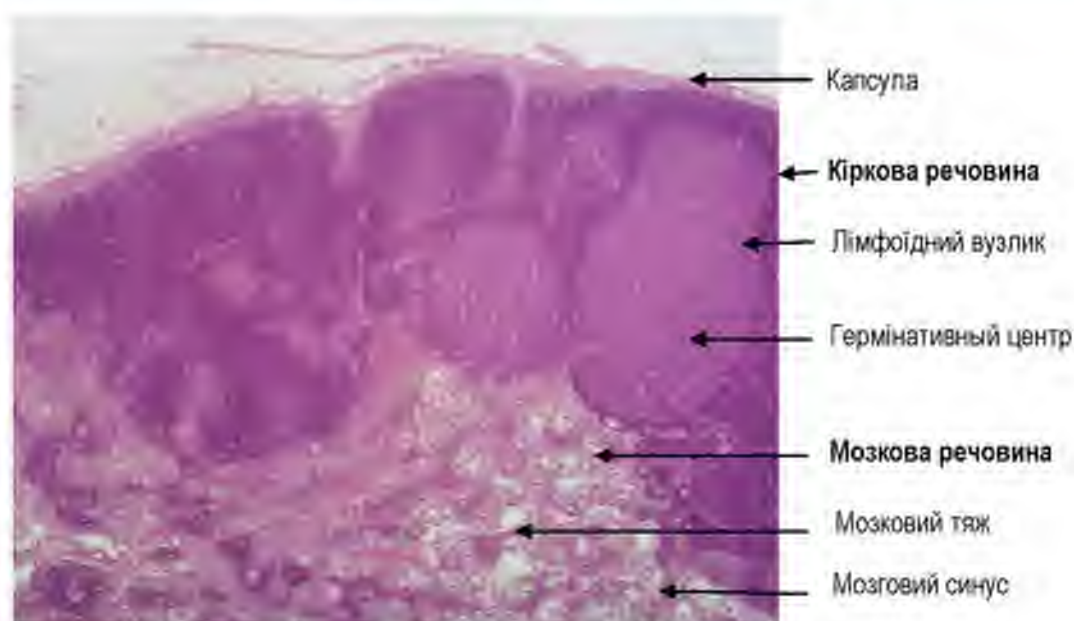


Рис. 37. Лімфатичний вузол.
Забарвлення гематоксиліном та еозином.

Паракортикальна зона – розташована на межі з мозковою речовиною, є плато з щільно розташованих лімфоцитів.

Клітинний склад: Т-клітини різних видів, ретикулярні клітини, макрофаги, дендритні клітини.

У цій зоні розташовуються особливі судини – посткапілярні венули з високим ендотелієм. Вони служать місцем для міграції лімфоцитів з крові в тканину (хомінг) і назад.

Функціональне значення паракортикальної зони – є Т-зоною, місцем реалізації реакцій клітинного імунітету.

Мозкова речовина утворена мозковими тяжами, у складі яких багато плазмоцитів, макрофагів і ретикулярних клітин. Плазмоцити – це ефекторні клітини, які продукують антитіла (імуноглобуліни). Плазмоцити можуть функціонувати безпосередньо в мозкових тяжках або виселятися в інші органи.

Функціональне значення мозкової речовини пов'язане з В-зоною (гермінативним центром вузликів). Тут завершується дозрівання плазматичних клітин, які синтезують імуноглобуліни.

Синуси лімфатичного вузла:

- крайовий (субкапсулярний);
- навколовузликівий (проміжний);

- мозковий синус;
- комірний синус.

Напрямок руху лімфи у лімфатичному вузлі: аферентні лімфатичні судини → крайовий (субкапсулярний) синус → проміжні кіркові синуси → мозковий синус → ворітний синус → виносна лімфатична судина в області воріт.

Очищення лімфи пов'язане з її транспортом через лімфатичні синуси. Стінка синусів вистелена ретикулоендотеліальними клітинами; між клітинами є щілини, в які проникають лімфоцити і відростки макрофагів (берегові макрофаги). У просвіті синусів знаходяться окремі ретикулярні клітини, макрофаги і лімфоцити.

Синуси забезпечують механічну і біологічну фільтрацію лімфи.

Механічна фільтрація пов'язана з тим, що всередині синусів розташована мережа ретикулярних клітин, розташованих на ретикулярних волокнах.

Біологічне очищення лімфи забезпечується береговими макрофагами, які захоплюють антигени, доставляючи їх в Т- або В-зони кіркової речовини, де включаються реакції клітинного або гуморального імунітету.

ІМУННА СИСТЕМА ШКІРИ І СЛИЗОВИХ ОБОЛОНОК (MALT)

Це скупчення АПК і лімфоцитів на слизових оболонках шлунково-кишкового тракту, бронхів, сечостатевого шляху, вивідних проток молочних і слинних залоз, а також в шкірі.

Імунна система шкіри і слизових оболонок представлена у виді окремих лімфоцитів, дифузних скупчень клітин, поодиноких або групових лімфоїдних вузликів (мигдалини, червоподібний відросток, групові лімфатичні вузлики або Пейєрові бляшки кишки).

Лімфоїдна тканина шкіри і слизових оболонок відноситься до периферійної ланки імунної системи, і здійснює локальний імунний захист органів.

Особливості структурної організації

Загальними для всіх цих ділянок є розташування лімфоцитів в пухкій волокнистій сполучній тканині слизових оболонок, і формування лімфо-епітеліального симбіозу. Крім того, плазмоцити в шкірі і слизових оболонках продукують переважно секреторний тип імуноглобулінів – IgA, які входять до складу секрету на поверхні шкіри і слизових оболонках, зв'язуючи антигени до їх проникнення через покриви.

МИГДАЛИКИ

Розташовуються на межі ротової порожнини і глотки. У слизовій оболонці мигдалин знаходяться скупчення лімфоїдної тканини. Мигдалини утворюють лімфо-епітеліальне глоткове кільце Пирогова:

- Піднебінні мигдалики (парні).
- Глотковий мигдалик (непарний).
- Язичний мигдалик (непарний).
- Трубні мигдалики (парні).
- Гортанний мигдалик (непарний).

Всі мигдалики мають загальний план будови, який розглянутий на прикладі піднебінного мигдалика.

Піднебінний мигдалик – скупчення лімфоїдної тканини в складках слизової оболонки. Між складками слизової оболонки утворюються глибокі щілини – **крипти**, що формують анатомічні "пастки" для антигенів.

Слизова оболонка включає два шари (пластинки):

1. Багатшаровий плоский незроговілий епітелій. В ньому виділяють зони інтактного епітелію, і зони інфільтрації лімфоцитами.
2. Власна пластинка – пухка волокниста сполучна тканина і розташовані в ній численні скупчення лімфоїдної тканини.

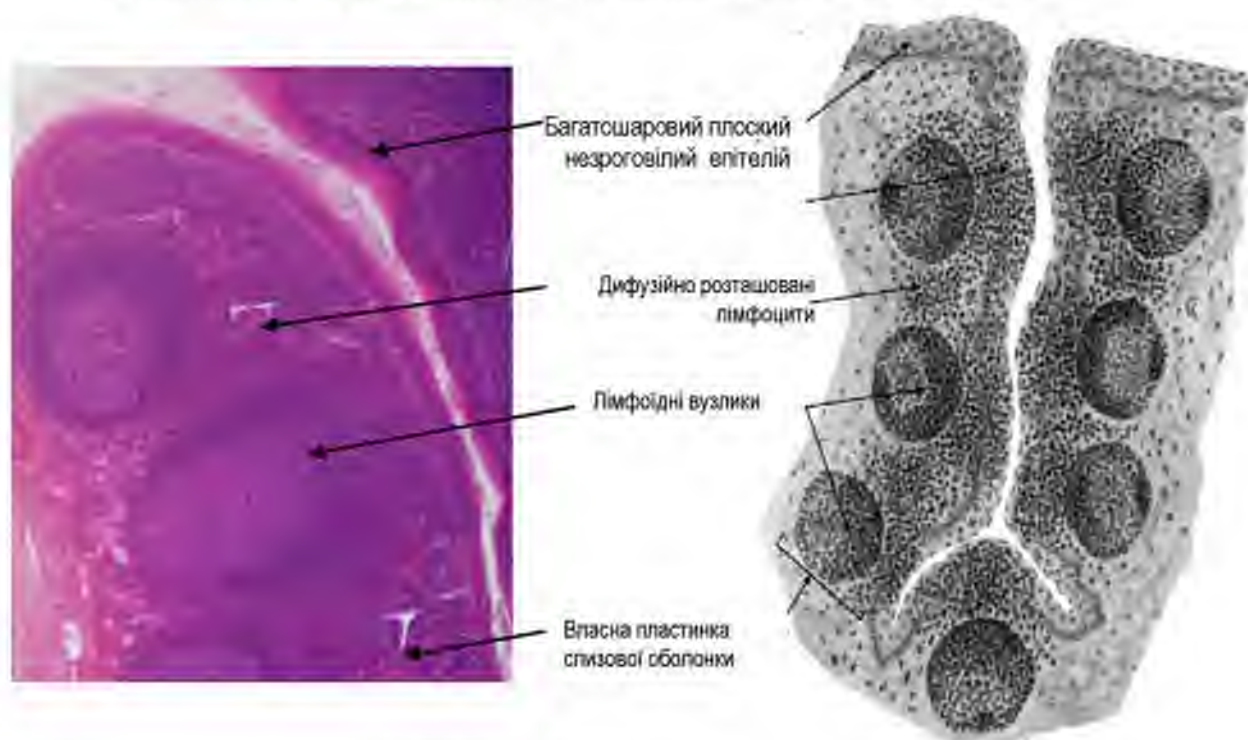


Рис. 38. Піднебінний мигдалик
А – препарат, Б – схема (по Быкову В.Л.)

Лімфоїдна тканина мигдаликів формує три зони:

1. **Лімфоїдні фолікули** – мають кулясту форму, в них розрізняють дві зони:
 - Центр розмноження (центральна світла зона – В-зона) – утворена В-лімфобластами і В-лімфоцитами.
 - Периферійна (темніша зона) – місце локалізації В-лімфоцитів, Т-хелперів і Т-регуляторних клітин.
2. **Міжфолікулярні скупчення** лімфоцитів (Т-зона), тут же розташовуються посткапілярні венули, що забезпечують хомінг лімфоцитів.
3. **Надвузликове скупчення** лімфоцитів – є фронт міграції лімфоцитів у бік покривного епітелію – для елімінації антигенів.

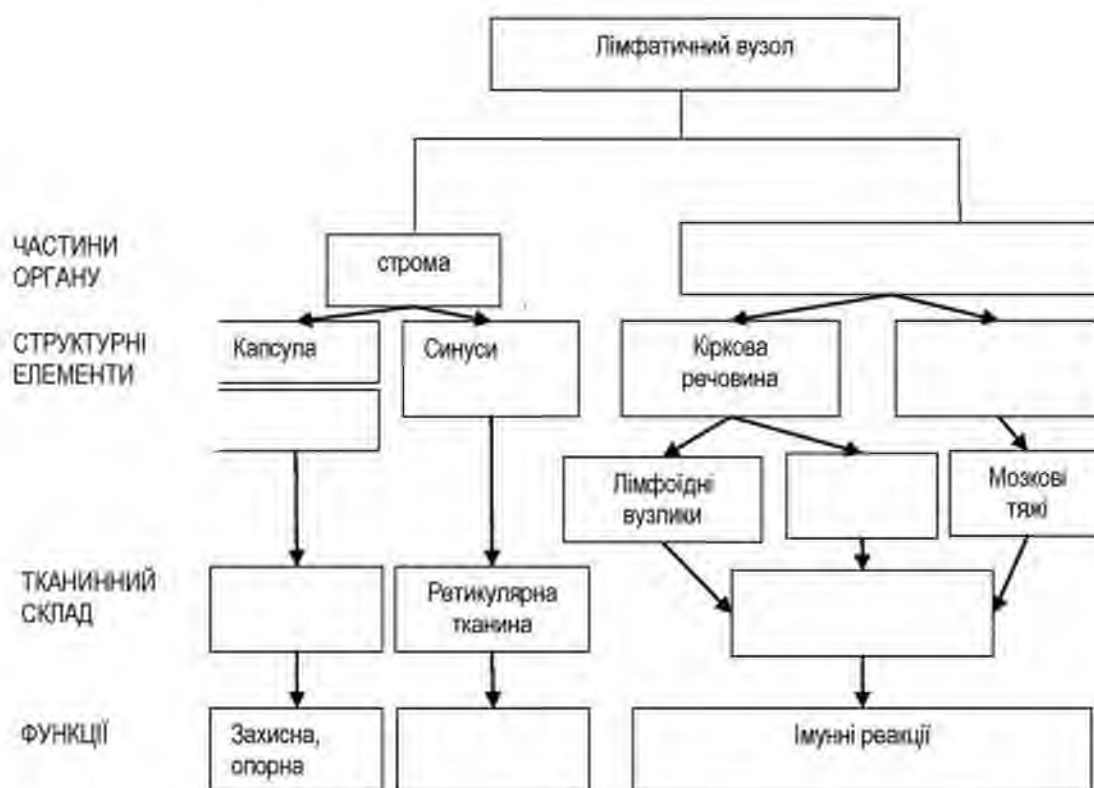
Нижче розташовується підслизова оболонка – це пухка волокниста сполучна тканина, яка супроводжує судини і нерви, містить кінцеві відділи залоз (слизові оболонки). Між слизовою оболонкою і підслизовою оболонкою розташована капсула, що утворена щільною сполучною тканиною.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Для перевірки рівня знань заповніть таблицю.

Орган кровотворення і імуногенез	Локалізація	Ключові морфологічні ознаки	Функціональне значення

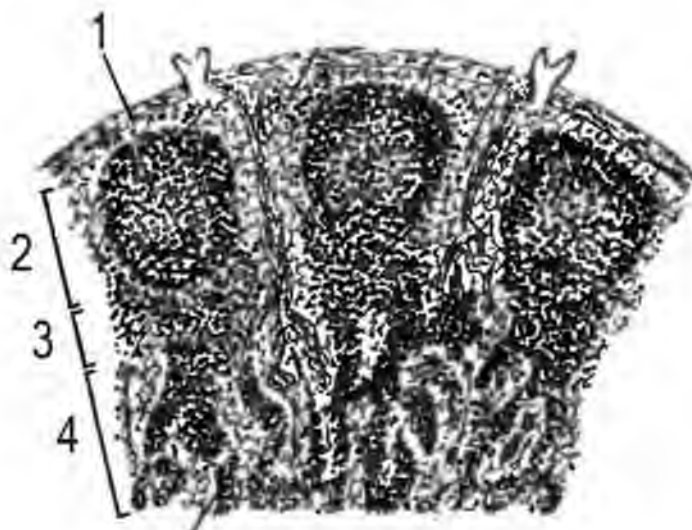
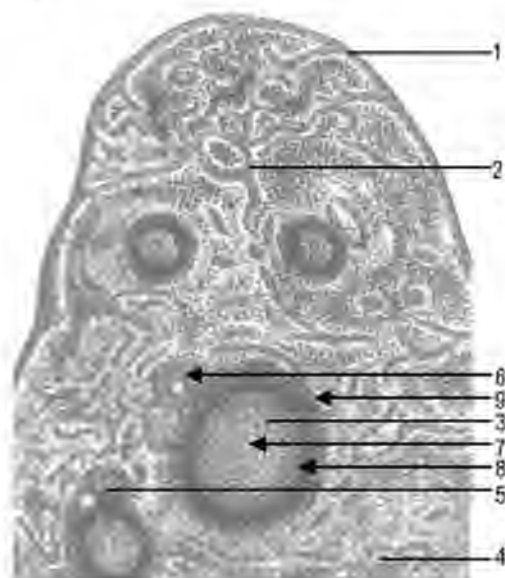
2. Заповніть графі логічної структури.



3. Для відпрацювання навичок діагностики визначте на малюнках органи та їх структурні компоненти

Назва органу -

- 1 -
- 2 -
- 3 -
- 4 -
- 5 -
- 6 -
- 7 -
- 8 -
- 9 -



Назва органу -

- 1 -
- 2 -
- 3 -
- 4 -

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

АКТУАЛЬНІСТЬ: Гормони, які виробляються клітинами ендокринної системи, регулюють усі життєво важливі процеси в організмі людини і забезпечують адаптацію до дії факторів зовнішнього середовища (зміни температури, питного та харчового режиму, стресу). Крім того, ендокринна система тісно пов'язана з діяльністю інших інтегративних систем – нервової та імунної. Вивчення структурно-функціональної організації та розуміння принципів функціонування ендокринної системи лежить в основі розуміння клінічних проблем ендокринології, перинатології, кардіології, невідкладної медицини та інших галузей медицини.

Мета (загальна): Вміти інтерпретувати структурні основи функціонування органів ендокринної системи.

Кінцеві цілі навчання:

1. Трактувати роль і види гормонів, умови та принципи реалізації їх ефектів на клітини-мішені.
2. Інтерпретувати принцип ієрархічної організації та негативного зворотного зв'язку у функціонуванні структур ендокринної системи.
3. Визначати загальні принципи будови органів ендокринної системи.
4. Вміти диференціювати ендокринні залози у гістологічних препаратах, оцінювати їх функціональний стан.
5. Характеризувати структурно-функціональний стан клітин ендокринної системи, принципи та механізми регуляції їх секреторної активності.

ЗМІСТ НАВЧАННЯ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Ендокринна система – сукупність структур, які секретують гормони в кров і лімфу.

Структури, які виробляють гормони:

- ендокринні залози (залози внутрішньої секреції) – органи, спеціалізовані на секреції біологічно активних речовин (гормонів) у кров та біологічні рідини;
- групи клітин в органах зі змішаною функцією (що виконують ендокринну та неендокринну функції);
- поодинокі гормон-продукуючі клітини в епітелії порожнистих органів, які формують дифузну ендокринну систему (ДЕС).

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Гормони (від грец. *гормейн* приводити в рух, підганяти) – біологічно активні речовини, що регулюють процеси розвитку, росту, функціонування органів та адаптацію організму до дії зовнішніх та внутрішніх чинників в організмі людини.

Згідно з бохімічною класифікацією розрізняють наступні групи гормонів:

(1) *похідні амінокислот*: наприклад, тироїдні гормони (T_3 і T_4) та катехоламіни (дофамін, адреналін і норадреналін) є похідними амінокислоти тирозину; серотонін і мелатонін – похідні амінокислоти триптофану;

(2) *білкової природи* (пептиди, білки, глікопротеїни): наприклад, релізинг гормони гіпоталамуса, інсулін, ангіотензин II тощо. Ці гормони мають гідрофільну природу, після синтезу накопичуються у секреторних гранулах, вивільняються у кров шляхом екзоцитозу;

(3) *стероїди*, джерелом утворення яких служить холестерин. До стероїдних гормонів належать глюкокортикоїди, мінералокортикоїди та статеві стероїди (андрогени, естрогени, прогестерон). Стероїдні гормони не депонуються, а синтезуються у відповідності до потреб організму.

Різновиди гормонів за хімічною природою

Похідні амінокислот	Пептиди, поліпептиди та білки	Стероїди
Дофамін, Адреналін Норадреналін Серотонін Мелатонін Тироїдні гормони	Релізинг-гормони гіпоталамуса Тропні гормони аденогіпофіза Антидіуретичний гормон Окситоцин Пролактин Паратироїдний гормон (ПТГ) Кальцитонін Гастроінтестинальні гормони (гастрин, грелін, вазоінтестинальний пептид та ін.) Соматостатин Інсулін Глюкагон Панкреатичний поліпептид Ангіотензин II	Альдостерон Кортикостероїди Прогестерон Тестостерон Андростендіон Дигідротестостерон Дигідроепіандростерон 1,25-Дигідроксівітамін D

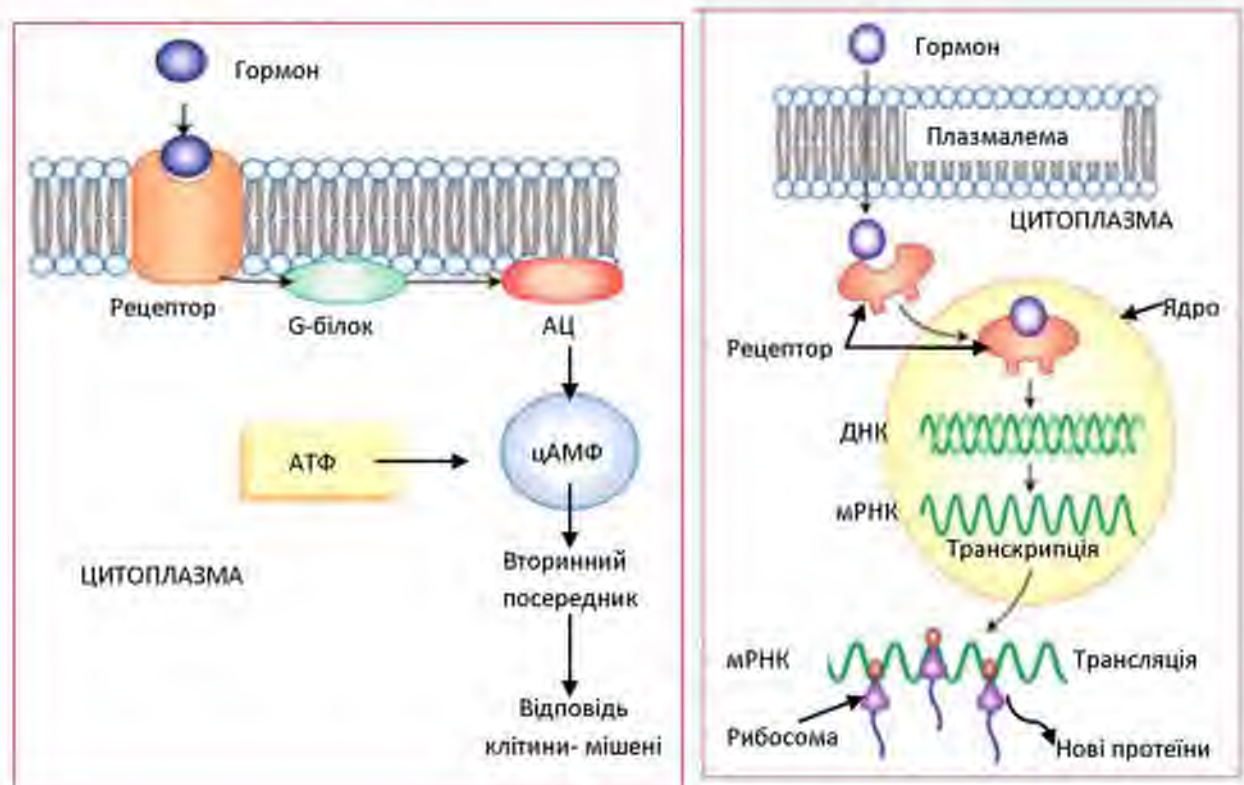
Гормони регулюють діяльність тільки тих клітин, котрі мають специфічні рецептори. Ці клітини мають назву **клітин-мішеней**. Кожен

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

гормон впливає на певний спектр клітин-мішеней. Деякі гормони чинять універсальний вплив на всі типи клітин.

Рецептори гормонів – молекули, що забезпечують зв'язування гормонів та реалізацію їхніх біологічних ефектів на клітини-мішені. Клітини-мішені можуть мати кілька видів рецепторів до одного гормону, наприклад, α_1 , α_2 і $\beta_{1,2}$ -адренорецептори до катехоламінів. Рецептори гормонів можуть мати різну локалізацію на клітинах-мішенях. Так, виділяють мембранні та ядерні рецептори.

Мембранні рецептори локалізуються на плазматичній мембрані. Такі рецептори зв'язують гормони білкової природи. Реалізація дії гормону при зв'язуванні з мембранним рецептором потребує участі ферментів, вторинних посередників (цАМФ, цГМФ, Ca^{2+} тощо), а також трансдукторів (протеїнкінази), які передають сигнал з плазматичної мембрани до цитоплазми і ядра клітини.



А

Б

Рис. 39. Мембранні (А) та ядерні (Б) рецептори гормонів.

Примітка: АЦ – аденілатциклаза, цАМФ – циклічний аденозин монофосфат
Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed, Lippincott Williams & Wilkins. – 2011. – 1256 p.

Гормони регулюють наступні процеси у клітинах-мішенях:

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА



КЛАСИФІКАЦІЯ СТРУКТУР ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ:

- 1. Центральні** – регулюють функцію периферійних ендокринних залоз:
 - гіпоталамус;
 - гіпофіз;
 - епіфіз.
- 2. Периферійні** – регулюють роботу інших органів:
 - щитоподібна залоза;
 - паращитоподібні залози;
 - наднирники.
- 3. Органи зі змішаною функцією** (виконують ендокринні та неендокринні функції):
 - гонади (сім'яники, яєчники);
 - плацента;
 - підшлункова залоза.
- 4. Поодинокі гормон-продукуючі клітини** (дифузна ендокринна система),

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ ЕНДОКРИННИХ ЗАЛОЗ

Тип будови: паренхіматозний. Орган складається зі стромы та паренхіми.

Строма включає капсулу (на поверхні органу) і внутрішньоорганний каркас, які забезпечують підтримуючу та трофічну функції.

Строма утворена сполучною тканиною. У капсулі – щільна неоформлена сполучна тканина, всередині органу – ПВСТ з судинами і нервами.

Для ендокринних залоз характерна наявність в стромі капілярів із фенестрованим (вісцеральним) ендотелієм, який забезпечує транспорт гормонів у кров.

Паренхіма – це тканина, що виконує специфічні функції органу.

Тканинний склад паренхіми в ендокринних залозах:

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- спеціалізований (залозистий) епітелій;
- спеціалізована нервова тканина.

Особливості будови нервової тканини в ендокринних залозах: складається з нейросекреторну клітин і глії.

Характеристика нейросекреторних клітин – секретують нейромедіатори і гормони.

Нейросекреторна клітина має всі ознаки нейрону:

- відросчасту форму (мультиполярні нейрони);
- дендрити формують синапси з секреторними нейронами інших відділів мозку;
- велике світле ядро;
- має специфічні органели (хроматофільна субстанція, нейрофіламенти);
- оточені гліальними клітинами.

Відмінності нейросекреторної клітини:

- в тілі та відростках багато **секреторних гранул**, що містять гормони;
- аксон має розширення – **накопичувальні тільця**;
- аксон закінчується на стінці капіляру з **фенестрованим ендотелієм**, формуючи **аксовазальний синапс**.



Рис. 40. Нейросекреторна клітина

Гистология, эмбриология, цитология / Под ред. Э.Г. Улумбекова, Ю.А. Чельшева - 2009.

Епітелій в ендокринних органах може формувати такі структури:

- фолікули;
- тяжі, трабекули;
- острівці;
- поодинокі клітини.

Будова ендокриноцитів: Більшість ендокринних клітин має світле (активне) ядро з перевалюванням еухроматину, одне або кілька ядерець.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

У цитоплазмі клітин, які продукують гормони пептидної природи – розвинений синтетичний апарат (гранулярна ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі), гормони накопичуються в секреторних гранулах.

Секреторні гранули накопичуються переважно в базальній частині ендокриноцитів – поблизу капілярів, забезпечуючи швидке вивільнення гормонів у кров.

На відміну від цього, клітини, які продукують стероїдні гормони, мають дещо іншу будову. У цитоплазмі таких клітин розвинена гладка ендоплазматична сітка, присутні ліпідні включення. Оскільки у синтезі стероїдів беруть участь мітохондрії, останні мають особливу будову – їх внутрішня мембрана утворює тубуло – везикулярні кристи.

Загальні принципи регуляції діяльності ендокринних залоз

Регуляція секреції гормонів здійснюється під впливом трьох ключових чинників: (1) регуляторних (так званих тропних) гормонів – це забезпечує ієрархічну організацію та принцип негативного зворотного зв'язку в ендокринній системі; (2) гуморальних чинників плазми крові – іонів Ca^{2+} , глюкози, тощо; (3) медіаторів вегетативної нервової системи, що забезпечує інтеграцію нервової та ендокринної систем.



Рис. 41. Основні типи регуляції діяльності ендокринних залоз

Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011.

Ієрархія та зворотній зв'язок у функціонуванні ендокринних залоз

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Ключову роль у роботі ендокринної системи відіграє **ієрархічна організація** – коли центральні органи регулюють секреторну активність периферійних ендокринних залоз, які, у свою чергу, контролюють функцію внутрішніх органів. Цей механізм забезпечує участь ендокринної системи у адаптації до змін зовнішнього чи внутрішнього середовища. Периферійні ендокринні залози можуть чинити вплив на роботу центральних відділів ендокринної системи. Так, зростання рівня гормонів, продукованих периферичними ендокринними залозами, пригнічує активність центральних органів ендокринної системи – проявляється механізм негативного зворотного зв'язку. Означений механізм забезпечує відновлення (підтримання) гомеостазу.

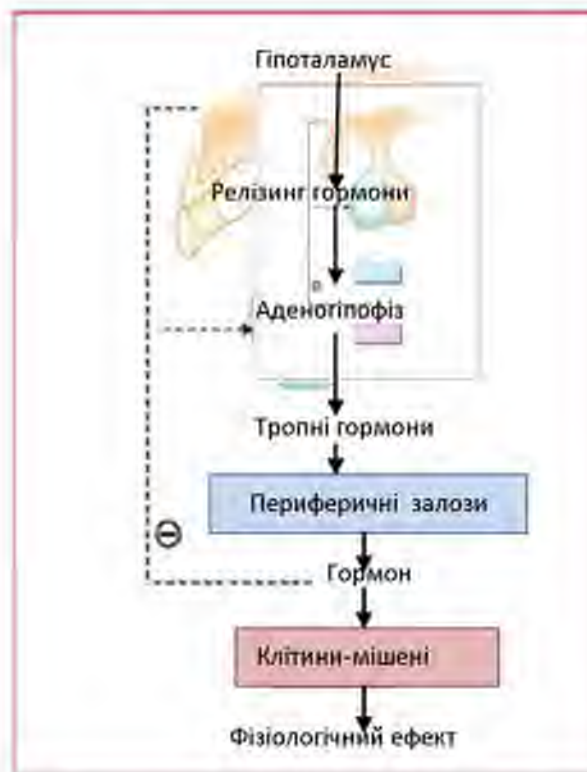


Рис. 42. Реалізація принципу негативного зворотного зв'язку в гістофізіології органів ендокринної системи

Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011.

ГІПОТАЛАМУС

Гіпоталамус – це центр ендокринної та вегетативної нервової системи.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

- гіпоталамус являє собою відділ проміжного мозку;
- входить до складу лімбічної системи мозку;
- формує зв'язки з різними структурами мозку;

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- анатомічно пов'язаний з гіпофізом (за допомогою гіпофізарної ніжки).

У гіпоталамусі виділяють три відділи:

- передній;
- середній;
- задній.

Задній відділ гіпоталамусу – є нервовим центром.

ЕНДОКРИННИЙ ГІПОТАЛАМУС

Передній і середній відділи гіпоталамусу відносяться до ендокринної системи.

Гіпоталамус представлений нервовою тканиною, яка складається з нейросекреторних клітин та глії. Нейросекреторні клітини формують скупчення – ядра гіпоталамусу.

Передній гіпоталамус:

- містить дві пари ядер – супраоптичні та паравентрикулярні;
- до складу ядер входять великі холінергічні нейросекреторні клітини;
- виробляють вазопресин (антидіуретичний гормон) та окситоцин.

Аксони нейросекреторних клітин прямують через гіпофізарну ніжку у нейрогіпофіз.

У нейрогіпофізі аксони нейросекреторних клітин формують на кровоносних судинах аксовазальні синапси, через які гормони виділяються в кров.

Середній гіпоталамус:

- містить декілька пар ядер, серед яких функціонально провідними вважаються 4 групи: аркуатні, вентромедіальні, інфундибулярні, дорсомедіальні;
- ядра містять дрібні адренергічні клітини;
- нейросекреторні клітини виробляють рилізінг-гормони – ліберіни та статини, які контролюють вивільнення секрету з клітин аденогіпофізу.

Аксони нейросекреторних клітин спрямовуються у медіальне піднесення, де закінчуються аксовазальними синапсами на судинах первинної капілярної сітки.



Рис. 43. Топографія гіпоталамуса та його ядер

Atlas of histology with functional and clinical correlations / Cui D. et al. – Baltimore. – 2011.

Характеристика ядер гіпоталамуса

Нейросекреторні ядра гіпоталамуса залежно від розмірів клітин та їхніх функціональних особливостей поділяють на крупно- і дрібноклітинні. **Крупноклітинні ядра** гіпоталамуса – супраоптичне і паравентрикулярне – утворені тілами нейросекреторних клітин, аксони яких виходять за межі гіпоталамуса; вони формують **гіпоталамо-гіпофізарний тракт**, прямуючи до нейрогіпофіза, де утворюють терміналі на капілярах.

Супраоптичні ядра складаються з великих холінергічних нейросекреторних клітин. Навколо ядра та у відростках цих клітин розміщені секреторні гранули. Великі холінергічні нейросекреторні клітини локалізуються також у центрі **паравентрикулярних ядер**; на периферії цих ядер містяться дрібні холінергічні нейросекреторні клітини. Клітини супраоптичних і паравентрикулярних ядер продукують антидіуретичний гормон (вазопресин) і окситоцин.

Дрібноклітинні ядра гіпоталамуса – **аркуатні, вентро-медіальні, інфундибулярні, дорсо-медіальні**. Нейросекреторні клітини цих ядер продукують **релізінг-гормони**, які підсилюють, або пригнічують вивільнення гормонів клітинами передньої частки гіпофіза, потрапляючи до них по ворітній (портальній) системі судин.

Крупноклітинні ядра гіпоталамуса структурно та функціонально пов'язані з нейрогіпофізом. Дрібноклітинні ядра через медіальне

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

підвищення та порталну систему пов'язані з аденогіпофізом. Аксони нейросекреторних клітин цих ядер утворюють терміналі на первинній капілярній мережі в серединному підвищенні, що є нейрогемальною контактною зоною. Ця мережа судин збирається у порталні вени, які прямують до аденогіпофіза і там розпадаються на вторинну капілярну сітку між тяжами ендокриноцитів.

Гормони гіпоталамуса та обумовлені ними біологічні ефекти

Гормон	Клітини-продуценти	Ефекти
Вазопресин (антидіуретичний гормон) АДГ	Крупні та дрібні клітини паравентрику-лярних ядер та крупні нейрони супраоптичних ядер	Стимуляція експресії аквапоринів та транспорту води у клітинах збірних ниркових трубочок, концентрування сечі. Скорочення гладких міоцитів судинної стінки, підвищення артеріального тиску
Окситоцин ОКТ	Крупні нейросекреторні клітини паравентрикулярних та супраоптичних ядер	Скорочення гладких міоцитів матки під час оргазму, менструації, пологів; Скорочення міоепітеліальних клітин альвеол молочної залози при лактації; Скорочення сім'явиносних шляхів під час оргазму
Пролактин-релізінг гормон - ПРГ	Крупні нейрони паравентрикулярних ядер	Стимулювання секреції пролактину аденогіпофізом
Тиротропін-релізінг гормон - ТРГ	Крупні нейрони вентромедіальних, дорсальних і паравентрикулярних ядер	Стимулювання продукції тиротропного гормону аденогіпофізом
Кортикотропін-релізінг гормон - КРГ	Крупні нейрони паравентрикулярних, аркуатних та медіальних ядер	Стимулювання секреції адренкортикотропного гормону аденогіпофізом
Дофамін ДА	Нейрони аркуатних ядер	Пригнічення секреції пролактину аденогіпофізом
Соматотропін-релізінг гормон - СТРГ	Клітини аркуатних ядер	Стимулювання продукції соматотропного гормону аденогіпофізом
Гонадотропін-релізінг гормон - ГнРГ	Клітини аркуатних, вентромедіальних, дорсальних та паравентрикулярних ядер	Стимулювання продукції фолікулостимулюючого та лютеїнізуючого гормонів аденогіпофізом
Соматостатин ССт	Клітини паравентрикулярних та аркуатних ядер	Пригнічення секреції гормону росту, а також тиротропного гормону аденогіпофізом

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

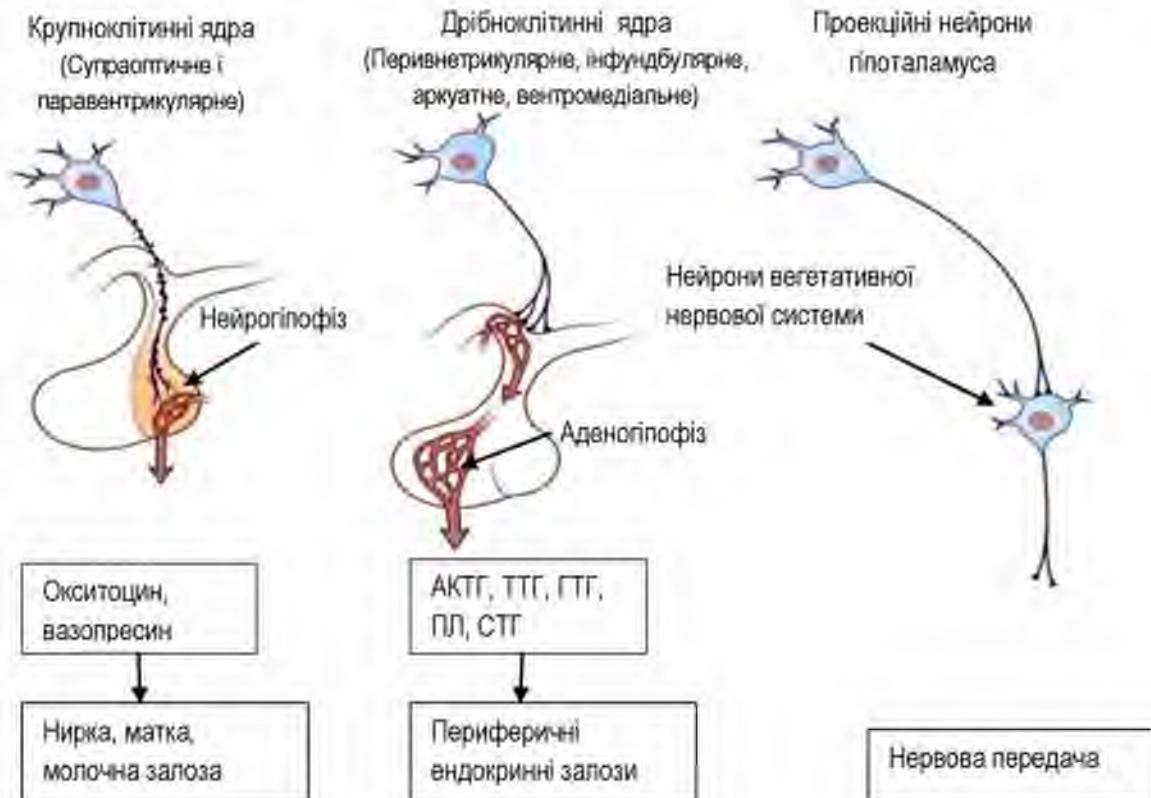


Рис. 44. Функціональне значення ядер гіпоталамуса

Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011.

ГІПОФІЗ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

- гіпофіз розташований в області турецького сідла клиноподібної кістки;
- ніжною пов'язаний з гіпоталамусом;
- складається з двох часток – аденогіпофізу і нейрогіпофізу.

Кровопостачання. Характерно роздільне кровопостачання адено- і нейрогіпофізу. Джерелом кровопостачання нейрогіпофізу є задня гіпофізарна артерія. Її гілки формують сплетіння капілярів у нейрогіпофізі, на яких закінчуються аксони нейросекреторних клітин переднього гіпоталамусу.

Кровопостачання аденогіпофізу здійснюється за рахунок портальної системи:

- передня гіпофізарна артерія формує первинну сітку капілярів в області середнього (медіального) піднесення;
- у капіляри медіального піднесення секретуються рилізінг-гормони нейросекреторних клітин середнього гіпоталамусу;

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- кров з первинної сітки капілярів збирається у портальну вену, яка спрямовується до аденогіпофізу;
- гілки портальної вени формують вторинну сітку широких синусоїдних капілярів, які забезпечують вихід релізінг гормонів та їх дію на клітини аденогіпофізу; в кров секретуються тропні гормони із клітин аденогіпофізу;
- кров з вторинної сітки капілярів збирається у передню вену гіпофізу.



Рис. 45. Кровопостачання адено- і нейрогіпофіза

Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. – Bloomington, USA. – 2010. – 467 p

Джерела розвитку гіпофізу:

- ектодерма (епітелій ротової порожнини – кишень Ратке);
- нервова трубка.

Два зачатки зближуються і формують єдину залозу. У гіпофізі залишається гіпофізарна щілина, яка є залишком кишень Ратке. Із кишень Ратке розвивається аденогіпофіз, із нейрального зачатку розвивається нейрогіпофіз.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА



Рис. 46. Етапи ембріогенезу гіпофіза

А – ембріон людини на 4-5 тижні ембріогенезу, Б-Г – послідовні стадії розвитку гіпофізу.
Ross M.H. Histology: a text and Atlas with correlated cell and molecular biology. – 2007

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ ГІПОФІЗУ:

Тип будови гіпофізу: Паренхіматозний. В органі виділяють дві частки – аденогіпофіз і нейрогіпофіз.

Строма включає:

- капсулу;
- прошарки пухкої волокнистої сполучної тканини всередині органу з кровоносними судинами.

Паренхіма:

- залозистий епітелій – у аденогіпофізі;
- елементи нервової тканини – у нейрогіпофізі.

АДЕНОГІПОФІЗ

Складається з частин:

- передньої частини;
- проміжної частини;
- туберальної частини.

Ключові морфологічні ознаки передньої частки аденогіпофізу:

- залозистий епітелій формує трабекули;
- трабекули – розгалужені;
- між трабекул розташовуються синусоїдні капіляри – широкі, заповнені кров'ю, вислані фенестрованим ендотелієм;
- клітини у складі трабекул аденогіпофізу – **аденоцити**;
- у епітеліальних трабекулах виділяють хромофільні (забарвлені) та хромофобні (незабарвлені) аденоцити.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Хромофільні ендокриноцити (близько 40 % забарвлюються барвниками, тому що містять гранули), розташовуються на периферії трабекули.

Види хромофільних клітин:

- базофільні (10 % всіх аденоцитів) – великі, з ексцентричним розташуванням ядра;
- ацидофільні (30 % всіх аденоцитів).

ФУНКЦІ КЛІТИН АДЕНОГІПОФІЗУ

Тип клітини	Відсоток	Гормон	Біологічний ефект гормону
Ацидофіли			
Соматотропоцити	50%	Гормон росту (СТГ)	Посилює метаболізм більшості клітин, підвищує продукцію соматомединів у печінці (інсуліно-подібний фактор росту I-II), які сприяють проліферації хондроцитів у епіфізарній пластинці росту кісток
Лактотропоцити	15-20%	Пролактин (ПрЛ)	Стимулює розвиток молочних залоз під час вагітності, продукцію молока під час лактації
Базофіли			
Кортикотропоцити	15-20%	Проопіомеланокортин, надалі розщеплюється на аденокортикотропний гормон (АКТГ);	Стимулює синтез і секрецію гормонів кори наднирників (кортизола і кортикостерона)
		β -ліпотропін (ЛП);	Регуляція метаболізму ліпідів
		α -меланоцитостимулюючий гормон (МСГ);	Стимулює синтез та секрецію меланіну у меланоцитах шкіри, має імуномодулюючий ефект
		β -ендорфін і енкефалін	Модуляція сну, настрою тощо
Гонадотропоцити	10%	Фолікулостимулюючий гормон (ФСГ)	Стимулює ріст фолікулів у яєчниках і секрецію естрогенів; Посилює продукцію андрогензв'язувального білка в клітинах Сертолі сім'яників.
		Лютеїнізуючий гормон (ЛГ)	У жінок сприяє овуляції, утворенню жовтого тіла яєчника, продукції прогестерону; У чоловіків стимулює продукцію тестостерону в клітинах Лейдига яєчок
Тиротропоцити	5%	Тиротропний гормон (ТТГ)	Стимулює синтез і секрецію у кров гормонів щитоподібної залози (Т3-Т4)

Хромофобні ендокриноцити (близько 60 %, не забарвлюються барвниками, оскільки не мають секреторних гранул).

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Функціональне значення:

- низькодиференційовані клітини – джерело регенерації;
- клітини у стані спокою – функціональний резерв.



Рис. 47. Будова гіпофізу.

Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. – Bloomington, USA. – 2010. – 467 p.

Проміжна частина аденогіпофізу: паренхіма формує епітеліальні тяжі та фолікулоподібні структури (псевдофолікули).

- У центрі псевдофолікула розташований колоїд, стінку якого формують кілька шарів епітеліоцитів.
- Клітини проміжної частини аденогіпофізу виробляють:
 - **Меланоцитостимулюючий гормон (МСГ)** – регулює обмін меланіну в меланоцитах шкіри та очей;
 - **Ліпотропін** – регулятор ліпідного обміну в організмі.

НЕЙРОГІПОФІЗ: Утворений елементами нервової тканини:

- нервовими волокнами – аксони нейросекреторних клітин супраоптичного та паравентрикулярного ядер переднього гіпоталамусу. Аксони закінчуються розширеннями поблизу капілярів нейрогіпофізу (накопичувальні тільця Херінга);

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- гліальними клітинами-пітуїцитами (клітини відростатої або веретеноподібної форми).

ГІПОТАЛАМО-ГІПОФІЗАРНА СИСТЕМА

Структурно та функціонально передній гіпоталамус пов'язаний з нейрогіпофізом.

Аксони нейросекреторних клітин супраоптичного та паравентрикулярного ядер проходять через медіальне піднесення та гіпофізарну ніжку в задню частку гіпофізу, де закінчуються на кровоносних капілярах аксовазальними синапсами.

Зв'язок середнього гіпоталамусу з аденогіпофізом непрямої – реалізується за рахунок особливої системи кровопостачання через **медіальне піднесення**.

Аксони нейросекреторних клітин аркуатного та вентромедіального ядер виділяють ліберини та статини у первинну капілярну мережу медіального піднесення. Кровопостачання передньої частки здійснюється за рахунок вторинної капілярної мережі, контакт судин з епітеліальними трабекулами забезпечує контроль синтезу аденоцитами тропних гормонів і секрецію їх у кров.

РЕГУЛЯЦІЯ ГІПОТАЛАМУСОМ ПЕРИФЕРІЙНИХ ЕНДОКРИННИХ ЗАЛОЗ

Центральні органи (гіпоталамус, гіпофіз) контролюють роботу периферійних ендокринних залоз.

Нейросекреторні клітини гіпоталамуса виробляють рилізінг-гормони, які контролюють роботу аденоцити гіпофізу. Останні секретують у кров тропні гормони, які контролюють роботу периферійних ендокринних залоз – трансгіпофізарний контроль.



ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Крім того, частина ендокринних залоз (або окремих клітин) функціонує незалежно від гіпоталамо-гіпофізарної системи (парагіпофізарний контроль). Їх секреторна активність регулюється з боку вегетативної нервової системи або залежить від концентрації речовин (глюкози, кальцію) у крові.

ЕПІФІЗ

Епіфіз – нейроендокринний орган проміжного мозку. Розташований над верхніми горбками даху середнього мозку. Пов'язаний із таламусом за допомогою ніжки. Розміри – 7 × 10 мм. Максимального розміру досягає в дитячому віці, після статевого дозрівання відбувається постулова інволюція органу.

Кровопостачання. Середня та задня мозкові артерії, мозочкова артерія.

ФУНКЦІЇ ЕПІФІЗУ

Продукція гормонів, які регулюють циклічні процеси в організмі, у тому числі віковий морфогенез органів і старіння.

Крім регуляції циркадних (добових) і циркадіанних (річних) ритмів, епіфіз виробляє гормони, які контролюють роботу інших ендокринних залоз.

За хімічною природою гормони епіфізу поділяють на:

- індоламін;
- пептиди.

ГОРМОНИ ЕПІФІЗУ

Група	Представники	Функції
Індоламін	Серотонін, мелатонін	регуляція циркадних ритмів
Пептиди	Антигонадотропін	↓ продукції лутеїнезуючого гормону в гіпофізі
	Гормон, який підвищує рівень калію в крові	↑ K ⁺ крові
	Аргінін-вазотоцин	↓ секреції ФСГ и ЛГ аденогіпофізом
	Тироліберин	↑ продукції ТТГ аденогіпофізом
Люліберин		
Тиротропін		↑ продукції лутеїнезуючого гормону в гіпофізі ↑ продукції T ₃ , T ₄ щитоподібною залозою

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Джерела розвитку:

- випинання проміжного мозку (нервова трубка);
- нейромезенхіма.

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови: паренхіматозний часточковий.

Строма:

- Капсула (ЩВСТ).
- Перегородки (ПВСТ) із судинами.

Паренхіма представлена нервовою тканиною; розділена на часточки.

У складі нервової тканини епіфізу виділяють два види клітин:

- пінеалоцити;
- підтримуючі гліальні клітини.

У центрі часточки розташовуються пінеалоцити (становлять до 90 % клітин паренхіми), а по периферії – підтримуючі гліальні клітини.



Рис. 48. Епіфіз. Забарвлення гематоксилином та еозином

А – $\times 160$; Б – $\times 600$

Ovalle W. K., Nahirney P. C. Netter's Essential Histology - 2nd edition, Elsevier. – 2013

Характеристика пінеалоцитів.

Пінеалоцит – велика відросла клітина, має велике світле ядро з великими ядерцями. Містить мітохондрії, гранулярну та агранулярну ендоплазматичну мережу, комплекс Гольджі, лізосоми, пігментні та секреторні гранули.

Аксони пінеалоцитів контактують зі стінкою капіляра, утворюючи аксо-вазальні синапси.

Розрізняють світлі та темні пінеалоцити (різні фази активності клітини).

Функція пінеалоцитів – продукція гормонів; це нейросекреторні клітини.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Підтримуючі гліальні клітини (різновид астроцитів) – відросчасті клітини, мають темне ядро і помірно розвинені органели; добре розвинений цитоскелет. Довгі відростки прямують до міжчасточкових сполучнотканинних перетинок.

Функції: опорна, бар'єрна.

У стромі епіфізу дорослої людини виявляються концентричні відкладення солей кальцію – мозковий «пісок». Наявність і обсяг мозкового піску вважають проявом старіння організму.

НАДНИРНИКИ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА.

Наднирники – це парні органи, розташовані біля верхніх полюсів нирок.

Кровопостачання. Наднирник добре кровопостачається з 3 джерел: верхньої, середньої і нижньої надниркових артерій. Особливості кровопостачання:

- Напрямок току крові – зовні всередину – через кіркову речовину – до мозкової.
- У кірковій речовині капіляри фенестрованого типу.
- У мозковій речовині розташовані широкі венозні синуси.

Іннервація. Орган отримує еферентну симпатичну (черевне сплетіння) і парасимпатичну (блукаючий нерв) іннервацію. Прегангліонарні нервові волокна симпатичного відділу закінчуються на хромафінних клітинах мозкової речовини. За рахунок цього функціонально наднирники разом із симпатичним відділом нервової системи формують симптоадреналову систему, яка забезпечує реакцію організму на стрес.

Функції. Продукція гормонів:

- кортикостероїдів (мінералокортикоїдів, глюкокортикоїдів, андрогенів);
- катехоламінів (адреналіну, норадреналіну).

Джерела розвитку.

- ціломічний епітелій (джерело розвитку кіркової речовини);
- нервовий гребінь (джерело розвитку мозкової речовини);
- мезенхіма (джерело формування строми).

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Тип будови: паренхіматозний. У органі виділяють коркову та мозкову речовину.

Строма:

- Капсула (ЩВСТ).
- Прощарки ПВСТ з судинами і нервами.

Паренхіма представлена:

- залозистим епітелієм (кіркова речовина);
- спеціалізованою нервовою тканиною (мозкова речовина).

У кірковій речовині наднирників виділяють три зони:

- клубочкову;
- пучкову;
- сітчасту.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОН КІРКОВОЇ РЕЧОВИНИ

Зона	Загальна характеристика	Ультраструктура ендокриноцитів	Гормон
Клубочкова	Знаходиться під капсулою. Ендокриноцити утворюють кулькоподібні скупчення – клубочки. Займає 15 % товщини кори.	Дрібні клітини, невелика кількість ліпідних включень, мітохондрії з пластинчастими кристами	Альдостерон
Пучкова	Займає середню частину кіркової речовини; Найтовстіша зона (70 % кори). Утворена паралельними тяжами ендокриноцитів, між якими поздовжньо розташовуються фенестровані капіляри	Великі світлі кубічні клітини. Багато ліпідних включень (спонгіцити)	Кортизол, кортизон Кортикостерон
Сітчаста	Найбільш глибока зона, займає 10 % кори. Розташовується на межі з мозковою речовиною Тяжі ендокриноцитів розгалужуються, формуючи мережу. Між тяжами розташовані капіляри	Дрібні темні клітини Невелика кількість ліпідних включень	Андрогени

Клітини різних зон кіркової речовини надниркових залоз продукують різні варіанти стероїдних гормонів.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

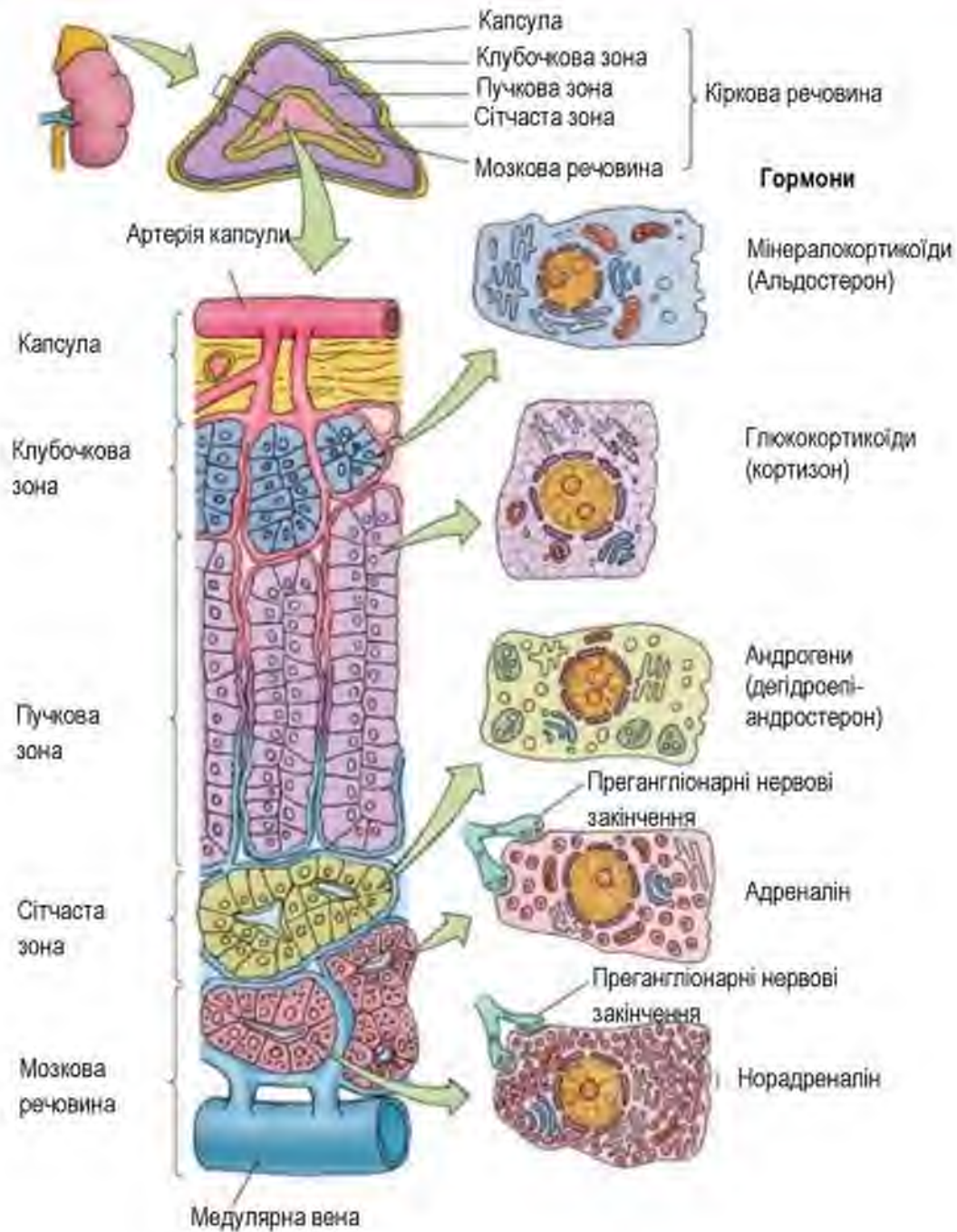


Рис. 49. Наднирник (схема)

Ovalle W. K., Nahirney P. C. Netter's Essential Histology - 2nd edition, Elsevier. – 2013

Клітини кіркової речовини секретують стероїдні гормони із загального попередника – холестерину.

Загальні морфологічні ознаки стероїд-продукуючих клітин:

- Кругле світле ядро з ядерцем.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- У цитоплазмі розвинені органели, що беруть участь у синтезі стероїдів.
- Агранулярна ендоплазматична мережа.
- Мітохондрії з тубуло-везикулярними кристами.
- Багато ліпідних включень (які не забарвлюються гематоксилином і еозином, надаючи цитоплазмі губчастий вид).

Регенерація. Джерелом зростання і регенерації кіркової речовини надниркових залоз є зони скупчення **малодиференційованих клітин**. До них відносяться:

- субкапсулярна зона – джерело регенерації клубочкової зони;
- суданофобна зона (між клубочковою та пучковою зонами) – джерело регенерації пучкової та сітчастої зон.

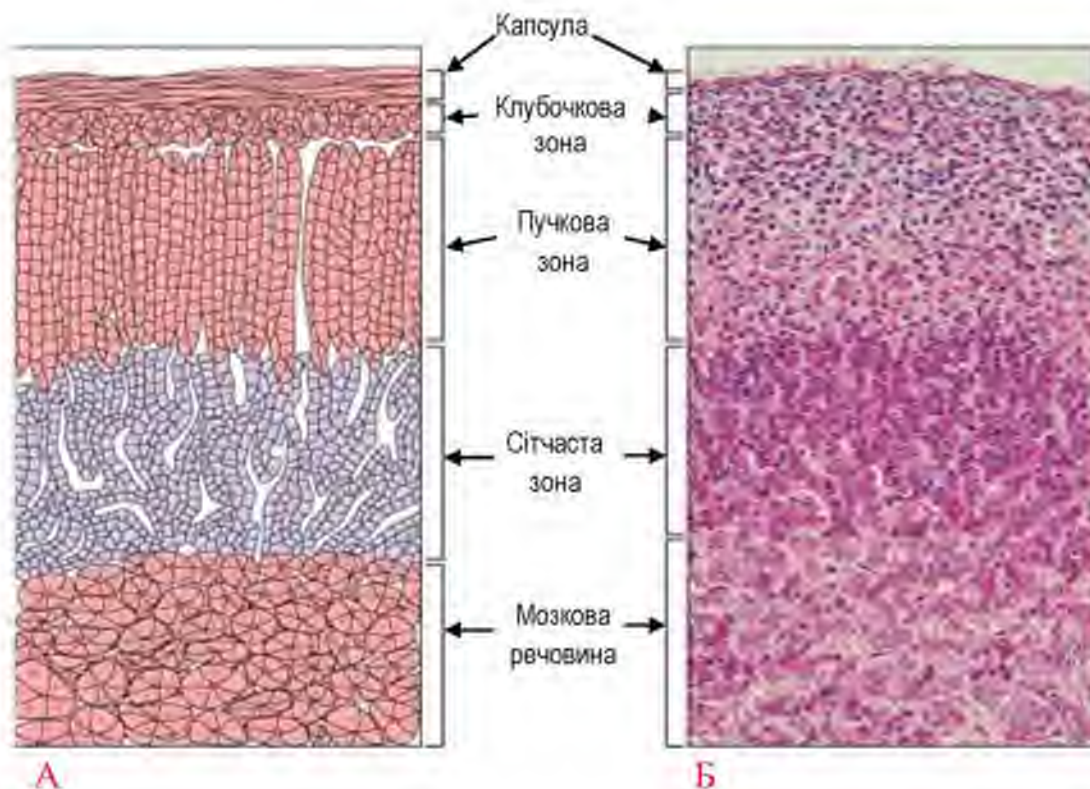


Рис. 50. Зони наднирника.

А – схема; Б – забарвлення гематоксилін-еозином, ×80
Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. – Bloomington, USA. – 2010. – 467 p

Мозкова речовина наднирника

Представлено групами **хромафінних клітин**, між якими знаходяться широкі венозні синуси.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Хромафінні клітини – великі базофільні ендокриноцити круглої форми зі світлим ядром. Цитоплазма хромафінних клітин заповнена секреторними гранулами.

Виділяють:

- світлі хромафіноцити (секретують адреналін);
- темні хромафіноцити (секретують норадреналін).

ГОРМОНИ НАДНИРНИКІВ, ЇХ ЕФЕКТИ ТА РЕГУЛЯТОРИ СЕКРЕЦІЇ

Група (представник)	Місце синтезу	Ефект гормону	Стимулятори продукції
Мінералокортик оїди (альдостерон)	Клубкова зона	Підсилює реабсорбцію іонів Na + і секрецію K + в дистальному каналці нирки	Ангіотензин II, рівень K + у плазмі
Глюкокортикоїди (Кортизон, кортизол)	Пучкова зона	Катаболічний ефект. Стимуляція глюконеогенезу. Мобілізація ліпідів із депо. Адаптація до стресу Протизапальний ефект	АКТГ – гормон передньої частки гіпофіза
Андрогени (андростендіон)	Сітчаста зона	Анаболічний ефект. Розвиток вторинних статевих ознак	
Катехоламіни (Адреналін, норадреналін)	Мозкова речовина	Глікогеноліз Глюконеогенез Ліполіз Стимуляція серцевих скорочень Вазоконстрикція	Симпатичні нервові волокна Глюкокортикоїди

ЩИТОПОДІБНА ЗАЛОЗА

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Щитоподібна залоза складається з двох часток і перешийка. На задній поверхні бічних часток розташовуються парашитоподібні залози (по дві з кожної сторони).

Щитоподібна залоза розташована на передній поверхні шийі, на рівні від 2 до 6 хрящових кілець трахеї, нижче щитоподібного хряща.

Кровопостачання. Джерелами кровопостачання щитоподібної залози є дві верхні (відходять від зовнішніх сонних артерій) і дві нижні щитоподібні артерії (гілки щито-шийного стовбуру). Відтік крові здійснюється через внутрішні яремні та плечоголовні вени.

Іннервація. Щитоподібна залоза іннервується волокнами симпатичного та парасимпатичного відділів нервової системи.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

Симпатична іннервація представлена верхніми та нижніми щитоподібними нервами, які відходять від шийних гангліїв. Парасимпатична іннервація здійснюється гілками блукаючого нерву, верхнім гортанним і поворотним гортанним нервами.

Джерела розвитку:

- епітелій зябрових кишень (джерело формування фолікулярних клітин);
- нервовий гребінь (джерело розвитку С-клітин);
- мезенхіма (джерело формування строми залози).

ФУНКЦІ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ.

1. секреція гормонів Т₃, Т₄;
 2. секреція кальцитоніну, що регулює гомеостаз кальцію.
- Порушення розвитку і зниження функції щитоподібної залози веде до порушення розвитку нервової системи – кретинізм, а також до порушення функції внутрішніх органів (серця, органів травної системи та ін.).

ЗАГАЛЬНИЙ ПЛАН БУДОВИ

Тип будови – паренхіматозний часточковий.

Орган має строми і паренхіму. Строма ділить паренхіму на часточки.

Строма формує:

1. На поверхні органу – капсулу (щільна неоформлена сполучна тканина).
2. Міжчасточкові септи – ПВСТ.
3. Внутрішньочасточкові прошарки ПВСТ із капілярами, стінка яких вистелена фенестрованим ендотелієм.

Паренхіма утворена залозистим (спеціалізованим) епітелієм. Епітелій в органі формує фолікули і міжфолікулярні острівці.

Структурно-функціональною одиницею щитоподібної залози є **фолікул**. Це округле утворення з порожниною, яка заповнена оксифільним колоїдом.

Колоїд – в'язка рідина, до складу якої входять глікопротеїни – тироглобулін.

Стінка фолікула у фізіологічних умовах утворена **одношаровим кубічним епітелієм**.

Більшість клітин епітелію фолікула – тироцити (фолікулярні клітини), між ними зустрічаються поодинокі парафолікулярні ендокриноцити (кальцитоніноцити або С-клітини).

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

БУДОВА ФОЛІКУЛЯРНИХ КЛІТИН (ТИРОЦИТІВ)

Тироцити – головні і найбільш чисельні клітини щитоподібної залози.

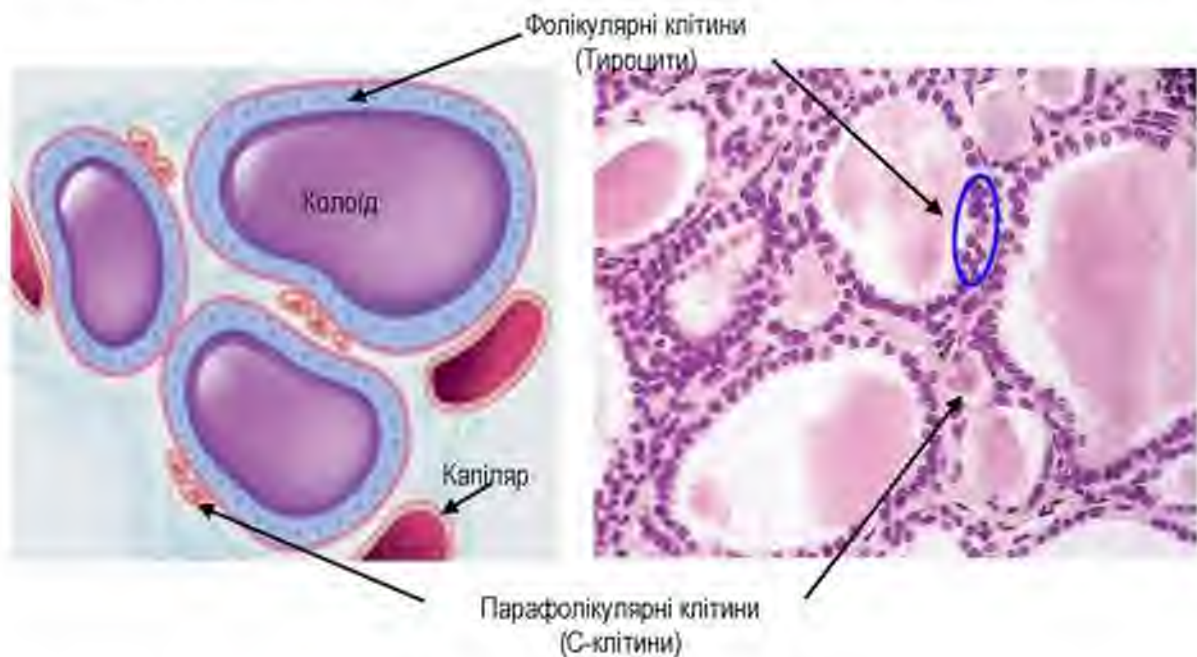


Рис. 51. Щитоподібна залоза.

А – схема будови фолікула; Б – забарвлення гематоксилином та еозином. 36. 400
Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. – Bloomington, USA. – 2010. – 467 p

Ключові ознаки тироцитів при світловій мікроскопії:

- клітини кубічної форми;
- розташовуються в один шар на базальній мембрані;
- цитоплазма світло-базофільна;
- ядро округлої форми – світле.

Характеристика тироцитів при електронній мікроскопії:

- на апікальній поверхні мікроворсинки;
- базальна поверхня складчаста, прилягає до капілярів;
- на бічній поверхні – міжклітинні контакти – інтердигітації (пальцеподібні випинання), десмосоми, щільні контакти;
- в цитоплазмі розвинені ГрЕПС, комплекс Гольджі, лізосоми.

Функція тироцитів: секреція Т3 (трийодтиронін) і Т4 (тироксин).

Секреторний цикл тироцита включає дві фази:

1. Фаза продукції гормонів.
2. Фаза виведення гормонів.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

У фазі продукції гормонів відбувається:

1. Надходження попередників тироглобуліну (амінокислот, вуглеводів, води, іонів йоду).
2. Синтез поліпептидних ланцюжків тироглобуліну в ГРЕС та їх глікозування (з'єднання з нейтральними цукрами і сіаловою кислотою) в комплексі Гольджі.
3. Окислення йодиду тироїдною пероксидазою і його транспорт в порожнину фолікулу за допомогою пендрину.
4. Йодування – приєднання йоду до молекули тироглобуліну – на апікальній плазмолемі тироциту за допомогою пероксидази. Тироглобулін накопичується у складі колоїду.

У фазі виведення гормонів:

1. При дії ТТГ тироцити шляхом піноцитозу поглинають колоїд (тироглобулін).
2. Гідроліз (розщеплення) тироглобуліну в лізосомах тироцитів.
3. Утворення в результаті гідролізу Т3 (трийодтиронін) і Т4 (тироксин).
4. Т3 (10 %) і Т4 (90 %) секретуються в кров.

Біологічні ефекти тироїдних гормонів

1. Нервова система – стимуляція росту і диференціювання, психічної активності, підтримання неспання, розумової діяльності.
2. Серце – збільшення частоти і сили серцевих скорочень, артеріального тиску.
3. Стимуляція аеробного метаболізму в органах – зі збільшенням споживання кисню тканинами і температури тіла.
4. Регуляція рівня основного обміну, рівня глюкози в крові, посилення ліполізу (розпаду жиру).

Незважаючи на те, що тироїдні гормони є похідними амінокислоти тирозину (як і катехоламіни), їхній регуляторний вплив на численні клітини-мішені реалізується через ядерні рецептори, що забезпечує безпосередній вплив цих біологічно активних речовин на процеси транскрипції білків. Цим визначається широкий спектр їхніх біологічних ефектів.

Морфологічна інтерпретація функціональної активності щитоподібної залози базується на оцінці:

- розмірів фолікула;
- обсягу і в'язкості колоїду;
- кількості резорбційних вакуолей;
- форми тироцитів.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

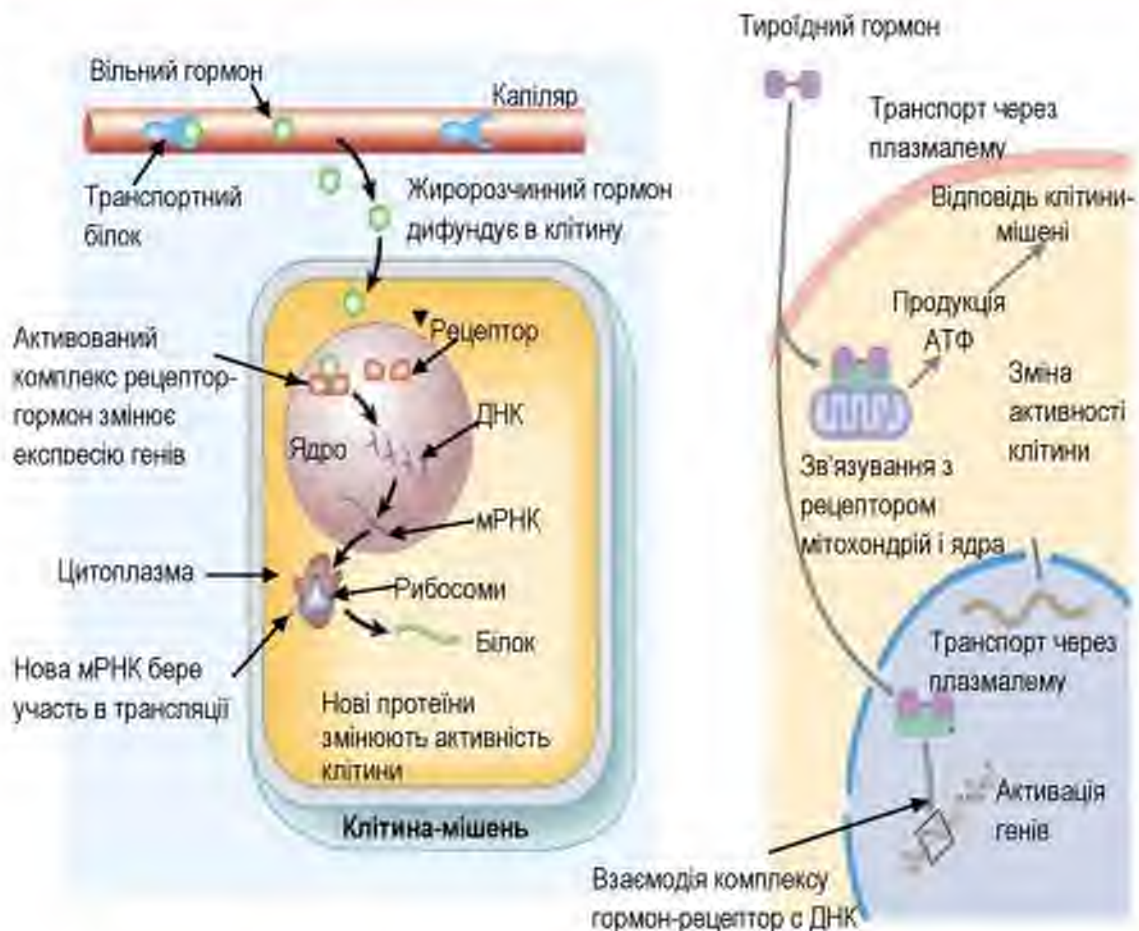


Рис. 52. Механізм дії тироїдних гормонів на клітини-мішені
Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011

При нормальній функції тироцити мають кубічну форму.

При зниженій функції фолікули великі, тироцити плоскі, колоїд щільний і в'язкий, немає резорбційних вакуолей.

При гіперфункції тироцити призматичної форми, зменшується розмір фолікулів за рахунок резорбції колоїду, колоїд світлий і рідкий, багато резорбційних вакуолей.

МІЖФОЛІКУЛЯРНІ ОСТРІВЦІ ТА С-КЛІТИНИ

Між фолікулами визначаються скупчення клітин – міжфолікулярні островці, – у складі яких переважають кальцитоніноцити (С-клітини, або парафолікулярні клітини).

Морфологічна характеристика парафолікулярних клітин:

- клітини округлої форми;
- крупніше тироцитів;
- цитоплазма світла;

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- розташовані в острівцях між сусідніми фолікулами;
- поодинокі клітини розташовуються в стінці фолікулу між тироцитами, але не контактують з колоїдом.

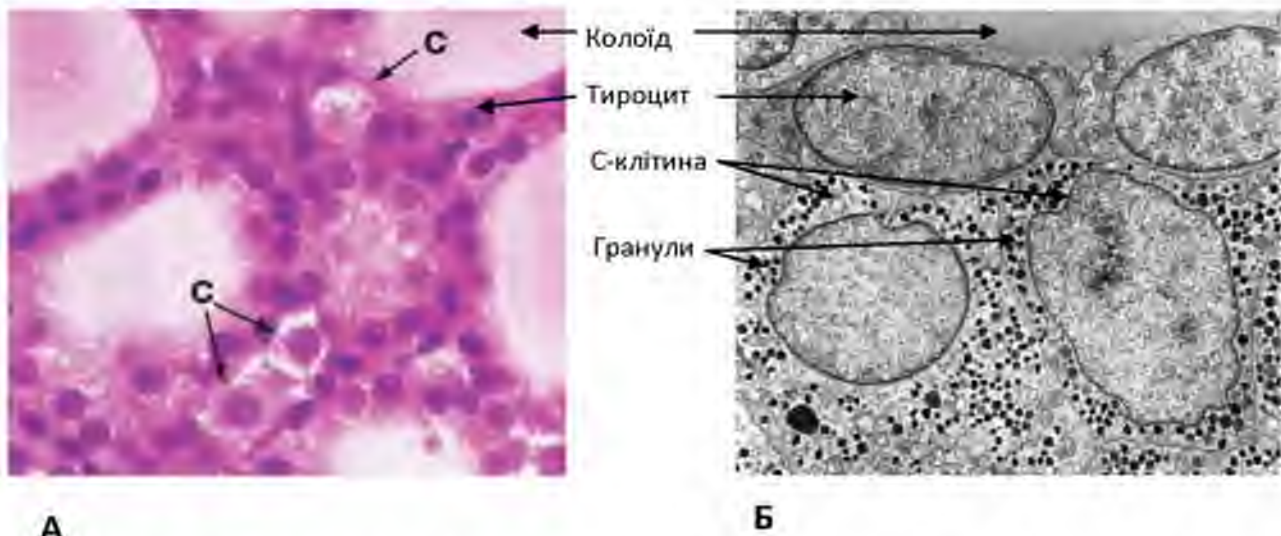


Рис. 53. С-клітини (кальцитоніноцити). А – світлова мікрофотографія, $\times 400$; Б – електронна мікрофотографія, $\times 10\,000$

Ovalle W. K., Nahirney P. C. Netter's Essential Histology - 2nd edition, Elsevier. – 2013

Ультраструктурні відмінності С-клітин від тироцитів:

Ключовою ознакою С-клітин при електронній мікроскопії є наявність сектореторних гранул, що містять гормон. Гранули розташовані в базальній частині клітини, яка контактує зі стінкою капіляра.

Функція кальцитоніноцитів: синтез гормону – кальцитоніну.

Біологічні ефекти кальцитоніну – зниження рівня кальцію і фосфору в крові шляхом:

- інгібування активності та кількості остеокластів;
- активація остеобластів;
- депонування кальцію в кістках і зниження його надходження в кров.

Секреція кальцитоніну регулюється парагіпофізарним шляхом – тобто без участі аденогіпофіза, а залежить від рівня кальцію у плазмі крові та стимуляції з боку вегетативної нервової системи. Основний біологічний ефект кальцитоніну полягає у зниженні рівня кальцію і фосфору у крові. Це пов'язано з регуляцією активності клітин кісткової тканини – остеобластів і остеокластів: кальцитонін гальмує резорбцію кістки остеокластами, тим самим зменшує концентрацію іонів Ca^{2+} у крові.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

РЕГУЛЮВАННЯ ЩИТОПОДІБНОЇ ЗАЛОЗИ

Функціонування щитоподібної залози залежить від комплексу факторів:

- ембріонального розвитку органу;
- наявності і концентрації субстратів у крові – тирозину і йоду;
- активності ферменту – тиропероксидази;
- регуляції центральними органами (гіпоталамо-гіпофізарно-тиреоїдна вісь);
- активності вегетативної нервової системи;
- рівня Ca^{2+} у плазмі крові.

Стимулятори синтезу гормонів щитоподібної залози:

Тироцити регулюються гормоном аденогіпофіза – ТТГ (його рівень залежить від тиротропін-релізінг фактору).

Активация кальцитоніноцитів відбувається при підвищенні рівня Ca^{2+} у крові.

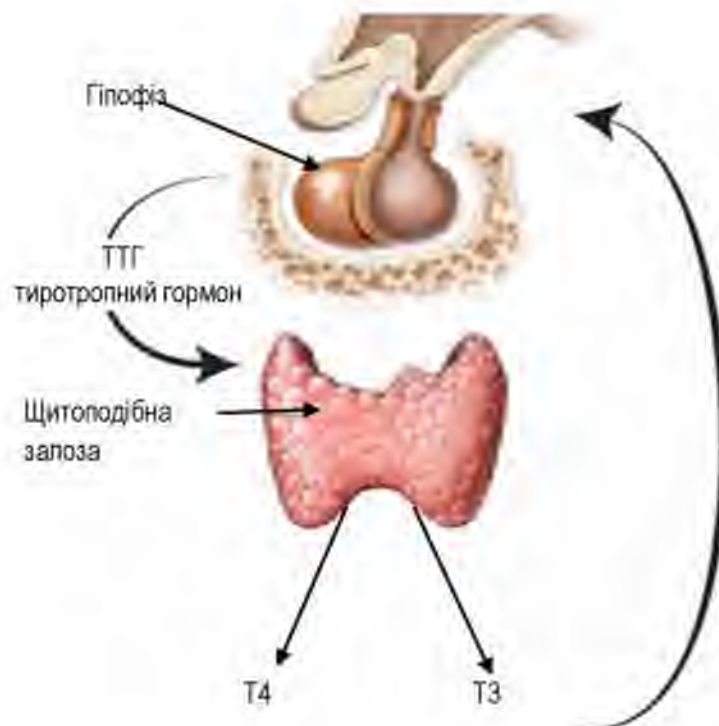


Рис. 54. Гіпоталамо-гіпофізарно-тиреоїдна вісь

Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011

ПРИЩИТОПОДІБНІ ЗАЛОЗИ (парні)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Прищитоподібні залози знаходяться на задній поверхні щитоподібної залози і відокремлені від неї капсулою.

Джерела розвитку:

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

- епітелій зябрових кишень;
- мезенхіма.

Загальний план будови

Тип будови паращитоподібних залоз – паренхіматозний.

Строма представлена капсулою і прошарками ПВСТ.

Паренхіма представлена залозистим епітелієм, який формує трабекули (тяжі).

У складі трабекул паращитоподібної залози виділяють 2 типи клітин:

1. Головні паратироцити.
2. Оксифільні паратироцити.

Морфологічна характеристика головних паратироцитів:

1. переважають за кількістю;
2. клітини невеликих розмірів, полігональної форми;
3. базофільна цитоплазма;
4. містять секреторні гранули, які містять гормон.

Серед головних паратироцитів виділяють **світлі і темні клітини**.

Темні клітини (активні) мають розвинену гранулярну ЕПС, комплекс Гольджі.

У світлих (неактивних) клітинах ці органели розвинені слабо, в них більше гранул глікогену, лізосом, ліпідних крапель.

Функція головних паратироцитів: Синтез паратиреоїдного гормону (паратгормону).

Морфологічна характеристика оксифільних паратироцитів:

1. одиничні у дітей, з віком їх кількість збільшується;
2. розташовуються між головними паратироцитами;
3. крупніше головних клітин;
4. мають гіперхромне (темне) ядро;
5. містять багато великих мітохондрій;
6. секреторні гранули відсутні.

Регуляція паращитоподібних залоз. Паратироцити регулюються рівнем кальцію в крові (їх активація відбувається при зниженні рівня іонів Ca^{2+} в плазмі крові).

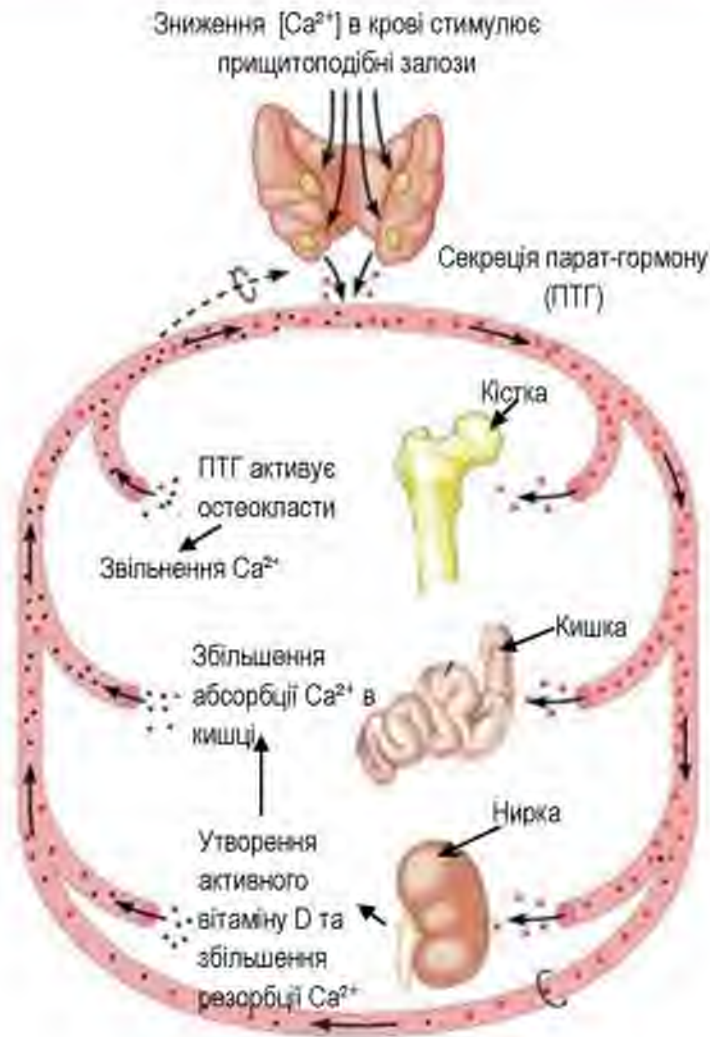


Рис. 55. Регуляція функціональної активності прищитоподібних залоз та їхній вплив на клітини-мішені

Porth C.M. Essentials of Pathophysiology – 3d ed. Lippincott Williams & Wilkins. – 2011

Біологічні ефекти паратгормону.

Збільшення рівня іонів Ca^{2+} в крові за рахунок:

- демінералізації кістки (внаслідок активації остеокластів);
- збільшення реабсорбції іонів кальцію в нирках і виведення фосфатів нирками;
- стимуляції всмоктування кальцію в кишківнику.

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

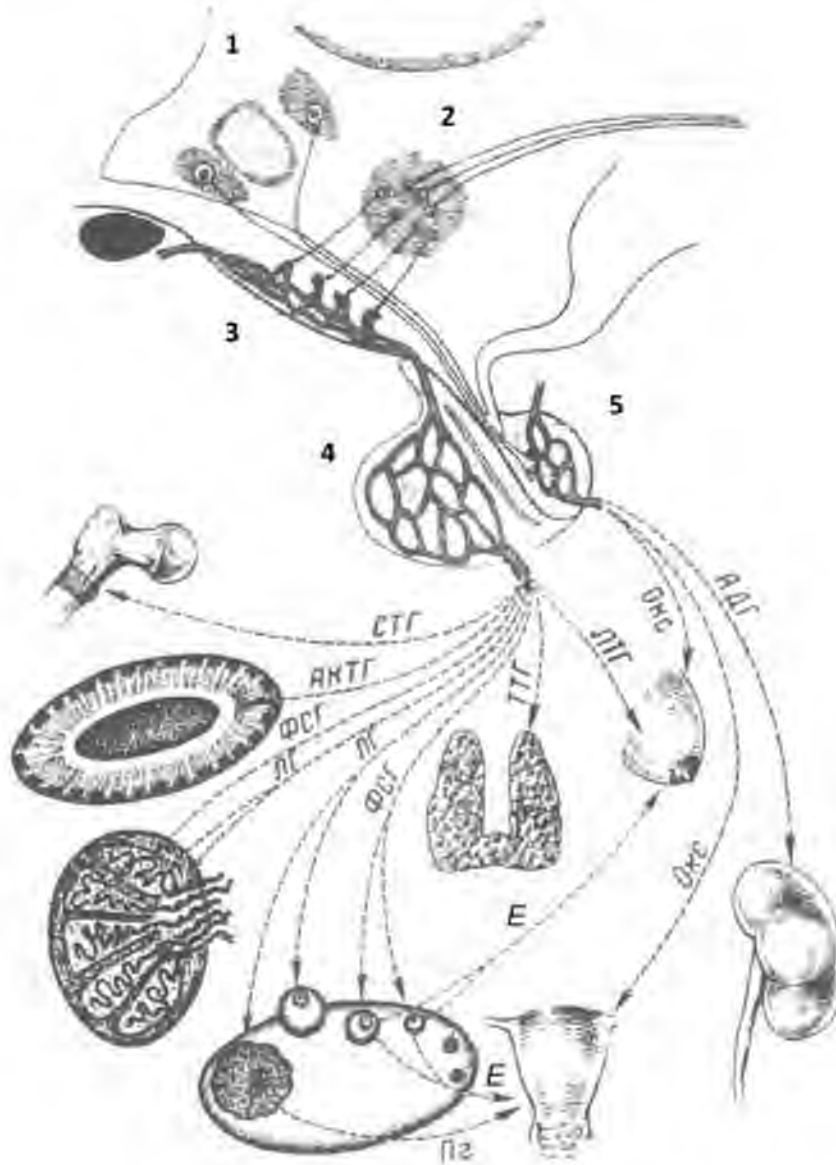
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Для контролю засвоєння знань заповніть таблицю:

Орган ендокринної системи	Ключові морфологічні ознаки	Гормони	Мішені гормонів	Ефекти
Гіпоталамус				
Гіпофіз				
Епіфіз				
Наднирник				
Щитоподібна залоза				
Паращитоподібна залоза				

ЕНДОКРИННА СИСТЕМА

2. Для відпрацювання навичок діагностики структур гіпоталамо-гіпофізарної системи визначте структури, позначені на малюнку цифрами.



1 –
 2 –
 3 –
 4 –
 5 –
 СТГ –
 АКТГ –
 ФСГ –
 ЛГ –

ТТГ –
 ЛТГ –
 Окс –
 АДГ –
 Е – естрогени
 Пг – прогестерон

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Обов'язкова література

1. Гістологія людини: підручник / О. Д. Луцик, А. Й. Іванова, К. С. Кабак, Ю. Б. Чайковський. – К.: Книга-плюс, 2013. – 472 с.

Додаткова література:

1. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Котовский Е.Ф. Гистология, эмбриология, цитология: учебник - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 800 с.: ил.
2. Быков В. Л. Частная гистология. – СПб: Сотис. – 1999. – 298 с.
3. Быков В. Л., Юшканцева С. И. Гистология, цитология и эмбриология. Атлас. – 2013. - 296 с
4. Гистология, эмбриология, цитология: учебник для вузов / Под ред. Э. Г. Улумбекова, Ю. А. Чельшева - 3-е изд., - 2009.
5. Бойчук Н. В., Исламов Р. Р., Кузнецов С. Л., Чельшев Ю. А. Гистология. Атлас для практических занятий. – 2008 г. – 160 с.
6. Кузнецов С.Л., Мушкамбаров Н.Н. Гистология, цитология и эмбриология. Учебник. М: МИА. – 2012. – 640 с.
7. Гистология, цитология и эмбриология: атлас: [учеб. пособие] / В.В. Гемонов, Э.Н. Лаврова; под ред. С.Л. Кузнецова. - 2013. - 168 с.
8. Atlas of histology with functional and clinical correlations / Cui D. et al. – Baltimore. – 2011. – 440 p.
9. Gartner R.P., Hiatt J.L. Histology. – Baltimore: 3d ed. – 2007. – 436 p.
10. Mitchel A.L. Junqueira's Basic Histology. – Bloomington, USA. – 2010. – 467 p
11. Ovalle W. K., Nahirney P. C. Netter's Essential Histology - 2nd edition, Elsevier. – 2013. – 673 p.
12. Stevens and Lowe's Human Histology, - 4th edition, by James S. Lowe and Peter G. Anderson – 2015. – 592 p.