

Частина 2

БІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ

Людина посідає у природі досить своєрідне місце. З одного боку, саме вона створила техногенну цивілізацію, яка є одним з найважливіших факторів існування навколишнього середовища. Недаремно навіть терміни з'явилися відповідні – “ноосфера”, “антропосфера”, “антропогенний тиск” тощо. А з іншого боку, людина була і залишається рівноправним компонентом природного середовища. Вживаючи слово “рівноправний”, потрібно зважати не лише на права, але й на обов'язки. Як людина впливає на природу, так і природа тисне на людину, змушуючи останню пристосовуватися. Всю сутність цивілізації можна розглядати як своєрідну форму пристосування групи організмів одного виду до інших видів живих істот і до абіотичної компоненти навколишнього середовища.

Розглядаючи основні гістологічні, анатомічні і фізіологічні характеристики, за якими працює організм людини, ми повинні розуміти, що вони властиві й іншим представникам тваринного світу, особливо ссавцям. Людина, у даному випадку, є типовим представником хемогетеротрофів і консументів вищого порядку.

Розділ 2.1

ОСНОВИ ГІСТОЛОГІЇ І ЕМБРІОЛОГІЇ

Відповідно до клітинної теорії всі клітини мають однакову будову, але, особливо на перший погляд, це здається невірним. Впадають в око значні відмінності між клітинами як за розмірами, так і за формою. Надзвичайно вражаючими ці порівняння будуть, коли ми звернемося до клітин одного і того ж багатоклітинного організму. Вважають, що у тілі людини міститься 210 окремих типів клітин. Основа такого різноманіття – спеціалізація, яка виникла як результат розвитку у процесі еволюції багатоклітинних живих організмів. Саме відмінність у функціях є причиною такого різноманіття у будові.

Спеціалізація формувалася у клітин поступово, в міру ускладнення організації багатоклітинних організмів. Спочатку однакові клітини поєднувалися, утворюючи звичайні колонії. Сучасним прикладом такого з'єднання може служити вольвокс – примітивний водний організм, який має у собі ознаки як рослин, так і тварин. За будовою всі клітини вольвоксу одноманітні. Наступний рівень еволюційного розвитку – виникнення окремих спеціалізованих клітин. Таке ми можемо спостерігати у кишковопорожнинних. Прісноводний поліп гідра має п'ять

типів клітин. Наступний рівень ускладнення організації – це об'єднання клітин у тканини.

- ☑ Тканини – це система клітин та позаклітинних структур, спільних за походженням, подібних за будовою і функціями.
- ☑ Наука, що вивчає будову, функції і взаємне розташування тканин, називається гістологією.

Серед нині існуючих видів більшість багатоклітинних організмів побудовані з тканин. Наявність тканинної спеціалізації дозволяє клітинам ефективніше виконувати свої функції, але це збільшує залежність одних частин тіла від інших. Ось чому серед рослин збереглося у процесі еволюції більше безтканинних форм. Тварини, як рухливіші істоти, потребують більш гнучкого пристосування. Крім того, вони, у своєму загалі, мають менші розміри. Незважаючи на велике різноманіття у будові живих організмів, ми можемо досить легко виділити основні типи тваринних і рослинних клітин (рис. 2.1). У розділі “Основи гістології і ембріології” ми будемо розглядати лише тваринні тканини і системи органів. Особливості тканинної будови рослин будуть викладені у розділі “Основи ботаніки”.



Рис. 2.1. Основні типи тканин тварин і рослин

- ☑ Загальним і для рослин, і для тварин є те, що чим вище організована істота, тим більш різноманітні групи клітин, з яких формується її тіло.

Тому можна зробити висновок про те, що поява тканинної організації живої матерії була значним кроком вперед у еволюційному розвитку на шляху пристосування живих організмів до умов навколишнього середовища.

Тканини і системи органів тварин

Загальна характеристика тваринних клітин включає не тільки особливості будови клітин, але й склад та характер міжклітинного середовища, який значною мірою впливає на функції тканин. У багатоклітинних організмів більшість клітин оточена позаклітинним матриксом.

☑ Позаклітинний матрикс – це складна сітка зв'язаних між собою макромолекул, головним чином, білків і полісахаридів.

Крім макромолекул, до складу матриксу входить також значна кількість маленьких молекул, наприклад, олігосахаридів. Дослідження останніх десятиліть показали, що позаклітинний матрикс хребетних не інертний каркас, який лише стабілізує клітинні структури, а активний і складний комплекс, який регулює поведінку клітин, що з ним контактують. Він впливає на розмноження, розвиток, форму і метаболізм клітин.

Особливості будови тканин

Тваринні тканини відрізняються одна від одної типом клітин, їх розташуванням, співвідношенням між клітинами і міжклітинним матриксом і будовою самого матриксу.

☑ Епітеліальна тканина (епітелій) складається з клітин, які щільним шаром покривають поверхню тіла або вистилають внутрішні органи.

Різні види цього типу тканин мають ряд спільних рис і ряд відмінностей, пов'язаних з їх функціональними особливостями (рис. 2.2).

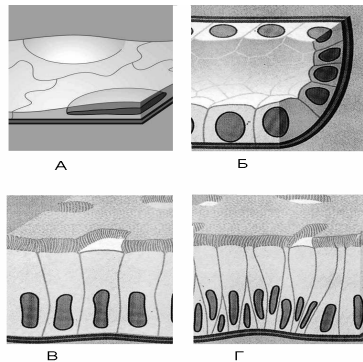


Рис. 2.2. Види епітелію

А – одношаровий плоский епітелій Б – одношаровий кубічний епітелій
В – війчастий циліндричний епітелій Г – багатшаровий епітелій

Головною морфологічною особливістю епітелію є наявність базальної мембрани і відсутність проміжків між клітинами.

☑ Базальна мембрана – це тонкий шар спеціалізованого позаклітинного матриксу, який відділяє епітеліальні клітини від інших тканин.

Найважливішим компонентом хімічного складу базальної мембрани є фібрилярний білок колаген особливого типу. Крім того, вона містить специфічний, властивий лише базальній мембрані, білок ламінін. Вважають, що базальні мембрани впливають на поділ клітин епітелію і їх метаболізм. Вони виконують роль активного фільтра (наприклад, у ниркових клубочках), беруть участь у регенерації пошкоджених тканин (наприклад, у ектодермі шкіри).

Залежно від особливостей будови та форми клітин епітелій підрозділяють на різні види (рис. 2.3).

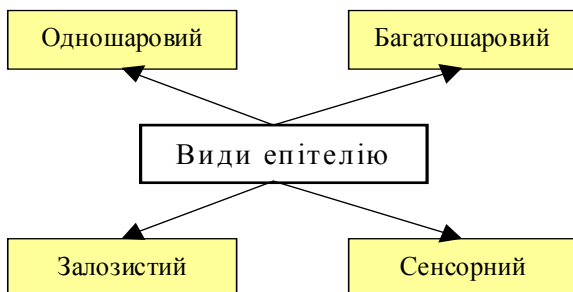


Рис. 2.3. Види епітелію

Одношаровий епітелій, у свою чергу, можна поділити на такі види:

- плоский – складається з тоненьких клітин, багатокутних за формою; ядро випирається над поверхнею клітин;
- кубічний і стовпчастий – клітини мають об’єм; ядро не випинається;
- війчастий – поверхня стовпчастої клітини, направлена у сторону навколишнього середовища, має численні цитоплазматичні виступи (війки).

З одношарового епітелію складаються стінки найтонших капілярів. Він вистилає ниркові канали, шлунок і кишечник. Цей вид епітелію виконує захисну та секреторну функції. Війчастий епітелій вистилає поверхні органів дихання, тонкий кишечник. Головні функції – захисна та всмоктувальна.

Багатошаровий, у залежності від особливостей будови і функцій, поділяють на:

- некератинізований – складається з живих клітин, які не утворюють кератину;
- кератинізований – верхній шар клітин синтезує кератин; в міру руху вгору у клітин зникають ядра і вони відмирають.

Ці типи епітелію широко представлені у верхньому шарі шкіри – ектодермі. Крім того, багатошаровий епітелій вистилає порожнину рота та статевих органів. Головна його функція – захист внутрішнього середовища організму.

Залозистий епітелій проникає глибоко всередину інших тканин; має секреторну частину, яка продукує біологічно активні речовини, і екскреторну, яка виділяє ці продукти. Залозистий епітелій утворений клітинами, які здатні виділяти різноманітні секрети, наприклад, молоко, піт тощо.

Особливим видом епітелію є сенсорний (чутливий). Це клітини, які здатні сприймати подразнення, наприклад, нюхові клітини носа.

Різні типи епітелію можуть виконувати одну чи декілька різних функцій, але в узагальненому вигляді епітеліальна тканина має такі функції:

- захисту (захищає нижчі шари клітин від механічних пошкоджень, висихання, шкідливих хімічних речовин та бактерій);
- всмоктування (всмоктує поживні речовини і воду);
- секретії (виділяє продукти обміну чи речовини, які використовуються організмом);
- сприйняття подразнень (чинників навколишнього середовища).

Сполучні тканини – це група тканин, різних за будовою і функціями, та широко представлених у організмі, які мають подібне співвідношення між клітинами і позаклітинним матриксом.

На відміну від епітеліальної, сполучна тканина характеризується тим, що між клітинами міститься значна кількість неживого матеріалу (матриксу), який вони виділяють.

Позаклітинний матрикс у сполучній тканині називають основною речовиною.

Різноманітність хімічного складу матриксу та різні типи клітин ускладнюють класифікацію сполучної тканини. Наведемо декілька способів такої класифікації.

Залежно від особливостей будови матриксу і функцій сполучної тканини основна речовина може бути:

- волокниста (наприклад, власне сполучна тканина);

- тверда (наприклад, кістка);
- рідка (наприклад, кров).

У залежності від функцій, сполучну тканину поділяють на такі групи:

- трофічна (кров, лімфа);
- опорно-трофічна (жирова, ретикулярна, пухка, щільна);
- опорна (хрящова, кісткова).

Найбільш повна і детальна класифікація сполучної тканини наведена у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Класифікація сполучної тканини

А	Ембріональні сполучні тканини		
	1	Мезенхімна сполучна тканина	
	2	Слизова сполучна тканина	
В	Власне сполучні тканини		
	1	Пухка сполучна тканина	
	2	Щільна сполучна тканина	
		А)	Нерегулярна сполучна тканина
		Б)	Регулярна сполучна тканина
			(1)
	(2)	Еластинова	
3	Ретикулярна сполучна тканина		
4	Жирова сполучна тканина		
С	Спеціалізовані сполучні тканини		
	1	Хрящ	
	2	Кістка	
	3	Кров	

Враховуючи різноманіття типів сполучної тканини, досить важко виділити загальні риси будови і функцій цього типу тканин, тому зупинимося на характеристиці основних її видів.

- Ембріональна сполучна тканина.

Містить клітини, які швидко діляться. Основна речовина такої тканини містить значні кількості рідини, слизу та поживних речовин. Властива ембріонам.

- Власне сполучні тканини

Цю групу складають найбільш різноманітні за будовою і функціями групи клітин. Структуру основної речовини власне сполучних тканин визначають два основних класи макромолекул:

– колагени – родина особливих фібрилярних глікопротеїдів, у яких окремі ланки α -спіралізованого білка скручені у жорстку триланцюгову структуру;

– глікозоаміноглікани – полісахариди, які мають негативно заряджені групи і своїми кінцями приєднуються до серцевинного білка, утворюючи впорядковану сітку протеогліканів.

- Пухка сполучна тканина.

Містить клітини, занурені у хвилясті переплетіння пучків колагенових і еластинових волокон. Перші забезпечують міцність цієї тканини, а другі – її еластичність. Ця тканина надзвичайно широко представлена в організмі. Вона оточує інші тканини і органи, утворює стінки трубчастих органів, входить до складу шкіри. У пухкій волокнистій тканині розташовані кровоносні судини і нерви.

- Щільна сполучна тканина.

Клітини цього типу тканин розташовані між тісно впорядкованими пучками колагенових волокон, які забезпечують надзвичайно високу міцність. Щільна сполучна тканина представлена у сухожилках, зв'язках та дермі шкіри. Саме цей шар залишається після спеціалізованого оброблювання шкіри тварин – дублення. Після обробки гарячою водою колаген перетворюється на желатину, яку використовують у харчовій промисловості.

- Ретикулярна сполучна тканина.

Прикладом ретикулярної тканини може бути тонковолокниста сітка, яка утворює основну структуру лімфатичних вузлів. Основні компоненти імунної системи – лейкоцити – зависають у петлях цієї сітки.

- Жирова сполучна тканина.

Основна функція жирової сполучної тканини – запас жиру. Міжклітинна речовина тканини цього типу наповнена великими конгломератами тригліцеридів. Клітини жирової тканини – адипоцити – накопичують у цитоплазмі значну кількість жирових крапель, що призводить до збільшення їх розмірів.

Особливості будови спеціалізованих типів сполучної тканини (кров, лімфа, кістка, хрящ) ми розглянемо у розділах, присвячених будові, відповідно, кровоносної і опорно-рухової систем.

М'язова тканина – це високоспеціалізована тканина, здатна до скорочень, яка забезпечує рух організму і його окремих частин.

Вона утворена тісно укладеними довгастими клітинами (м'язовими волокнами), які утримуються разом сполучною тканиною. Сполучна тканина, споріднена з м'язами, містить велику кількість капілярів. Вони доносять до волокон кисень і глюкозу, необхідні для скорочення. Основними білками м'язової тканини є:

- актин (утворює тонкі волокна);
- міозин (утворює товсті волокна).

Завдяки цим білкам відбувається скорочення м'язів. У розслабленому м'язі товсті і тонкі філамени лише частково перекриваються. Коли м'яз скорочується, то товсті волокна ковзають вздовж тонких, збільшуючи довжину ділянок, що перекриваються. Уявити цей механізм можна на прикладі переплетення пальців руки.

У організмі людини м'язова тканина представлена трьома основними типами:

- посмуговані або скелетні м'язи;
- непосмуговані або гладенькі м'язи;
- особливий тип посмугованих м'язів або серцеві м'язи.

З посмуговою м'язовою тканиною утворюється рухова частина опорно-рухової системи – скелетні м'язи. Ось чому цей тип тканини іноді називають скелетною. Але називати посмуговану м'язову тканину скелетною не зовсім вірно, адже вона зустрічається не лише у скелетних м'язах. З посмуговою м'язовою тканиною складаються мимічні м'язи, м'язи язика, гортані, верхньої третини стравоходу, м'язи діафрагми.

Непосмугованими м'язами утворений руховий апарат внутрішніх органів – шлунково-кишкового тракту, легень, бронхів, кровоносних і лімфатичних судин, система органів сечовиділення тощо. На відміну від скелетної мускулатури цей тип м'язової тканини іноді називають гладенькими м'язами.

Особливий вид посмуговою м'язовою тканиною утворює серцевий м'яз. Такий тип м'язових тканин не зустрічається більше у жодному органі людського організму.

Порівняння деяких особливостей різних типів м'язової тканини наведено у табл.2.2.

Нервова тканина утворена високоспеціалізованими клітинами нейронами, які здатні сприймати і передавати нервові імпульси.

Основа нервової тканини формують особливі високоспеціалізовані клітини, які мають назву нейронів, різноманітні допоміжні клітини та сполучнотканинні оболонки.

Нейрон – це спеціалізована клітина, здатна сприймати і передавати електричні сигнали.

Кожен нейрон має:

- тіло (перикаріон) – розширену частину, яка містить ядро та інші клітинні компартменти;
- відростки – один або декілька виростів цитоплазми.
Залежно від напрямку імпульсу розрізняють:
- аксони – відростки, по яких імпульс іде від тіла клітини до інших нервових клітин або клітин робочих органів.

- дендрити – відростки, по яких іде імпульс, направлений до тіла клітини.

Таблиця 2.2

Порівняння різних видів м'язової тканини

Ознаки	Скелетна	Непосмугована	Серцева
Місце розташування	Прикріплені до кісток	Стінки внутрішніх органів	Стінка серця
Форма волокон	Подовжені, циліндричні, з тупими кінцями	Подовжені, веретеноподібні, з загостреними кінцями	Подовжені, циліндричні, волокна розгалужуються і сплітаються одне з одним
Число ядер у клітині	Багато ядер	Одне ядро	Багато ядер
Розташування ядер	Периферичне	Центральне	Центральне
Смугастість	Поперечна	Відсутня	Поперечна
Швидкість скорочення	Велика	Мала	Проміжна
Здатність знаходитися у скороченому стані	Мала	Велика	Проміжна
Регуляція скорочень	Довільна, контрольована	Самовільна, неконтрольована	Самовільна неконтрольована

Аксони досить довгі, а дендрити відносно короткі. Деякі відростки можуть сягати довжини близько 1 м. Залежно від кількості відростків нейрони поділяють на (рис. 2.4):

- уніполярні – від тіла нейрона відходить єдиний відросток, який далі поділяється на дві гілки одного аксона;
- біполярні – від тіла відходять два відростки-аксони;
- мультиполярні – від тіла відходить один аксон і декілька дендритів.

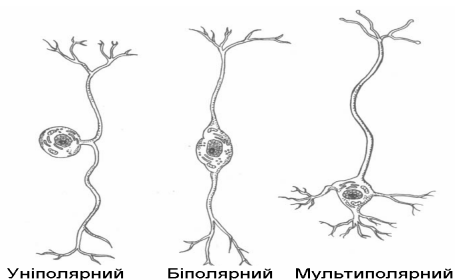


Рис. 2.4. Типи нейронів

☑ Сполучення між аксоном одного нейрона та дендритом іншого називають синапсом.

Він забезпечує передачу нервового імпульсу з одного нейрону на інший. Синапс – це своєрідний клапан, який заважає проходженню сигналу у зворотному напрямку.

☑ Сукупність тіл нейронів створюють сіру речовину мозку, а переплетіння відростків – білу речовину.

Своєрідність нервової тканини полягає також у тому, що у ролі основної речовини виступають клітини інших типів. Вони називаються підтримуючими клітинами або нейроглією.

☑ Підтримуючі клітини (нейроглія) – це клітини, які забезпечують захист і живлення нервових клітин.

Вони не здатні генерувати і проводити нервові імпульси. Існує декілька різновидів підтримуючих клітин:

- мікроглія – дрібні клітини, здатні руйнувати мікроорганізми;
- олігодендроцити – клітини з надзвичайно розвинутою плазматичною мембраною, якою вони обгортають відростки нейронів, утворюючи мієлінову оболонку волокон;
- астроцити – зіркоподібні клітини з великою кількістю цитоплазматичних відростків, які забезпечують транспортування речовин з крові у нервову тканину.

Системи органів

Тканини – це ще не останній рівень спеціалізації у багатоклітинних організмів. Тканини різних типів формують органи.

☑ Орган – це частина тіла, яка має певну форму і будову та виконує специфічні функції.

Практично кожний орган людини утворений трьома шарами тканин або оболонок:

- епітеліальною, яка, як правило, обернена до навколишнього середовища;
- м'язовою, яка утворена, головним чином, гладенькими м'язами;
- сполучнотканинною, яка обернена до внутрішнього середовища організму.

Але з цих правил є виключення. Дуже тонькі органи, наприклад, найтонші капіляри і альвеоли легень, мають лише одну епітеліальну оболонку. Деякі органи мають м'язову оболонку, утворену серцевими (серце) і посмугованими (наприклад, перша третина стравоходу) м'язами.

У складних багатоклітинних організмів кожна конкретна функція виконується не стільки на рівні тканини чи органа, скільки на рівні систем органів.

У організмі розрізняють фізіологічні і функціональні системи органів. Фізіологічні системи органів – це їх об'єднання, направлене на виконання окремих фізіологічних функцій. На думку деяких фізіологів у людини є одинадцять фізіологічних систем органів:

- система кровообігу – переносить речовини всередині організму;
- система органів дихання – забезпечує надходження в кров кисню і звільнення від вуглекислого газу;
- система органів травлення – забезпечує надходження їжі, перетравлення її до простих речовин і всмоктування останніх;
- система органів виділення – забезпечує видалення продуктів обміну з організму;
- покривна система – покриває ззовні тіло і захищає його;
- скелетна система – служить опорою для організму, забезпечує можливість руху;
- м'язова система – виконує рухову функцію як для організму в цілому, так і для окремих органів;
- нервова система – проводить імпульси по всьому тілу і об'єднує діяльність інших систем;
- сенсорна система (система органів чуття) – сприймає подразнення від зовнішнього світу і різних ділянок тіла;
- ендокринна система – виконує роль додаткового координатора функцій організму;
- органи розмноження – забезпечують подальше існування виду.

Для виконання різноманітних функцій необхідна взаємоузгоджена діяльність органів або фізіологічних систем. Таке об'єднання називається функціональною системою органів. Наприклад, деякі автори об'єднують, виходячи з функціональної цілісності, м'язову і скелетну системи у єдину опорно-рухову.

Таким чином, організм людини і тварин – це складний комплекс взаємопов'язаних систем органів, утворених спеціалізованими тканинами.

Розмноження і індивідуальний розвиток

Здатність до відтворення собі подібних – чи не найважливіша риса живого. Саме вона є тим чинником, який підтримує життя на планеті. Крім того, це одна з основних відмінностей між живою речовиною і іншими формами знаходження хімічних елементів у біосфері.

Індивідуальний розвиток організму має назву онтогенезу.

У кожному новому індивідуумі з величезною точністю відтворюються особливості будови тканин та органів, а деякі органи зародка починають функціонувати ще до народження. Так, наприклад, серце людського ембріону починає скорочуватися в кінці першого місяця вагітності.

Форми розмноження організмів

У процесі еволюції сформувалося два основних види розмноження:

- безстатеве – яке відбувається без допомоги спеціалізованих клітин;
- статеве – потребує утворення спеціалізованих клітин з гаплоїдним набором хромосом (гамет).

Безстатеве розмноження – примітивна форма самовідтворення, пов'язана з простим розподілом компонентів материнської клітини між двома новими організмами.

Безстатеве розмноження еволюціонувало декілька у різних за складністю типів:

- поділ (амітоз, прямий поділ) – тіло батьківської особини просто розділяється на дві частини, які стають новими частинами (головним чином одноклітинні).
- спороутворення – формування особливих клітин, які мають захисні оболонки і здатні переносити несприятливі умови (одноклітинні, гриби).
- брунькування – невелика частина батьківського організму відділяється і розвивається новий організм (дріжджі, поліпи).
- вегетативне – розмноження за допомогою частини батьківського організму (вищі рослини, гриби).
- фрагментація – крайня форма брунькування та вегетативного розмноження, розвиток дочірніх особин з частин тіла батьківської особини (голкошкірі, черви).

Поява статевого розмноження була одним з ароморфозів, який вплинув на весь хід еволюції життя на Землі.

Це значно розширило спектр пристосувань до умов довкілля і виявилось певним способом боротьби зі шкідливими мутаціями. Для багатьох живих організмів (наприклад, папоротей, кишковопорожнинних та інших) характерне чергування статевого та безстатевого поколінь.

Завдяки появі гамет (статевих клітин з гаплоїдним набором хромосом) з'явилася можливість змішувати генетичний матеріал окремих особин, створювати нові комбінації.

Жіночі статеві клітини (яйцеклітини) тварин звичайно округлої форми, нерухомі. У більшості тварин, за винятком вищих ссавців, цитоплазма містить значну кількість жовтка, який є джерелом поживних речовин для розвитку зародка. Чоловічі статеві клітини (сперматозоїди) звичайно набагато менші за розмірами, рухомі. У людини та вищих тварин статеві клітини утворюються з епітеліальних клітин яєчників та сім'яників.

Процес утворення статевих клітин називають гаметогенезом.

Залежно від статі гаметогенез має ряд особливостей і поділяється на:

- оогенез – процес утворення яйцеклітини;
- сперматогенез – процес утворення сперматозоїдів.

Оогенез включає мітотичний поділ первинної статевої клітини та два мейотичних поділи. Особливість мейозу у оогенезі в тому, що дочірні клітини різні за розмірами. Одна (велика) дає початок яйцеклітині, а три інших (полярні тільця) поступово деградують. Це забезпечує максимальне концентрування поживних речовин, які необхідні на перших етапах розвитку. У ссавців перший мейотичний поділ відбувається дуже рано, а другий – лише після настання статевої зрілості.

Сперматогенез також має мітотичну та дві мейотичні стадії. Але цей процес можливий лише після закінчення статевого дозрівання. Внаслідок сперматогенезу з кожної первинної статевої клітини утворюється чотири тотожні гамети.

Саме відмінності у термінах утворення і дозрівання статевих клітин лежать у основі різної чутливості жіночого та чоловічого організмів до дії іонізуючого випромінювання та інших шкідливих чинників навколишнього середовища.

Важливим етапом статевого розмноження є акт запліднення, з якого починається розвиток нового організму.

Запліднення – це злиття двох статевих клітин (гамет) у одну клітину (зиготу).

При статевому розмноженні важливу роль відіграє спосіб запліднення. Ця здатність також пройшла певний еволюційний шлях від етапів, які повністю залежали від примх довкілля, до майже повної незалежності від зовнішніх процесів, тому розрізняють:

- зовнішнє запліднення;
- внутрішнє запліднення.

Більшість водних організмів просто виділяють свої статеві клітини у навколишнє середовище. Зовнішнє запліднення – це найбільш примітивний і найменш надійний спосіб запліднення, який не вимагає утворення будь-яких додаткових органів чи пристосувань. У інших

тварин, особливо наземних, спостерігається внутрішнє запліднення, яке потребує наявності спеціальних статевих органів. Еволюція запліднення супроводжувалася розвитком спеціальних форм турбування про розвиток зародку та про нащадків.

☑ Найдосконалішою формою такої турботи про потомство є виникнення плацентарних тварин та покритонасінних рослин.

У цих живих організмів розвиток зародка максимально захищений від несприятливих умов зовнішнього середовища. У тварин цим захистом служить організм матері, а у рослин – оболонка плода.

Основні етапи ембріонального розвитку та зародкові листки

Ріст, розвиток та диференціювання клітин заплідненого яйця – це мабуть один з найскладніших біологічних феноменів. Найбільш вражаючим фактом є те, що все різноманіття людського організму – це результат поділу однієї клітини. Тобто, всі клітини багатоклітинного організму – генетично тотожні.

☑ Відразу після запліднення починається серія мітотичних поділів, яким надана назва подрібнення.

Головним результатом подрібнення є перетворення зиготи у багатоклітинний одношаровий зародок. Клітини, які формують зародок подібні за зовнішньою будовою і невеликі за розмірами, порівняно з зиготою. У різних груп тварин подрібнення проходить по-різному. Виділяють:

- повне подрібнення (голобластичне);
- часткове подрібнення (меробластичне).

Голобластичне подрібнення характерне для міног, деяких риб, сумчастих і плацентарних ссавців. У цьому випадку площа першого поділу відповідає площині двохсторонньої симетрії, а площа другого поділу їй перпендикулярна. У більшості риб, плазунів і птахів, а також у однопрохідних ссавців подрібнення проходить у формі диска, тому його називають частковим.

☑ Малодиференційовані клітини, утворені внаслідок подрібнення зиготи, називають бластомерами (ембріональними клітинами).

Завдяки поділу бластомерів поступово формується ряд послідовних утворень, які називають:

- морула;
- бластоциста;
- гаструла.

☑ Морула – це компактне скупчення клітин, яке з’являється після кількох поділів зиготи.

Морула складається з 8–12 клітин. Внаслідок поділу ембріональних клітин (бластомерів) утворюється кулька приблизно з сотні клітин, яка називається бластулою.

☑ Бластула – це утворення з одного шару клітин, яке містить всередині порожнину, яку називають бластоцелем.

Тип бластули залежить від типу і особливостей подібнення (рис. 2.5). Незважаючи на деякі відмінності у будові бластули, наявність цієї стадії розвитку у всіх багатоклітинних організмів свідчить про єдність їх походження і є прикладом паралельності у еволюційному розвитку.

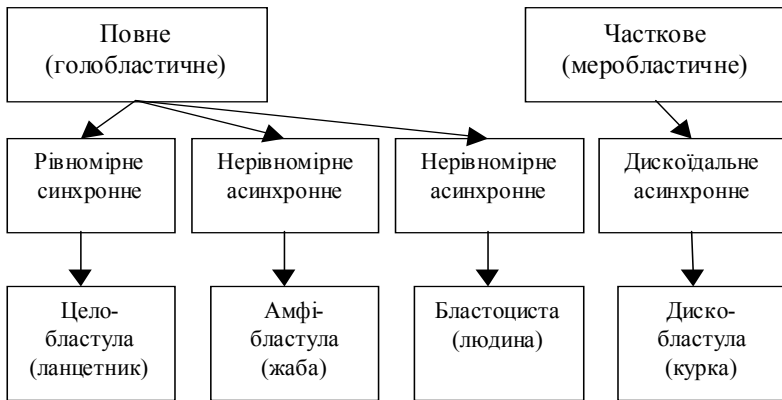


Рис. 2.5. Типи подібнення і типи бластул хордових

Після утворення одношарової бластули відбувається вгинання (інвагінація) однієї ділянки бластули. Цей процес закінчується утворенням двошарової гастрული.

☑ Гастрולה – це двошарове утворення, яке має порожнину, яку називають гастроцелем.

Вперше гастрולה описав український вчений О. О. Ковалевський, а назву запропонував пізніше німецький біолог Е. Геккель. Порожнина з подвійною оболонкою (гастроцель) формує порожнину первинної кишки. Отвір, який при цьому утворюється, називають бластопором.

☑ Зовнішній шар клітин гастрული називають ектодермою, а внутрішній – ентодермою.

В усіх багатоклітинних тварин, за винятком кишковопорожнинних, відбувається формування третього шару клітин.

☑ Третій шар клітин називають мезодермою, розташований він між ектодермою та ентодермою.

Механізм утворення мезодерми у різних видів тварин відрізняється. Внутрішня порожнина, яка утворюється після замикання клітин мезодерми самих на себе, називають целом (вторинна порожнина тіла).

☑ Ектодерма, ентодерма та мезодерма називають зародковими листками.

Вони дають початок різним тканинам, а первинна та вторинна порожнини тіла формують внутрішнє середовище організму (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Походження основних систем органів з зародкових листків

Ектодерма	Ентодерма	Мезодерма
Епідерміс шкіри Нігті та волосся Потові залози Вся нервова система (головний та спинний мозок, ганглії, нерви) Рецепторні клітини органів чуття Кришталік ока Епітелій рота, носової порожнини, анального отвору Зубна емаль	Епітелій стравоходу, шлунка, кишок Епітелій трахеї, бронхів, легень Печінка Підшлункова залоза Епітелій жовчного міхура Щитоподібна, парашитоподібна, зобна залози Епітелій сечового міхура Епітелій сечовивідного каналу	Гладка мускулатура, скелетні м'язи та серцевий м'яз Дерма Сполучна тканина, кістки, хрящі. Дентин зубів Кров і кровоносні судини Брижейка Нирки Сім'яники і яєчники

Основоположником вчення про зародкові листки у хребетних є російський дослідник Х. І. Пандер (1817). Естонський вчений К. М. Бер (1828) дослідив як із зародкових листків формуються різні органи.

Після початку подрібнення яйце називають ембріоном (зародком), а після появи основних систем органів – плодом (рис. 2.6). У людини це відбувається на восьмому тижні вагітності.

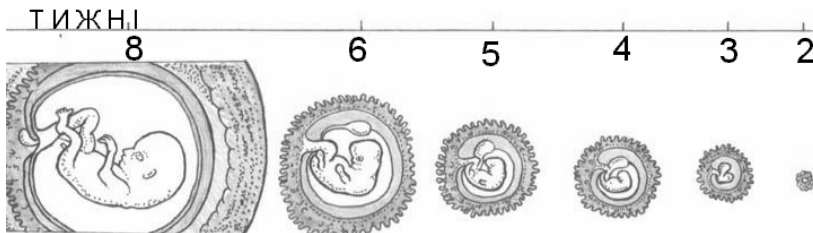


Рис. 2.6. Етапи розвитку і відносні розміри зародка людини (на восьмому тижні вагітності ембріон має довжину близько 3 см)

☑ Розділ біологічної науки, який вивчає процеси індивідуального розвитку організму, називають ембріологією.

Одним з найтаємничіших процесів у природі є регуляція ембріонального розвитку. Питання про механізми, завдяки яким індивідуальний розвиток протікає певним чином, залишається на сьогодні практично без відповіді. Перші ембріологи вважали, що розвиток зводиться лише до простого збільшення у розмірах. У зародку начебто вже є малесенький організм. Але ще у ХІХ столітті стало відомо, що на якихось перших стадіях всі клітини зародка однакові. Коли їх розділити, то формуються два нових однакових організми. У людей це іноді виникає самовільно і тоді народжуються однояйцеві близнюки. Але, ще задовго до початку видимої спеціалізації клітин, у будь-якого ембріона настає стадія потенційної спеціалізації. Його клітини, залишаючись однаковими зовні, перестають бути однаковими потенційно. Дослідження ембріонів на цій стадії дозволило зробити схеми зародкового розвитку і виділити групи клітин, які дають початок різним тканинам. Коли таку клітину пересадити на інший зародок, то вона розвинеться у той тип тканин, який вона потенційно створює. Це абсолютно не залежить від місця на іншому ембріоні, на який ми помістили клітину. Так можна виростити око на животі, чи своєрідних сіамських близнюків з двома спинними мозками.

Критичні періоди ембріонального розвитку людини та роль навколишнього середовища у тератогенезі

Як показали дослідження, процес формування зародка дуже складний. Він регулюється на генетичному і гормональному рівнях. А чим складніший процес, тим він більш чутливий до зовнішніх подразнень. Іноді відбуваються порушення нормального розвитку зародка, які викликають появу різних вроджених спотворень.

☑ Тератогенез – це виникнення спотворень, недорозвинення органів, порушення пропорцій у будові тіла. Чинники, що викликають тератогенез, називаються тератогенними.

Розрізняють дві причини, які викликають тератогенний ефект:

- мутації у статевих клітинах;
- порушення ембріогенезу під дією різних чинників.

Важливу роль у формуванні здорових нащадків відіграють умови життя матері. Адже відомо, що первинні овоцити утворюються у ссавців до народження, або відразу після нього. Будь-які несприятливі чинники, що діють на організм жінки, накопичують мутації і аномалії в яйцеклітинах. Ось чому ймовірність народження хворої дитини зростає з віком матері. Наприклад, у жінок віком від 40–45 років з кожним

роком ймовірність народити дитину з синдромом Дауна збільшується на 10 %. Ця ймовірність не залежить від кількості попередніх вагітностей. У випадку ендокринної недостатності у матері відбувається гіпертрофія (збільшення) відповідної залози у ембріона. Таким чином, народжується хвора дитина.

На підставі медичних спостережень та дослідів на тваринах встановлено, що різноманітні порушення обміну речовин, недостача (іноді, надлишок) вітамінів, інфекції і ендокринні захворювання можуть викликати важкі порушення ембріонального розвитку. На різних етапах розвитку ембріон (плід) має різну чутливість до несприятливих умов.

☑ Критичними називають такі періоди ембріонального розвитку, у яких зародок найбільш чутливий до впливу чинників зовнішнього середовища.

Це періоди найменшої резистентності (стійкості) ембріона. Розрізняють критичні періоди у розвитку не лише цілісного організму, але й окремих органів. Ці періоди

- видоспецифічні (для кожного виду свої);
- терміноспецифічні (у кожному із періодів найважливішим є якийсь конкретний чинник – температура, кількість кисню тощо).

Спільним для критичних періодів є те, що у зародка різко змінюється метаболізм, підсилюється дихання, змінюється вміст РНК, виявляються нові білки. Вони співпадають з активною морфологічною диференціацією, з переходом від одного періоду розвитку до іншого, зі зміною умов існування зародка. Наприклад, перехід від зиготи до дроблення вимагає інших просторових співвідношень. Імплантація у стінку матки – це перехід до іншого типу живлення і газообміну. Аналогічних змін вимагає поява і розвиток плаценти.

У розвитку людини розрізняють такі критичні періоди:

- імплантація (6–7 доба після зачаття);
- плацентация (кінець 2 тижня вагітності);
- перинатальний період (роди).

Крім загальних критичних періодів розрізняють критичні періоди у розвитку окремих органів і систем.

Велике значення у нормальному розвитку зародка має спосіб життя та стан здоров'я матері. Встановлено, що неповноцінна дієта призводить до порушення імплантації, через невідповідність матки.

Небезпечним є також прийом деяких ліків. Наприклад, надлишок деяких гормонів викликає морфологічні спотворення плода, у тому числі у формуванні його внутрішніх органів. У Західній Європі в 50-х роках ХХ століття народилося декілька тисяч калік від матерів, які вживали патентоване снодійне талідомід. У таких дітей були відсутні

або недорозвинені кінцівки, виявилися порушення у розвитку скелета, обличчя і внутрішніх органів. Виявилось, що препарат хлоридин, який застосовується для лікування і профілактики малярії, токсоплазмозу та інших протозойних захворювань, має тератогонну дію. Антибіотик актиноміцин Д, який не впливає токсично на організм матері, у зародка порушує формування органів і тканин ектодермального походження (шкіра, вся нервова система, рецептори органів чуття, епітелій, зубна емаль). Ось чому при лікуванні вагітних жінок необхідно враховувати можливий вплив лікарських препаратів не лише на здоров'я матері, але і на розвиток зародка.

Хінін, алкоголь, нікотин та інші токсичні речовини впливають, в першу чергу на розвиток нервової системи. Іноді, після дії таких чинників, народжується мікроцефали (від гр. – Mikros – малий, Kephale – голова) або, взагалі, у плода відсутній головний мозок. Такі дефекти розвитку можна викликати у тварин штучно.

Значний негативний вплив на індивідуальний розвиток мають деякі інфекційні захворювання. Так, захворювання на краснуху на початку вагітності, практично не шкідливе для матері, викликає пороки у будові серця, органів зору і слуху, вовчу пашечку. Причиною ряду спотворень можуть бути токсини паразитів. В останній час набув поширення токсоплазмоз, який викликається внутрішньовагінальними паразитами токсоплазмами (*Toxoplasma gondii* з типу найпростіших). Встановлено, що це може стати причиною як значних відхилень у розвитку, так і спонтанних абортів.

Для вагітних шкідливими можуть бути такі явища, як шум та стрес. У вагітних пацюків шум викликає порушення у формуванні скелета і ряд інших дефектів. Навіть такий стрес, як взяття вагітного пацюка на руки, викликає зміни емоційної поведінки у потомства.

Загальновідомий також негативний вплив на здоров'я новонародженої дитини рентгенівського та інших видів іонізуючого випромінювання. Це вказує на необхідність обережного призначення вагітним жінкам відповідних видів обстежень.

Значний негативний вплив на здоров'я вагітних жінок і їх потомства мала Чорнобильська катастрофа. У реєстр спостереження були внесені 16 тис. жінок. Було виявлено, що серед них у 1,5–2 рази зросла кількість загроз переривання вагітності, передчасних пологів, анемій, кровотеч під час пологів та інших ускладнень. Головна причина цих ускладнень – хронічний стрес. Як наслідок хронічного опромінення можна розглядати розвиток залізодефіцитних анемій. Обстеження плоду у вагітних з контрольованих районів за допомогою ультразвукового сканування та кардіотомографії показало, що у 35 % жінок темпи

росту основних показників плоду відстають. У 60 % жінок виявили порушення розвитку плаценти, а у 48 % – маловоддя. У 1993 р. у вагітних та новонароджених вперше було виявлено надлишкову функцію щитоподібної залози (гіпертироксинемію). У жінок, які проживають в зоні ураження, спостерігається різке зниження імунітету. Це може стати однією з причин розвитку інфекційних ускладнень як у матері, так і у майбутньої дитини.

Невтішні дані про вплив радіоактивного випромінювання на здоров'я дітей, опромінених внутрішньоутробно, були отримані внаслідок спостережень за жертвами атомних бомбардувань. Опромінення плоду у 8–12-тижневому віці призводить до відхилення у розвитку мозку, до появи у ньому атрофічних процесів. Спостерігається лінійна залежність між дозою опромінення і кількістю дітей з розумовою відсталістю. Серед групи дітей, вагітні матері яких були опромінені внаслідок аварії на ЧАЕС, були проведені комплексні обстеження. У них були виявлені відхилення у розвитку ендокринної системи, особливо щитовидної залози. Це результат надходження у організм матері радіоактивних ізотопів йоду. Комплексні дослідження нервово-психічної діяльності показали, що у дітей, опромінених внутрішньоутробно, спостерігається зниження рівня психічного розвитку за такими параметрами, як поняття, психомоторика, увага, запам'ятовування. Дослідження свідчать, що ці відхилення пов'язані з опроміненням.

Таким чином, причиною відхилень у розвитку ембріона і плоду можуть бути несприятливі чинники зовнішнього середовища та різні забруднювачі. Ось чому для народження здорової дитини потрібні не лише здорові батьки, але й здорове середовище.

Розділ 2.2

ОСНОВИ АНАТОМІЇ І ФІЗІОЛОГІЇ ЛЮДИНИ

Маленька дитина намагається розібрати будь-яку іграшку і з'ясувати: “А що ж там всередині?”. Ця досить клопітка риса відображає особливість становлення до речей не лише індивідууму, але і людської спільноти. Перші відомості про внутрішню будову людського тіла і основні закономірності його функціонування відомі ще з стародавніх пам'яток культури Китаю, Індії, Єгипту, Месопотамії і Америки. Вони були строкатою сумішшю тонких і вдалих спостережень та химерних і фантастичних вигадок. У більш пізніх культурах Древньої Греції і Риму будова і функціонування людського тіла стали об'єктом не лише дослідження, але й певних експериментів. У працях видатних філософів-природознавців Гіппократа, Аристотеля, Клавдія Галена та інших простежується виникнення нових біологічних наук, які стали науковою основою тогочасної медицини.

Анатомія – біологічна наука, яка вивчає форму і будову окремих органів, систем і всього організму в цілому.

Розрізняють анатомію людини, анатомію тварин і анатомію рослин.

Фізіологія – біологічна наука, що вивчає функціонування органів і систем організму, регуляцію життєдіяльності, взаємодію організму з зовнішнім середовищем.

Після занепаду у часи Середньовіччя анатомія і фізіологія людини почали інтенсивно розвиватися в епоху Відродження. З'явилися не лише описові роботи і спостереження, але й суто експериментальні дослідження. Саме у цей період були зроблені важливі відкриття, пов'язані з науковим визначенням будови та функціонування більшості органів і систем. Людський організм поступово втрачав таємничий ореол Божественного творіння і ставав рівноправною частиною навколишнього органічного світу.

Кров та кровоносна система

Організм людини – складна система, яка утворена різноманітними клітинними і тканинними структурами. Існування багатоклітинного організму неможливе без існування єдиної системи сполучення, яка б об'єднувала окремі клітини і їх групи у єдине ціле. Саме цю функцію і виконує кровоносна система. Вона містить спеціалізовану рідку тканину – кров. Саме рідина виявилася зручним способом перенесення простих хімічних речовин, макромолекул та окремих клітин. Такі властивості як плинність, пружність, значна теплоємність зробили кров не

лише важливим способом транспорту речовин у організмі, але і необхідним компонентом підтримки постійних фізичних умов.

Еволюція крові та кровоносної системи

Кров та кровоносна система, як і будь-яка система організму, утворилася як результат еволюційного розвитку. Найпростішою системою транспорту у живих організмах була проста дифузія. Тіло одноклітинних через всю свою поверхню контактувало з довкіллям.

У багатоклітинних організмів більша частина клітин не контактує з зовнішнім середовищем. Для таких контактів у примітивних тварин виникли спеціальні міжклітинні канали, по яких рідина просочувалася у міжклітинний простір. Цю рідину називають гідролімфою. Вона мало чим відрізняється від води.

Наступним етапом розвитку було виникнення спеціальних порожнин тіла, по яких рухалася відмінна від води гемолімфа. Гемолімфа не тільки переносила поживні речовини і продукти обміну, але й брала участь у транспортуванні газів. У ній присутні спеціальні пігменти, такі як гемоціаніни, гемоглобіни тощо. Гемолімфа рухалася по незамкнутій кровоносній системі.

З появою замкнутої кровоносної системи виникло декілька різновидів рідкого середовища – кров, лімфа, міжклітинна рідина. Вони відрізняються як за складом, так і за функціями. Кров – це не просто рідина, а своєрідна сполучна тканина. Вона не лише містить різні хімічні речовини, але й складається з клітин.

Еволюційний розвиток пройшла вся система кровообігу в цілому. Найпростіший тип замкнутої кровоносної системи у дощових черв'яків представлений двома поздовжніми судинами, з'єднаними між собою кільцевими судинами. З появою серця (у членистоногих та молюсків) з'явилася можливість прискорити рух крові. Це, у свою чергу, дозволяє прискорити метаболізм.

У риб відбувся розподіл на окремі системи кровообігу та лімфообігу – кровоносна та лімфатична системи. Крім того, значних змін зазнала система кровообігу у зв'язку з виходом тварин на сушу. Стінки кровоносних судин потовщали, виросла маса серця. У амфібій та рептилій розпочалося виділення двох кругів кровообігу та поділу серця на камери. Вперше поділ серця на чотири камери відбувся у крокодилів. З появою теплокровності у птахів та ссавців чітко сформувалася сучасна кровоносна система, яка включає два круги кровообігу, чотирикамерне серце та судини трьох типів.

Склад і властивості крові

Кров – це основна транспортна тканина організму. Вона складає приблизно 7,7% від загальної маси організму людини. У людини з масою тіла 70 кг є близько 5 літрів крові.

Формування крові пройшло складний еволюційний шлях і відображає вдалу відповідність між будовою і функціями. Це рідка тканина, що складається з плазми та формених елементів (рис. 2.7). Кров відноситься до специфічних сполучних тканин. Плазму розглядають як міжклітинну речовину, а формені елементи – як клітини.

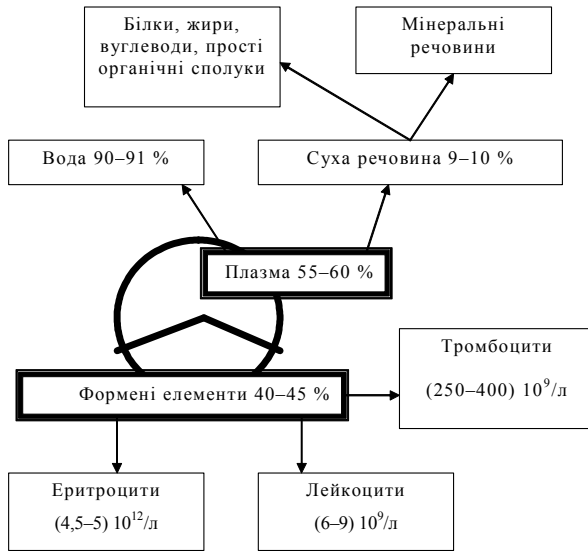


Рис. 2.7. Склад крові людини

Кров виконує багато функцій, але до основних з них можна віднести такі:

- дихальна;
- живильна;
- екскреторна;
- гомеостатична;
- регуляторна;
- терморегуляторна;
- захисна.

Дихальна функція – це процес перенесення кисню від органів дихання до тканин і вуглекислого газу від тканин і органів до органів

дихання. Більша частина (90%) вуглекислоти транспортується у крові у розчиненому вигляді (карбоніві сполуки), а менша (10%) – у вигляді карбоксигемоглобіну. Газообмін здійснюється внаслідок дифузії завдяки різниці парціального тиску. Кисень у крові може знаходитися лише у зв'язаному з гемоглобіном вигляді. Вуглекислий газ може також реагувати з водою з утворенням слабкої вугільної кислоти і бікарбонатів. Вміст вуглекислого газу у крові значно вищий, ніж кисню. Перепади його концентрації між артеріальною та венозною кров'ю відповідно менші. Крім цих двох газів у крові знаходиться 1,2 % розчиненого азоту.

Живильна функція включає перенесення кров'ю поживних речовин від шлунково-кишкового тракту до клітин організму. Всі поживні речовини спочатку потрапляють через ворітну вену у печінку, а потім розподіляються по організму.

Екскреторна функція проявляється у видаленні з організму кінцевих продуктів обміну, надлишку води, мінеральних та органічних речовин.

Гомеостатична функція пов'язана з тим, що кров бере участь у підтриманні певного постійного внутрішнього середовища організму (рН, водного балансу, рівня глюкози та інше).

Регуляторна функція полягає у перенесенні біологічно активних речовин, які виділяються деякими тканинами (наприклад, гормонів).

Внаслідок неперервного руху та великої теплоємності кров не тільки сприяє перерозподілу тепла в організмі, але й підтриманню постійної температури тіла.

Захисну функцію виконують різні складові частини крові, які забезпечують клітинний імунітет. Ця функція також включає систему зсідання крові.

Об'єм крові залежить від виду тварин, розмірів тіла, статі та інтенсивності обміну речовин. У людини це приблизно 6–8 % від маси тіла, що відповідає у середньому 4–6 л. Кількість крові в організмі постійна, але не вся кров включена у кругообіг. Частина її знаходиться у так званих депо крові (від загальної кількості у організмі):

- у печінці – до 20 %,
- у селезінці – до 16 %,
- у шкірі – приблизно 10 %.

Плазма крові – це рідина, яка містить близько 90 % води, 7–8 % білка, 1,1 % інших органічних речовин, 0,9 % мінеральних речовин.

Білки крові виконують різноманітні функції і поділяються на:

- альбуміни (60 %);
- глобуліни (40 %).

Альбуміни менші за розмірами, відіграють важливу роль у створенні онкотичного тиску при транспорті речовин. Глобуліни, залежно від маси, поділяють на альфа-, бета- і гамма-глобуліни. При нормальному харчуванні в організмі людини виробляється за 1 добу близько 17 г альбумінів та 5 г глобулінів. Період напіврозпаду альбумінів 10–15 днів, а глобулінів – 5 днів.

Серед інших органічних речовин крові найважливішою є глюкоза. Її концентрація підтримується на постійному рівні. Це дуже важливе джерело енергії для головного мозку. Зменшення концентрації глюкози у крові, яка надходить до голови, призводить до втрати свідомості, а у крайньому випадку – до смерті. Зростання концентрації глюкози у крові призводить до видалення її надлишку з сечею.

Водні розчини, що містять однакову з кров'ю концентрацію мінеральних речовин, відносять до групи фізіологічних.

Вони використовуються для відновлення кількості рідини при кровотратах (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Склад найпоширеніших фізіологічних розчинів для теплокровних тварин і людини

Розчин	Концентрація, г/л						
	NaCl	KCl	CaCl ₂	NaHCO ₃	MgCl ₂	NaHPO ₄	Глюкоза
Фізіологічний	9,0	-	-	-	-	-	-
Рінгера	9,0	0,42	0,24	0,15	-	-	-
Тиродє	8,0	0,2	0,2	1,1	0,1	0,05	1,0

Найпростішим і найбільш вживаним є фізіологічний розчин, який містить 0,9 % NaCl. Його найчастіше називають просто фізіологічним розчином. Розчин Тиродє найбільш складний, але він краще за інші відповідає фізико-хімічним властивостям плазми крові.








Формені елементи крові поділяють на:

- білі (лейкоцити), які не мають забарвлення;
- червоні (еритроцити і тромбоцити), які забарвлені у червоний колір.

Вони відрізняються формою, розмірами, кількістю, терміном перебування у кров'яному руслі, фізіологічними та біохімічними властивостями (табл. 2.5). Серед формених елементів лейкоцити – найбільш древня форма кров'яних клітин. Вони – єдині клітини гемолімфи більшості безхребетних. Еритроцитів у крові безхребетних немає. У них кров'яні пігменти знаходяться у плазмі. Тромбоцити, як виняток, зустрічаються у деяких безхребетних, але у птахів їх немає.

Таблиця 2.5

Характеристика формених елементів крові

							
Тип клітин	Лімфоцити	Нейтрофіли	Еозинофіли	Базофіли	Моноцити	Еритроцити	Тромбоцити
Розміри, мкм	6–15	12–14	12–17	14–16	16–20	6,7–7,7	1,5–3,5
Кількість у 1 літрі, ($\times 10^9$)	0–0,1	2–7,5	1,3–3,5	0–0,44	0,2–0,8	3900–6500	150–400
Лейкоцитарна формула, (%)	20–50	40–75	1–6	<1	2–10	-	-
Тривалість дозрівання, (дні)	1–2	6–9	6–9	3–7	2–3	5–7	4–5
Тривалість життя зрілих клітин, (дні)	?	0,4–декілька	8–12	?	30–365	120	8–12

Лейкоцити – це безкольорові клітини, які мають ядро і входять до складу крові і лімфи.

Загальна кількість лейкоцитів менша, ніж інших клітин крові. У ссавців вона складає приблизно 0,1–0,2 %, у птахів – 0,5–1,0 % від кількості еритроцитів.

Збільшення кількості лейкоцитів називають лейкоцитозом, а зменшення – лейкопенією.

Розрізняють фізіологічний та реактивний лейкоцитоз. Перший виникає відразу після вживання їжі, при вагітності, м'язовій роботі, сильних емоціях, больових відчуттях. Другий – стійка реакція на запалювальні процеси та інфекцію. Крім того, існує злоякісний лейкоцитоз – лейкоз.

Лейкопенія пов'язана з певними інфекціями. Неінфекційна форма лейкопенії – одна з перших реакцій організму на радіоактивне опромінення. Крім того, вона може виникнути від отруєння та приймання деяких ліків.

Всім видам лейкоцитів властива амебоїдна рухливість. Її швидкість може сягати 40 мкм/хв. Лейкоцити можуть виходити через стінки капілярів. Їм властивий фагоцитоз. Один лейкоцит може захопити 15–20 бактерій. Крім того, лейкоцити виділяють захисні речовини, у першу чергу:

- антитіла антибактеріальної та антитоксичної природи;
- речовини фагоцитарної реакції;

- речовини, необхідні для заживання ран.

Лейкоцити здатні адсорбувати на своїй поверхні і переносити деякі речовини. Більше половини лейкоцитів розташовано за межами судинного русла, з них 30 % – у кістковому мозку. Можна сказати, що відносно лейкоцитів кров виступає лише як переносник.

Найголовніша функція лейкоцитів у організмі – формування імунологічної відповіді. Вона надає хребетним здатність відрізняти „своє” від „чужого”. Завдяки імунологічній відповіді організм знищує інфекції (віруси, бактерії, найпростіші), відкидає чужорідні тканини (трансплантанти), а також протидіє новоутворенням і паразитам.

Залежно від стану цитоплазми та її реакції на різні фарбники розрізняють 5 основних видів лейкоцитів, які поділяють на дві групи (рис. 2.8).

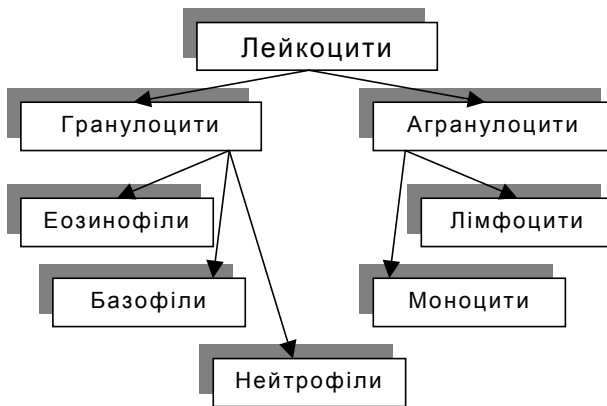


Рис. 2.8. Класифікація лейкоцитів

- ☑ Кількісне співвідношення різних видів лейкоцитів складає лейкоцитарну формулу.

У нормальних умовах вона досить стала, а відхилення у лейкоцитарній формулі свідчать про різноманітні захворювання.

Гранулоцити складають 60 % всіх лейкоцитів, тривалість життя – приблизно 2 доби. Вони мають зернисту цитоплазму. Поділяють їх на:

- еозинофіли – фарбуються кислими фарбами;
- базофіли – фарбуються лужними фарбами;
- нейтрофіли – сприймають обидві фарби.

Перші фарбуються у рожевий колір, другі – у синій, треті – у рожево-фіолетовий. Зростання кількості еозинів – еозинофілія – супроводжує автоімунні реакції і є ознакою алергії. Базофіли продукують ге-

парин, який не дає крові зсідатися. Нейтрофіли, залежно від віку, мають кругле, паличкоподібне чи сегментоване ядро. Вони є найважливішим функціональним елементом неспецифічної системи захисту. За допомогою фагоцитозу нейтрофіли здатні знешкоджувати мікроби і чужі білки.

Агранулоцити поділяються на лімфоцити та моноцити. Максимальна тривалість їх життя – 8–10 діб, але дуже часто вона скорочується до годин. Лімфоцити – основна складова частина імунітету. Їх називають імунологічно компетентними клітинами. Вони здатні розпізнавати антигени і формувати імунологічну відповідь на них. В-лімфоцити виробляють специфічні антитіла, забезпечують імунологічну відповідь гуморального типу. Т-лімфоцити забезпечують відповідь клітинного типу, а також співпрацюють з В-лімфоцитами у процесі відповіді гуморального типу. Моноцити – найбільші клітини крові, вони мають найвищу фагоцитарну активність.

☑ Еритроцити – високоспеціалізовані, у дозрілій формі без'ядерні клітини, пристосовані до перенесення кисню, вуглекислого газу та інших речовин.

Вони дуже еластичні, легко входять у капіляри, які мають вдвічі менший діаметр, ніж сама клітина. Завдяки своїй формі еритроцити мають значну поверхню. Загальна площа поверхні еритроцитів тіла дорослої людини приблизно 3800 м² (у 1500 разів більша поверхні тіла). Еритроцити містять близько 95 % гемоглобіну. Їх мембрани мають вибірково проникність, а поверхня здатна сорбувати і переносити поживні речовини (амінокислотні залишки, ліпіди, біологічно активні речовини). Крім того, еритроцити за допомогою спеціальних рецепторів зв'язують імунні комплекси і беруть участь у їх виведенні.

☑ Процес, при якому гемоглобін виходить з еритроцитів у плазму крові, називають гемолізом.

Гемоліз може бути навіть без розриву мембрани. У жінок еритроцитів менше, ніж у чоловіків, а у немовлят більше, ніж у дорослих. Після крововтрат, пошкодження чи зменшення утворення еритроцитів розвивається захворювання – анемія. Коли кров, яка втратила можливість зсідатися, помістити у вертикальну піпетку, то еритроцити будуть зсідати вниз. Швидкість, з якою вони осідають (ШОЕ) – важливий показник фізіологічного стану організму. Вона прискорюється під час вагітності, при гострих запальних процесах.

При деяких захворюваннях та втраті крові роблять переливання крові – від донора (людини, що дає кров) до реципієнта (людини, що отримує кров). Щоб кров не зсідалася і тривалий час була придатна до переливання її можна консервувати за допомогою специфічних хіміч-

них сполук, наприклад, гепарину. Кров однієї людини не завжди можна переливати іншій, оскільки може виникнути несумісність. Вона пов'язана з тим, що еритроцити донора можуть склеюватися між собою, що викликає закупорювання невеликих кровоносних судин, яке порушує нормальний кровообіг. Кров людини за системою АВО ділиться на 4 групи за наявність особливих речовин, що викликають склеювання (аглютинацію) еритроцитів. У еритроцитах є аглютиногени А і В, а у плазмі крові аглютиніни α і β . Склеювання еритроцитів донора відбувається у тому випадку, коли аглютиноген А зустрічається з аглютиніном α , а аглютиноген В – з аглютиніном β . Тому у однієї крові людини одночасно не можуть знаходитися аглютиногени і парні до них аглютиніни. При переливанні крові потрібно враховувати, що кількість крові донора, як правило, незначна, у порівнянні з кількістю крові реципієнта. Плазма донора значно розбавляється плазмою крові реципієнта, тому аглютиніни плазми крові донора не склеюють еритроцити реципієнта. У той же час, аглютиногени в еритроцитах донора не можуть розбавлятися плазмою крові реципієнта, тому що вони обмежені клітинною оболонкою. Виходячи з цього, а також наявності тих чи інших аглютиногенів та аглютинінів, існують певні правила переливання крові, які наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Характеристика формених елементів крові

Група крові	Аглютиногени у еритроцитах	Аглютиніни у плазмі крові	Може віддавати кров групам	Може приймати кров груп
I (O)	Відсутні	α, β	I, II, III, IV	I
II (A)	A	β	II, IV	I, II
III (B)	B	α	III, IV	I, II, III
IV (AB)	A, B	Відсутні	IV	I, II, III, IV

Групи крові успадковуються і не змінюються протягом життя людини (див. розділ 1.5). Для визначення груп крові використовуються стандартні сироватки. Найпоширенішою серед європейців є кров I (0) групи. Люди з такою групою крові – універсальні донори, оскільки у їх еритроцитах відсутні аглютиногени. Найменш поширена група крові – IV (AB). Люди з такою групою крові – універсальні реципієнти, у них відсутні аглютиніни. В Україні 36% населення має групу крові I (O), 38% – II (A), 18% – III (B), 8% – IV (AB).

- Тромбоцити або кров'яні пластинки – це плоскі клітини неправильної округлої форми, які у ссавців не мають ядра і відіграють важливу роль при зсіданні крові.

Вони, як і інші клітини периферійної крові, утворюються у кістковому мозку. Період визрівання – 8 днів, а тривалість перебування у кров'яному руслі – 5–11 днів. Тромбоцити здатні склеюватися один з одним і приклеюватися до стінок судин. Завдяки цьому вони відіграють значну роль в утворенні кров'яного згустку, що особливо важливо при кровотечах, в післяопераційний період.

Крім того, ці клітини виділяють ферменти, які беруть участь на всіх етапах зсідання крові. Тромбоцити мають здатність до фагоцитозу, тому беруть участь у імунитеті.

Будова кровоносної системи людини

У 1628 році англійський лікар, фізіолог та ембріолог У. Гарвей (1576–1657) внаслідок багаторічних кропітких досліджень показав, що у вищих тварин і людини кров знаходиться у безперервному русі в замкнутому колі. На той час було відомо, що кровоносна система складається з серця та судин.

☑ Судини, по яких кров рухається від серця, називають артеріями. А судини, по яких кров рухається до серця, називають венами.

У. Гарвей припускав, що замкнутість кровоносної системи забезпечується тим, що артерії і вени сполучаються між собою за допомогою маленьких трубочок. Лише через чотири роки після його смерті італієць М. Мальпігі відкрив капіляри.

☑ Капіляри – це найтонші кровоносні судини, що з'єднують вени і артерії.

Стінки капілярів надзвичайно тонкі. У найменших капілярів вони утворені одношаровим епітелієм, який знаходиться на базальній мембрані. Такий епітелій має назву ендотелію. Саме загибеллю клітин ендотелію пояснюється чутливість кровоносної системи до такого негативного фактору навколишнього середовища, як радіоактивне опромінювання.

Поштовх, необхідний для руху крові по судинах, дає серце (рис. 2.9). Воно складається з двох половин: лівої (системної) та правої (легеневої). Кров між цими половинами не змішується, тому що серце поділене поздовж товстою перегородкою. Крім того, кожна половина серця складається з передсердя та шлуночка. Шлуночки і передсердя з'єднуються між собою за допомогою стулчастих клапанів, які не дозволяють крові рухатися зі шлуночка у передсердя. Лівий клапан двостулковий, а правий – тристулковий. У передсердя відкриваються венозні судини. У праве – верхня і нижня порожнисті вени. Вони збирають кров, відповідно, з голови і верхніх та нижніх кінцівок, таза і живота. У ліве передсердя відкриваються легеневі вени. Від шлуночків відхо-

дять артерії. Вони мають півмісяцеві клапани, які відкриваються лише при скороченні шлуночків. Це заважає крові рухатися у сторону серця. Від правого шлуночка відгалужується легенева артерія, а від лівого – аорта.

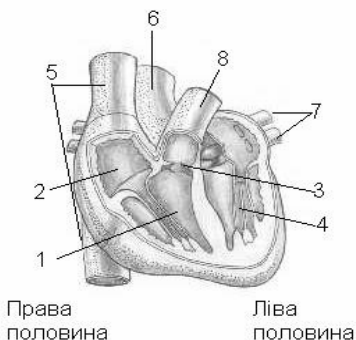


Рис. 2.9. Будова серця

1 – шлуночок; 2 – передсердя; 3 – півмісяцевий клапан; 4 – стулковий клапан;
5 – верхня і нижня порожнисті вени; 6 – аорта; 7 – легенева вена; 8 – легенева артерія.

Робота серця здійснюється скороченням серцевого м'яза, який має власний нервовий центр, що забезпечує автоматизм у його роботі.

Скорочення серцевого м'яза називають систолою, а розслаблення – діастолюю.

Серцевий цикл включає скорочення передсердь (систола передсердь), шлуночків (систола шлуночків), їх розслаблення і загальну паузу. У нормі систола і діастола чітко узгоджені за часом (рис. 2.10). Загальна тривалість серцевого циклу приблизно 0,8 секунди.

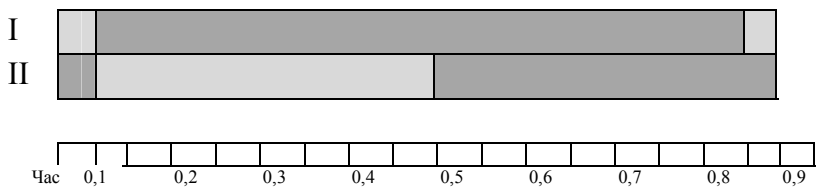


Рис. 2.10. Фази серцевого циклу у людини (пульс 75 ударів за хвилину)

I – передсердя

II – шлуночки

– систола
– діастола

У людини, як і у всіх ссавців, розрізняють два кола кровообігу – велике і мале. Велике коло кровообігу розпочинається аортою, яка відходить від лівого шлуночка. Велике коло кровообігу включає всі суди-

ни, які забезпечують артеріальною кров'ю всі внутрішні органи. Закінчується велике коло кровообігу верхньою та нижньою порожнинними венами у правому передсерді, куди збирається венозна кров.

Лівий і правий шлуночки серця людини при кожному скороченні виштовхують, відповідно у аорту і легеневу артерію, приблизно по 70–75 мл крові. Хвилинний об'єм крові, яка виштовхується з серця, становить 4,5–5,0 літрів. Ці величини не постійні. При навантаженнях хвилинний об'єм може зростати до 20–30 літрів. У нетренованих людей це відбувається за рахунок збільшення скорочень, а у тренуваних – головним чином внаслідок збільшення систолічного об'єму серця.

Мале коло кровообігу розпочинається у правому шлуночку легеневою артерією. На відміну від аорти, легенева артерія переносить венозну кров. По малому колу кровообігу венозна кров надходить у легені, де, внаслідок газообміну, перетворюється у артеріальну. Повертається артеріальна кров у ліве передсердя по легеневій вені.

Ліва половина серця значно товща, ніж права. Це пов'язане з тим, що велике коло кровообігу переносить кров на значні відстані.

Головна функція великого кола кровообігу – транспортування кисню до всіх систем тіла та перенесення вуглекислого газу від усіх систем.

Головна функція малого кола кровообігу – газообмін через легеневі капіляри, видалення вуглекислого газу з організму та забезпечення надходження кисню ззовні.

Всі компоненти кровеносної системи, за винятком капілярів, створені трьома шарами тканин. Від порожнини тіла серце і судини відділяються серозною сполучнотканинною оболонкою. За нею знаходиться м'язова оболонка (у судинах – непосмугована, у серці – міокард). Внутрішню порожнину вистилає епітеліальна тканина. Незважаючи на спільний принцип побудови, у судин різних типів є певні специфічні відмінності, пов'язані з особливостями їх функціонування. Так, наприклад, м'язовий шар у артерій набагато товщий, ніж у вен. Останні, крім того, мають додаткові клапани, які компенсують низький тиск крові і перешкоджають її зворотному рухові. Стінки капілярів, на відміну від артерій і вен, утворені лише епітелієм. Для поліпшення газообміну капіляри сильно розгалужуються, утворюючи капілярну сітку.

Майже в усіх відділах судинної системи кровоток має ламінарний характер – кров рухається окремими, паралельними осі судини, шарами. Формені елементи рухаються ближче до центру судини, а плазма – до стінок. У тонких судинах швидкість руху крові менша, ніж у товстих (табл. 2.7). Час, за який частка крові проходить велике і мале кола кровообігу, визначають за допомогою спеціальних міток. Він залежить

від виду, розміру тварин та швидкості метаболічних процесів (табл. 2.8). У людини на проходження малого кола кровообігу витрачається 4,6 секунди (1/5 від всього часу), а на проходження великого – 18,4 секунди (4/5).

Таблиця 2.7

Швидкість руху крові у різних типах судин (см/сек)

Судина	Швидкість	Судина	Швидкість
Аорта	40	Порожниста вена	5–20
Артерії	10–40	Вени	0,3–5
Артеріоли (найтонші артерії)	0,1–10	Венули	Менше 0,3
		Капіляри	Менше 0,1

Таблиця 2.8

Швидкість кругообігу крові у різних тварин, см/сек

Тварини	Швидкість	Тварини	Швидкість
Різні комахи	20–30	Кріль	7
Краби	37–65	Собака	16
		Людина	23

Рухаючись по судинах, кров тисне на їх стінки. Найвищий тиск крові у артеріях. Він характеризує такі параметри, як робота серця, гнучкість судин, густину крові. Рівень кров'яного тиску виражається у міліметрах ртутного стовпчика і вимірюється у плечовій артерії. Більше показання тиску називають систоличним, а менше – діастоличним. У людини середнього віку систоличний тиск становить 110–125 мм рт. ст., а діастоличний – на 20–30 мм рт. ст. менше (70–80).

Регуляція роботи серця і кровоносних судин дуже складна, адже нормальне функціонування організму можливе лише при його достатньому кровозабезпеченні. Вона включає як нервові сигнали, які йдуть від центральної нервової системи та периферійних нервів, так і гуморальні механізми різної природи.

Лімфа і лімфатична система

Крім крові у організмі людини є інші рідини, серед яких важливе місце посідає лімфа. Це прозора рідина жовтуватого кольору, яка подібна до плазми крові, але у ній міститься менше білків (3 – 4%). Вміст глюкози у лімфі складає 0,1%, а мінеральних солей – 0,8 – 0,9%. Лімфа містить також ферменти, жири та інші речовини. Менший, ніж у крові, вміст фібриногену призводить до того, що при зсіданні лімфи утворюється пухкий тромб. В 1 л лімфи міститься від $2 \cdot 10^9$ до $2 \cdot 10^{10}$ формених елементів, які представлені певними типами лейкоцитів – лімфо-

цитами (до 55% від усіх формених елементів), моноцитами, еозинофілами.

Склад лімфи непостійний, він змінюється в залежності від обміну речовин. Так, лімфа, яка відтікає від травного тракту (тонкого кишечника), після споживання багатих на жири продуктів насичується жирами (їх вміст підвищується до 3 – 4%). Завдяки великій кількості мікроскопічних крапель жирів, лімфа набуває молочного кольору.

☑ Лімфа є складовою частиною внутрішнього середовища організму, а лімфатична система – складова частина судинної системи.

Основними чинниками, які викликають лімфоутворення є:

- підвищення кров'яного тиску;
- посилення притоку артеріальної крові;
- венозний застій;
- збільшення загальної маси крові;
- посилення діяльності органів (м'язів, печінки тощо).

Напрямок руху лімфи – від тканин до серця. Рух лімфи відбувається за рахунок стискання лімфатичних судин при скороченні скелетних м'язів, м'язів стінок судин та внаслідок присмоктувальних рухів грудної клітки при вдихові. За добу у кров людини повертається 1 – 3 літри лімфи. Вона тече по лімфатичних судинах повільно, при малому тиску з периферії до центральних лімфатичних судин і, в кінцевому випадку, до великих вен шиї. Лімфатична система становить начебто додаткове русло венозної системи, вона містить у судинах клапани, яких більше, ніж у венах. Клапани розміщені, як правило, попарно.

Основні функції лімфатичної системи такі:

- транспортна – повернення у кров розчинених у тканинній рідині речовин з кишечника (повернення жирів може розцінюватися як поживна функція);
- дренажна (пов'язана з резорбційною) – забезпечення повернення води від тканин у систему кровообігу (венозне русло);
- захисна (бар'єрна) – затримання та знешкодження бактерій, токсинів та інших сторонніх тіл, які потрапили в організм;
- кровотворна – утворення та дозрівання лімфоцитів. Остання функція тісно переплітається з захисною, оскільки лімфоцити беруть участь в утворенні імунітету.

Лімфатична система утворена системою судин, замкнених на периферійному і відкритих на центральному кінці. Найтонші судини з тупими кінцями – це лімфатичні капіляри. Вони об'єднуються у лімфатичні судини. Великі лімфатичні судини впливають на лімфатичні стовбури, які, в свою чергу, переходять у лімфатичні протоки.

☑ Структурною і функціональною одиницею лімфатичної системи є клапанний сегмент або лімфангійон.

Він містить усі елементи, необхідні для самостійного перенесення лімфи у сусідні відрізки судин – клапани та м'язову оболонку лімфатичних судин. Лімфатичні судини пронизують більшість тканин органів, за винятком центральної нервової системи, епітелію, шкіри, слизових оболонок, хрящів, кон'юктиви.

Лімфатичні капіляри замкнені з одного боку і мають пальцеподібну форму. Вони утворюють лімфатичну сітку, яка пронизує тканини органів. Лімфокапіляри більші за діаметром (від 0,01 до 0,2 мм), ніж кровоносні. Це дає можливість резорбувати розчини білкових речовин, які не здатні всмоктуватися у кровоносні капіляри. Крім того, в лімфатичних капілярах, на відміну від кровоносних, є клапани. Деякі з лімфокапілярів знаходяться всередині ворсинок кишечнику. Лімфокапіляри у внутрішніх органах переходять у сплетення дрібних судин. Ці судини зливаються і впадають у лімфовузли.

Лімфатичні судини утворюють широкопетлясті сплетіння, разом з кровоносними судинами проходять і розміщуються у сполучнотканинних прошарках органів. Ці судини називають колекторами. Вони, у свою чергу, з'єднуються у лімфатичні стовбури, які відповідають числу і розміщенню частин тіла. Так, для нижніх кінцівок і тазу основним лімфатичним стовбуром є крижовий, для верхніх кінцівок – парні підключичні, для голови і шиї – парні яремні стовбури. У грудній порожнині, крім того, є ще парний бронхосередостінний і непарний кишковий стовбур.

Всі лімфатичні стовбури з'єднуються у два протоки – правий і грудний. Правий і грудний лімфатичні протоки відкриваються у венозне русло (у вени шиї).

Правий лімфатичний протік має довжину приблизно 10 – 12 см і збирає близько 25% всієї лімфи. Він впадає у праву підключичну вену і утворюється із злиття правих яремного, підключичного і бронхосередостінного стовбурів. У деяких випадках правий лімфатичний протік відсутній. Тоді перераховані вище стовбури впадають у – правий венозний кут (місце злиття правих внутрішньої яремної і підключичної вен).

Грудний лімфатичний протік має довжину 30 – 40 см і утворюється при злитті правого і лівого крижових стовбурів у великі вени шиї. Він бере початок у черевній порожнині і вливається у внутрішню яремну вену або у внутрішній венозний кут (місце з'єднання відповідних яремних і підключичних вен). Загальна кількість лімфи, яка збирається

грудним лімфатичним протоком складає приблизно 75% від усієї кількості лімфи.

По ходу лімфатичних судин розміщені лімфатичні вузли. Вони є одним з місць утворення антитіл і лімфоцитів, біологічними фільтрами, у яких затримуються і знешкоджуються бактерії та інші чужорідні тіла. Лімфатичні вузли здатні перебудовуватися протягом життя. Їх кількість у літніх людей (60 – 75 років) у 1,5 – 2 рази менша, ніж у юних (17 – 21 рік).

В нижніх кінцівках лімфатичні вузли розміщені у підколінних ямках, паховій області. У тазі практично всі вузли розташовані на поверхні нутрощів тазу, а також вздовж кровоносних судин. У череві є декілька сотень лімфатичних вузлів. Так, вздовж аорти і нижньої порожнистої вени їх приблизно 30 – 50, вздовж брижових артерій – більше 300.

Особливу систему лімфатичних вузлів і судин має тонкий кишечник. У ворсинках знаходяться заокруглені кінці лімфатичних капілярів до яких надходять продукти розщеплення жирів. З цих продуктів синтезуються нові жири, що з потоком лімфи потрапляють у кров. Проходячи у брижі, лімфатичні капіляри зливаються у лімфатичні судини, а потім, у свою чергу, у лімфатичні вузли, розміщені у чотири ряди.

Велика кількість лімфатичних вузлів знаходиться у грудній клітці. Частина з них розміщена на задній стінці (передхребтові, міжреберні), частина – на передній стінці (білягрудинні та інші), а частина – на нижній стінці (верхні діафрагмальні). Тут є також внутрішні лімфатичні вузли – передперикардальні, латеральні, перикардальні, передні та задні середостінні тощо.

Лімфатичні вузли голови та шиї розміщені в основному вздовж граничної лінії між головою та шиєю. Вони є поверхневими (лицьові, потиличні, нижньощелепні тощо) та глибокі (двочеревно-яремні, яремно-лопаткові, під'язичний тощо).

Лімфатичні вузли верхніх кінцівок розміщені поблизу плечового і ліктьового суглобів, а також під пахвою.

До органів лімфатичної системи відноситься також селезінка. Вона розташована у лівому підребер'ї від 9-го до 11-го ребра. Її маса у середньому складає 100 – 200 грам, довжина – 12 см, ширина – 8 см, а товщина – 3 – 4 см. Після 40-ка років маса та розміри селезінки починають зменшуватися. Основні функції селезінки:

- участь її лімфоцитів у імунологічних реакціях;
- руйнування частини формених елементів крові, строк життєдіяльності яких закінчується;

- повернення у печінку заліза, яке знаходилося у гемоглобіні зруйнованих еритроцитів.

Селезінка – це місце, де кровоносна система тісно взаємодіє з лімфатичною, завдяки чому кров збагачується лейкоцитами, що розвиваються у цьому органі. Кров, яка проходить через селезінку, завдяки фагоцитарній діяльності макрофагів, звільняється від еритроцитів, що загинули, та чужорідних тіл.

Таким чином, лімфатична система – це важлива складова частина внутрішнього середовища організму, яка приймає участь у метаболічних та імунних реакціях.

Система органів дихання

Як відомо, основним місцем протікання енергетичних процесів у тварин є мітохондрії. Вони здатні перетворювати енергію хімічних зв'язків у форми, які клітина легко використовує. Кисень, необхідний для таких перетворень, надає система органів дихання, а його транспортні функції всередині організму забезпечує система кровообігу. Ось чому ці дві системи внутрішніх органів тісно пов'язані між собою.

Еволюція типів дихання

Фізіологічне поняття “дихання” відрізняється від біохімічного. На відміну від біохімії, у фізіології не розглядаються процеси, пов'язані з використанням кисню у клітинах.

У фізіології у поняття “дихання” включають всі процеси, які пов'язані з надходженням з навколишнього середовища кисню всередину клітини і видалення вуглекислого газу з клітини.

Всі ланки газообмінного ланцюга у тварин направлені на забезпечення постійного рівня кисню у клітинах. Суть дихання полягає у поглинанні живими організмами молекулярного кисню і виділенні вуглекислого газу. Такий транспорт газів між клітиною і довкіллям складається з двох процесів:

- дифузія – рух часток речовини, направлений на вирівнювання концентрації речовини у середовищі;
- конвекція – це перенесення газів з потоком газової суміші чи рідини.

Молекули газу завдяки дифузії переміщуються за градієнтом концентрації з області низького парціального тиску у область високого. У випадку конвекції перенесення газів забезпечується рухом того середовища, у якому вони знаходяться.

Газообмін, який забезпечується лише дифузією, називають простим диханням.

Саме цей тип характерний для одноклітинних та примітивних багатоклітинних (губки, кишковопорожнинні, плоскі черви, личинки деяких комах). У цих тварин газообмін відбувається через всю поверхню тіла, він не відділений від харчування та виділення.

Дифузія – це доволі повільний фізичний процес. На початку ХХ ст. А. Крог показав, що коли відстань, на яку повинен транспортуватися кисень, перевищує 0,5 мм, то дифузія не встигає покривати використання цього газу. Ось чому збільшення розмірів тіла та підвищення рівня організації викликало потребу у виникненні спеціалізованих систем. Вони використовували як засіб газотранспорту конвекцію. Швидкість перенесення газів у цьому випадку забезпечувалася швидкістю руху рідини. Спочатку такою рідиною було водне середовище, яке оточувало водних безхребетних. З появою кровоносної системи зовнішнє конвекційне перенесення газів доповнилося внутрішнім. Саме тому розвиток і ускладнення системи дихання невідривно пов'язані з розвитком системи кровообігу.

На думку вчених, однією з причин виходу живих організмів на сушу було збіднення водою киснем при одночасному збільшенні його вмісту у атмосфері. Молекулярний кисень у повітряному середовищі доступніший, ніж у водному. Швидкість дифузії у повітрі у 300 тис. разів більша, ніж у воді.

У перших наземних тварин системи органів дихання були дуже примітивними. У кільчастих червів газообмін відбувався через зволожену шкіру. У м'якотілих з'явилися перші спеціальні органи – зябра. Різноманітні форми дихання у комах пов'язані з роботою м'язів. Трахейне дихання, в основі якого лежить дифузний спосіб газообміну, було однією з причин, які не дозволили представникам найбільш численного класу тварин набути значних розмірів.

Всі хребетні мають спеціалізовані органи дихання, які розвиваються з виростів кишкової трубки. Лише у водних (риб) та напівводних тварин (амфібій) у газообміні велику роль відіграє шкіра.

Головний принцип функціонування органів дихання у хребетних – це динамічний контакт крові з повітряним середовищем.

Будова та функції органів дихання

Система органів дихання складається з порожнини носа, гортані, трахеї, бронхів та легенів. Стінки дихальних шляхів побудовані з кісткової та хрящової тканин. Внутрішня поверхня, обернена до зовнішнього середовища, вистелена епітелієм. Дрібні слизові залози постійно

виділяють секрет, який зволожує поверхню. Це не лише сприяє газообміну, але й захищає внутрішнє середовище організму від проникнення чужорідних речовин. Значна роль у захисті від мікробів та пилу належить війкам епітелію.

Порожнина носа обмежена кістками черепа. Вона розділена на дві симетричні перегородки. Повітря тут зігрівається, зволожується і очищається від крупних часток пилу. Із порожнини носа повітря через хоани потрапляє у носову, а потім у ротову частини глотки і гортань.

☑ Порожнину носа і носову частину глотки називають верхніми дихальними шляхами.

Гортань розташована вздовж IV–VI шийних хребців у передній ділянці шиї. Ззаду до неї прилягає глотка, а з боків – щитоподібна залоза і великі кровоносні судини. У верхньому відділі гортані розташований надгортанник, який рефлекторно закриває органи дихання при ковтанні. Спереду глотку прикриває великий хрящ – щитоподібний, який ми легко прощупуємо у верхній частині шиї. У середньому відділі гортані на бокових стінках слизова оболонка утворює складки – голосові зв'язки. Внаслідок коливання цих зв'язок, роботи спеціальних голосових м'язів, рухів язика, губ, щік виникає звук. Роль резонаторів виконують порожнина носа і глотка. Звукоутворення – це тісна взаємодія, яка регулюється нервовими імпульсами, що надходять з центральної нервової системи. Друга, не менш важлива, функція гортані – проведення повітря у трахею.

Трахея – це трубка завдовжки 12 см у чоловіків і 9–10 см – у жінок. Її скелет складають 18–20 хрящових напівкілець. Вони незамкнуті й відкриваються ззаду, де трахея контактує зі стравоходом. Така особливість опорної системи не заважає вільному проходженню їжі, активному рухові трахеї при кашлі та диханні.

☑ Роздвоєння трахеї на два бронхи називають біфуркацією.

Воно відбувається на рівні IV–V грудних хребців. У місці біфуркації знаходиться багато лімфатичних вузлів.

Лівий та правий бронхи називають головними. Далі вони розгалужуються на часткові, сегментарні і часточкові бронхи, які закінчуються кінцевими бронхіолами. Такий поділ відбувається за дихотомічним (кожний на два) принципом.

☑ Вся система розгалуження бронхів називається бронхіальним деревом.

Легені розташовані у грудній клітці, яка обмежена ребрами, спинним хребтом і особливим м'язом – діафрагмою. Цей м'яз зустрічається лише у савців. Зовні легені покриті подвійною серозною оболонкою, яка однією стороною прилягає до легенів, а іншою – до грудної кліти-

ни. Порожнину між легеневою і пристінковою плеврою називають плевральною.

Поверхня легенів утворена дихальними бронхіолами з легеневиими пухирцями (альвеолами), якими закінчуються кінцеві бронхіоли бронхіального дерева.

☑ Від кожної дихальної бронхіоли відходять альвеолярні ходи, які закінчуються альвеолярними мішечками. Все це разом утворює структурно-функціональну одиницю легенів – ацинус.

Загальна кількість ацинусів у легенях сягає 30 тисяч. Саме у них відбувається газообмін.

☑ Сукупність ацинусів складає первинну часточку. Це близько 16 альвеолярних пухирців останнього порядку.

☑ Ділянку легені, що відповідає первинній гілочці часткового бронха і супроводжуючій його частці легеневої артерії, називають бронхолегеневим сегментом.

Такий сегмент відокремлений від інших перегородкою із сполучної тканини. У кожній легені нараховується 10 бронхолегневих сегментів.

Кожна легеня борознами поділяється на частки. Права легеня має три частинки (верхню, середню і нижню), а ліва – дві (верхню і нижню). У кожній легені розрізняють основу і верхівку. Основа прилягає до діафрагми, а верхівка міститься на рівні шийки I-го ребра ззаду і на 3 см вище з'єднання I-го ребра з грудиною.

☑ Місце входження головних бронхів у легені називають воротами. Врата разом з легеневою артерією, легеневиими венами, лімфатичними вузлами та нервами створюють корінь легенів. Корінь легенів розташований на внутрішній поверхні легенів.

Дихальний акт і вентиляція легенів

У людини та інших ссавців будова грудної клітки дає можливість довільно змінювати її об'єм.

☑ Дихальний акт складається з фаз вдиху та видиху.

Дихальний акт забезпечується шарнірним прикріпленням ребер до хребта, подвійним шаром грудних м'язів, склепінням діафрагми та різницями тиску у плевральній порожнині і ацинусах.

☑ Вдих – це результат комплексу взаємозв'язаних активних м'язових рухів, а видих може відбуватися як самочинно, так і внаслідок м'язових скорочень.

При вдихові:

- міжреберні м'язи скорочуються, відтягують передні кінці ребер вперед і вгору;
- діафрагма скорочується і сплющується, збільшуючи об'єм плевральної порожнини;
- тиск у плевральній порожнині зменшується за рахунок збільшення об'єму і стає нижчим атмосферного;
- повітря ззовні поринеться через дихальні шляхи у легені.

При видихові повітря виштовхується завдяки еластичності самих легенів, вазі стінок грудної клітки, тискові на розслаблену діафрагму органів черевної порожнини. Але при м'язовій роботі такого самовільного процесу не досить. Більш глибокий видих відбувається внаслідок додаткових м'язових скорочень:

- скорочується інша група міжреберних м'язів, які опускають передні кінці ребер, зменшуючи об'єм грудної клітки.
- скорочуються м'язи черевної стінки, збільшуючи тиск на внутрішні органи, які, у свою чергу, збільшують тиск на діафрагму.

Чханя – це глибокий вдих, який змінюється різким коротким видихом, а кашель – це напруження дихальної мускулатури і короткий сильний видих.

Чханя і кашель – захисні рефлекси, що перешкоджають попаданню різних речовин у дихальні шляхи і допомагають їх видаленню. Центри кашлю і чханя розташовані у довгастому мозку.

Трахея, глотка й інші дихальні шляхи не відіграють у дихальній механіці активної ролі. Вони лише проводять повітря. У механіці процесу дихання важливим є те, що при будь-яких умовах стінки грудної клітки ніколи не надавлюють на легені і не вижимають з них повітря.

Збільшення і зменшення об'єму легенів відбувається завдяки різниці тисків та еластичності тканин самих легенів.

Доросла людина у стані спокою здійснює 16–20 дихальних рухів за хвилину. Співвідношення частоти дихання і серцевих скорочень становить 1/4–1/5. Розрізняють декілька легеневих об'ємів (рис. 2.11):

- загальна ємність легенів – кількість повітря, яка вміщується в усьому просторі легенів та дихальних шляхів (5200 мл);
- залишковий об'єм – кількість повітря, що залишається у легенях після найглибшого видиху (1200 мл);
- життєва ємність легенів (ЖЄЛ) – максимальний об'єм повітря, який людина може видихнути після одного максимального вдиху (4000 мл);
- дихальний об'єм – об'єм повітря, який вдихається і видихається при нормальному диханні (500 мл);

- мертвий об'єм – частина дихального об'єму, яка не бере участі у газообміні, а знаходиться у дихальних шляхах (150 мл);
- резервний об'єм вдишу (видишу) – об'єм повітря, який можна додатково вдихнути (видихнути) після спокійного вдишу (видишу). У першому випадку – 1500–2000 мл, а у другому – 1500 мл;
- хвилинний об'єм дихання – це добуток дихального об'єму на частоту дихання. У спокійних умовах дорівнює 6000–9000 мл.

Повітря, яке вдихається і видихається, а також повітря, яке заповнює альвеоли, значно різняться за хімічним складом (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Склад сухого повітря

Повітря	Кількість газів, %		
	O ₂	CO ₂	N ₂ та інші
Вдихуване (атмосферне)	20,94	0,03	79,03
Видихуване	16,30	4,50	79,70
Альвеолярне	14,20	5,50	80,60

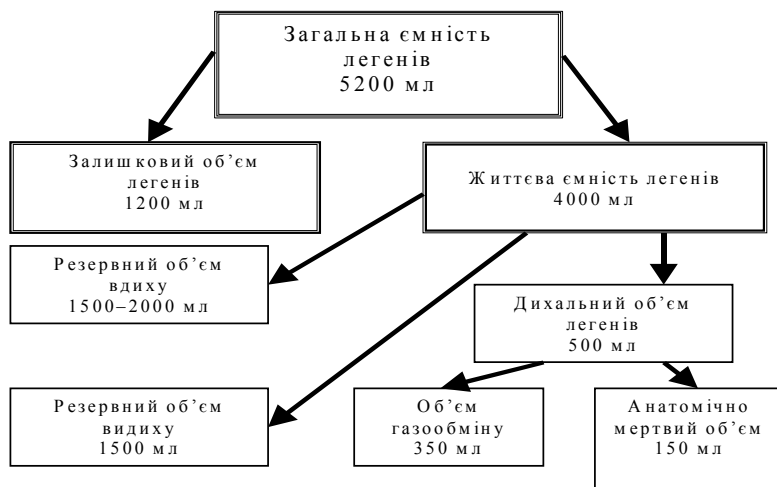


Рис. 2.11. Легеневі об'єми

Газообмін у легенях відбувається за рахунок дифузії кисню з альвеолярного повітря у кров (близько 500 л на добу) і вуглекислого газу з крові у повітря (близько 450 л на добу). Механізмом такого газообміну є дифузія внаслідок різниці парціальних тисків. Конвективне пере-

несення газів всередині організму забезпечується рухом крові по системі кровообігу (рис. 2.12).

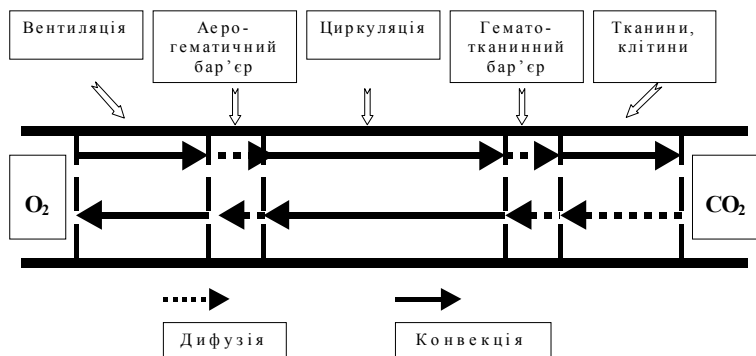


Рис. 2.12. Основні механізми газообміну у різних ланках газотранспортного ланцюга людини

Регуляція дихання

Людина може змінювати частоту дихання. Вона може навіть на деякий час взагалі його зупинити. Але затримка дихання на період, що може завдати будь-яку шкоду організму, автоматично переривається і викликає вдих. Такі реакції свідчать про наявність не тільки свідомої, але й несвідомої регуляції дихання.

Скорочення окремих груп м'язів, які беруть участь у дихальному акті, регулюється за допомогою двох спеціальних груп клітин, розташованих у різних відділах головного мозку:

- дихальний центр довгастого мозку посилає кожні 4–5 секунд сигнал, який скорочує дихальну мускулатуру;
- пневмотаксичний центр середнього мозку посилає сигнали, які пригнічують збудження дихального центру.

Злагоджена робота цих центрів відповідає за дихальні рухи. Крім того, дихальні нейрони зустрічаються і поза межами органів дихання: у стінках альвеол, слизовій оболонці гортані і глотки. Завдяки останнім відбувається затримка дихання при попаданні їдких газів чи кришок їжі. Сильний біль у будь-якій частині тіла викликає прискорення дихання.

Крім нервової регуляції, важливе значення має також гуморальна.

- Гуморальна регуляція – це регуляція життєвих процесів за допомогою хімічних речовин.

Спеціальні дослідження показали, що концентрація кисню у крові мало впливає на процес дихання.

☑ Головною речовиною, яка регулює частоту дихання, є вуглекислий газ.

Саме його концентрація – головний чинник у крові, який впливає на механізм дихання. Підвищення вмісту вуглекислоти у крові, яка надходить до головного мозку, збільшує збудження дихального і пневмотаксичного центрів. Збудження першого приводить до посилення скорочень дихальної мускулатури, а другого – до зростання частоти дихання.

Для більшої надійності виконання дихальних рухів виробився ще один механізм регуляції. Біля основи кожної з внутрішніх сонних артерій знаходиться невеличке розширення – каротидний синус. Він містить рецептори, які чутливі до зміни хімічного складу крові. При підвищенні рівня вуглекислого газу та зниження рівня кисню ці рецептори посилають імпульси у дихальний центр довгастого мозку і стимулюють його роботу.

Особливості кровообігу та газообміну плода

Плід, який знаходиться у матці, не контактує безпосередньо з навколишнім середовищем, тому його шлунок і легені не працюють. Доставка поживних речовин та газообмін відбувається за рахунок кровоносних судин плаценти та пупкового канатика.

☑ Прямого сполучення між кров'ю матері і плода немає.

Кров плода утворюється у його власних тканинах, головним чином у селезінці та печінці. Але тонка капілярна сітка, яка утворюється у місці сполучення плаценти і пупкового канатика, забезпечує повний обмін речовин між матір'ю і дитиною. Кисень і поживні речовини дифундують з організму матері до плода, а вуглекислий газ і продукти обміну – у зворотному напрямку.

У пупковому канатiku, який з'єднує плід і плаценту, знаходяться:

- дві пупкові артерії, які відходять від нижньої частини аорти;
- пупкова вена, яка проходить через печінку і впадає у нижню порожнисту вену.

У зв'язку з тим, що легені у плода не функціонують, перехід крові з лівої половини серця у праву ускладнюється. Ця проблема вирішується за допомогою двох тимчасових утворень:

- овальний отвір між правим і лівим передсерддями;
- наявність спеціального артеріального протоку, який сполучає нижню артерію і аорту.

Тобто серце у плода фактично трикамерне. Але, на відміну від типового трикамерного серця нижчих хребетних, де сполучаються шлуночки, у плода сполучаються передсердя. Ці анатомічні особливості зникають після народження. Неповне заростання овального отвору призводить до “синьої” хвороби. У таких дітей капіляри заповнені неокисленим гемоглобіном, який і надає шкірі специфічного кольору. Повне незаростання отвору, без відповідного хірургічного втручання, викликає смерть немовляти.

Відразу після народження переривається зв'язок між кровоносною системою матері і немовляти. Це викликає накопичення у крові вуглекислого газу. Він стимулює дихальний центр, після чого відбувається перший вдих. Легені і легеневі капіляри розправляються і починають функціонувати. Коли перший вдих немовляти затримується, то його стимулюють вдунанням повітря, яке містить 10 % вуглекислоти.

Заповнення легенів повітрям – це ознака, за якою можна визначити народилася дитина живою чи мертвою. Легені немовляти легші води і плавають на її поверхні. У мертвонароджених легені не містять повітря і тонуть у воді. Такі прості ознаки дозволяють криміналістам встановити істину.

Опорно-рухова система

Коли ми говоримо про тіло людини, то найчастіше уявляємо те, що являє собою кістково-м'язову систему, обтягнуту шкірою. Саме кістки, м'язи і шкіра створюють опору і захист для внутрішніх органів і забезпечують їх переміщення у просторі.

Апарат руху і опору – це сукупність кісток, скелетних м'язів і з'єднань між ними.

Загальна характеристика апарату руху і опору

Кістки за допомогою хрящів, суглобів і фасцій об'єднуються у єдину функціональну систему, яка приводиться у рух м'язами, що одержують сигнали від нервів.

Кістковий скелет людини нараховує більше 200 кісток:

- 29 кісток черепа;
- 26 кісток хребтового стовпа;
- 25 кісток грудної клітки;
- 64 кістки скелета верхніх кінцівок;
- 62 кістки скелета нижніх кінцівок.

Скелет виконує функції:

- опори – ця функція полягає у підтримці м'язких тканин, утворенні стінок порожнин тіла, наданні тілу відповідної форми і положення у просторі;
- руху – ця функція зумовлена тим, що кістки відіграють роль важелів для м'язів;
- захисту – це пов'язано з тим, що формуючи порожнини (череп, грудна клітка, тазова і черевна порожнини та інше), кістки захищають внутрішні органи від пошкоджень й інших впливів.

М'язи виконують рухову функцію організму як в цілому, так і для його окремих частин. В організмі дорослої людини нараховується майже 400 м'язів, які скорочуються відповідно до його волі. Їх називають посмугованими або скелетними м'язами. Перша назва відображає особливості будови відповідної м'язової тканини. Друга назва відповідає функціям. Вона менш точна, адже крім скелетних до посмугованих відносяться також м'язи. М'язи виконують два види роботи:

- динамічну – рух тіла у просторі або переміщення частин тіла відносно одна одної;
- статичну – утримання частин тіла у відповідному положенні, протидія силам, які намагаються це положення змінити.

Обидва види роботи тісно пов'язані між собою. Статична діяльність забезпечує вихідне положення тіла, що є основою виконання динамічної роботи.

☑ М'язи в організмі знаходяться у стані деякого напруження – тонусу.

Він підтримується імпульсами, які ідуть від центральної нервової системи. При тривалій роботі м'язи стомлюються.

☑ Стомлення – нормальний фізіологічний стан тимчасового зменшення функціональних можливостей організму внаслідок тривалої діяльності. Перевтомлення – стан організму, викликаний надмірним одноразовим перевантаженням або прогресуючим нагромадженням його.

У відповідь на нервові імпульси м'язи скорочуються і здійснюють формоутворюючий вплив не лише на кістки, зв'язки і суглоби, але й на внутрішні органи – легені, шлунково-кишковий тракт та інші. Удосконалення рухових реакцій забезпечується тренуванням:

- зростає у 2–3 рази швидкість рухів м'язів;
- збільшується у 1,5–3 рази сила скорочень;
- хвилинний об'єм серця зростає у 2–3 рази;
- об'єм легеневої вентиляції збільшується у 1,5–2 рази.

Правильно дозована фізична праця і спеціальні навантаження впливають не лише на фізичний, але й на розумовий розвиток людини. Адже ще великий фізіолог І. П. Павлов казав, що кращий відпочинок – це зміна роду діяльності.

Анатомія опорного апарату

Опорний апарат людини утворений кістками. Це особливі тверді структури, пристосовані до значних навантажень. Зовні кістка покрита тонкою оболонкою – окістям, яке складається з волокнистої сполучної тканини. В окісті містяться кровоносні та лімфатичні судини і нерви. Кістка утворена кістковою тканиною, яка пронизана системою тонких кісткових каналців. Вона має міцність сталі, а масу алюмінію. Зовнішній шар кістки більш компактний, а внутрішній – губчастий.

☑ Спеціалізовані кісткові клітини, розташовані у позаклітинній речовині, називають остеоцитами.

Міжклітинна речовина містить різноманітні білки та тверді мінеральні речовини – гідроксиапатити. Вони зумовлюють твердість і пружність кістки.

☑ Структурною одиницею кістки є остеон або гаверсова система – це система остеоцитів і кісткових пластинок, концентрично розташованих довкола центрального каналу.

Кожен остеон складається з 5–20 кісткових пластинок, які розходяться у різних напрямках, а ззовні і з середини розташовані концентрично (рис. 2.13).

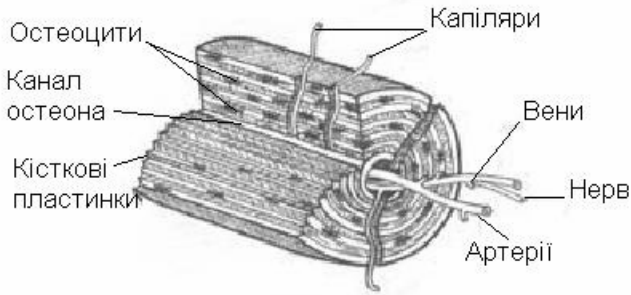


Рис. 2.13. Будова остеону

Кістки мають різноманітну будову, тому їх можна класифікувати по-різному. Вони відрізняються за формою, структурою та функціями (рис. 2.14).

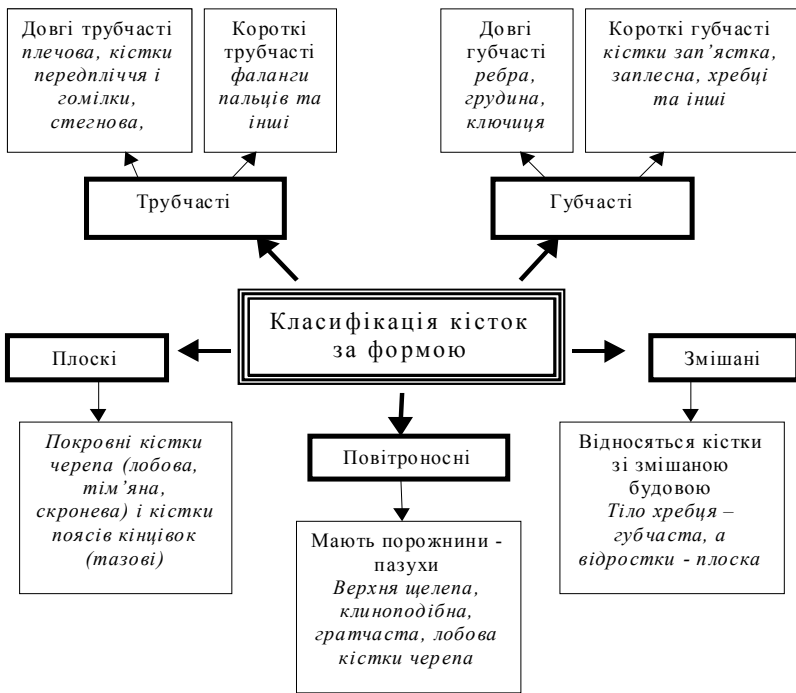


Рис. 2.14. Класифікація кісток за формою

Форми кісток зумовлені різним призначенням їх у організмі. Трубчасті кістки мають всередині порожнину, заповнену жовтим кістковим мозком. Вони виконують функції важелів. Губчасті кістки не мають порожнини, проміжки між пластинками губчастої речовини заповнені червоним кістковим мозком. Як правило, такі кістки є містками, які з'єднують між собою довгі кістки. Плоскі кістки не мають ніяких порожнин. Це ефективні захисні пластинки, які обмежують і прикривають важливі внутрішні органи. У повітроносних кістках утворюються глибокі западини – пазухи, вистелені слизовою оболонкою. Змішані кістки складаються з кісток різної будови. До неправильних кісток належить клубова кістка, хребці та деякі кістки черепа. Всі вони мають складну геометрію і забезпечують або заповнення простору у різних заглибинах, або прикріплення численних м'язів.

Кістки з'єднані між собою різними способами, які відповідають функціонально заданим потребам. Розрізняють три типи з'єднання кісток:

- неперервне;
- симфіз;
- перервне.

Неперервне з'єднання кісток – це з'єднання, у якому між з'єднаними кістками відсутня щілина або порожнина і є прошарок сполучної тканини.

Залежно від типу сполучної тканини, яка розташована між поверхнями кісток, розрізняють:

- фіброзне – з'єднання за допомогою сполучної волокнистої тканини по типу зв'язок (зв'язки хребтового стовпа, кісток передпліччя та ін.), швів (кістки черепа) та забивання (зуби);
- хрящове – з'єднання за допомогою хрящової тканини (тіла хребців, ребра з грудиною тощо);
- кісткове – це з'єднання змінює хрящове (з віком), виникає внаслідок переродження хряща у кістку.

Симфіз – це з'єднання кісток, у товщині якого міститься невелика щілиноподібна порожнина.

У цих з'єднаннях обмежена рухливість, можливі лише невеликі зміщення кісток одна відносно одної (з'єднання лобових кісток, хребців, грудини), тому цей тип з'єднання називають також напіврухомим.

Перервні з'єднання кісток – це з'єднання за типом суглоба.

Суглоб – це поширена і спеціалізована структура, яка забезпечує максимальне пристосування до руху кісток одна відносно одної. Він складається з:

- поверхонь кісток, що з'єднуються, покритих суглобовим хрящем;
- суглобової порожнини;
- суглобової капсули.

Внутрішня порожнина суглоба герметично закрита і заповнена рідиною. Тиск всередині суглоба від'ємний.

У скелеті людини розрізняють дві частини:

- осьовий скелет;
- додатковий скелет.

Осьовий скелет складається з черепа, хребтового стовпа і грудної клітки. Він симетричний і є основою, до якої прикріплюються скелети кінцівок.

Скелет голови називають черепом. У ньому розрізняють такі відділи:

- лицьовий;
- мозковий.

Лицьовий череп утворює кісткову основу дихального апарата і травного каналу, а мозковий містить головний мозок, органи зору, слуху і рівноваги. Еволюційний розвиток людини супроводжувався зміною співвідношення між лицьовою та мозковою частинами черепа на користь останньої. Обидва відділи черепа складаються з кісток, з'єднаних нерухомо. Єдиною рухливою кісткою черепа є нижня щелепа. Кістки черепа бувають парними і непарними. Лицьовий череп складається з:

- парних кісток – піднебінних, скроневих, слізних і носових кісток, нижніх носових раковин;
- непарних кісток – верхньої і нижньої щелеп, лемеша і під'язикової кістки.

Мозковий череп ділиться на склепіння (дах) і основу. Внутрішня мозкова поверхня склепіння черепа нерівномірна, зі швами і витисненнями. Вона крихкіша, ніж зовнішня, тому її називають склоподібною. При травмах голови вона розтріскується і утворює велику кількість осколків. Поверхня основи черепа містить отвори, через які проходить мозковий канал, судини. Крім того, вона має велику кількість хоан. Основні кістки мозкового черепа:

- парні – тім'яна, скронева;
- непарні – потилична, лобова, клиноподібна.

Хребтовий стовп складається з 33–34 хребців, з яких 24 у дорослої людини вільні (7 шийних, 12 грудних, 5 поперекових), а решта зрослись і утворили крижову (5 хребців) та куприкову (4–5 хребців) кістки. У рідкісних випадках кількість хребців досягає 35–37 за рахунок куприкових. Незалежно від відділу хребта, всі хребці, крім першого шийного (атланта), мають однакову будову (рис. 2.15). Вони складаються з таких частин:

- тіла, розташоване спереду;
- дуги, обернену назад, з 7 відростками, до яких кріпляться м'язи;
- парних ніжок, які з'єднують дугу і тіло;
- хребцевого отвору, який, разом з іншими хребцями, формує хребцевий канал, де проходить спинний мозок і його оболонки.

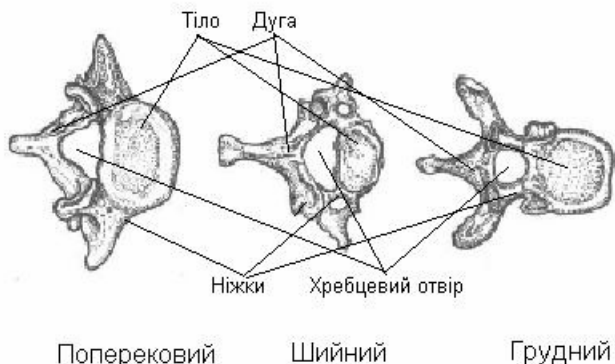


Рис. 2.15. Будова хребців людини

Грудна клітка утворена грудними хребцями, 12 парами ребер і грудиною. До бокових поверхонь грудини прикріплюються 7 пар ребер, які називають справжніми. Хрящі VIII – X пар ребер з'єднуються між собою. Це несправжні ребра. XI і XII пари ребер вільно закінчуються в м'язах передньої стінки живота, називають коливальними. Вони мають більшу рухливість, ніж інші ребра. У кожному ребрі розрізняють голову, шийку і тіло. Всі ребра побудовані однаково.

☑ Простір, обмежений грудною кліткою і діафрагмою, називають грудною порожниною.

Додатковий скелет людини утворюють кінцівки і зв'язані з ними кістки. Він поділяється на:

- пояс кінцівки;
- скелет вільної кінцівки.

☑ Пояс кінцівки – це частина скелета, яка кріпиться до осового скелета і задіяна у формуванні грудної і черевної порожнин.

☑ Вільні кінцівки – це рухлива частина додаткового скелета.

Пояс верхньої кінцівки складається з парних кісток лопаток і ключиць. Лопатка – це плоска трикутна кістка, яка покриває грудну клітку ззаду. На спинній поверхні лопатки міститься кістковий гребінь, який називають ость лопатки. Ключиця має S-подібну форму і з'єднується з грудиною і лопаткою. Її легко прощупати крізь шкіру.

Скелет вільної верхньої кінцівки поділяється на:

- плече;
- передпліччя;
- кисть.

Плече утворене плечовою кісткою. Це довга типowo трубчаста кістка. Передпліччя, утворене двома кістками – ліктвовою (розміщена збоку мізинця) і променевою (розміщена збоку великого пальця). Це також типowo трубчасті кістки. При переломах ці кістки здатні зазнавати ушкоджень на різних рівнях, але найбільш вразливе місце – у нижній третині.

Кисть утворена кістками, які можна об'єднати у такі групи:

- зап'ясток;
- п'ясток;
- кістки пальців кисті (фаланги пальців кисті).

Зап'ясток складається з восьми невеликих кісток. П'ясток утворений з коротких трубчастих кісток. Великий палець складається з двох фаланг, а всі інші – з трьох. Фаланги – це короткі трубчасті кістки.

Пояс нижньої кінцівки відноситься до наймасивнішої частини скелета людини, адже він повинен утримувати вагу всієї верхньої маси кісток і м'язів та слугувати порожниною для нутрощів. Він складається з тазових кісток, які парним крижово-клубовим суглобом з'єднуються з крижовою кісткою. Тазова кістка – це результат зростання трьох кісток. Їх тіла утворюють заглиблення сферичної форми – кульшову западину. Розрізняють малий і великий таз.

Малий таз – це нижня частина кульшової западини, у якій знаходяться нижні відділи сечостатевої та травної систем.

Великий таз формує черевну порожнину знизу.

Форма та розміри тазу мають статеві відмінності. У жінок таз ширший і нижчий, ніж у чоловіків. Його форма і розміри значно змінюються під час пологів. Повне окостеніння кісток тазу завершується у 20 – 25 років.

Скелет вільної нижньої кінцівки поділяється на такі відділи:

- стегно;
- гомілка;
- стопа.

Стегно утворене стегновою кісткою. Це найбільша і найдовша кістка у скелеті людини. Гомілка складається з двох кісток – малогомілкової (розміщена збоку мізинця) і великогомілкової (розміщена збоку великого пальця). Це також типowo довгі трубчасті кістки.

Стопа за загальним планом будови нагадує кисть. Її частини називаються:

- заплесно;
- плесно;
- кістки пальців стопи (фаланги пальців стопи).

Заплено складається з семи губчастих кісток. Найбільша з них називається п'ятковою. Плесно – це п'ять трубчастих коротких кісток, а кістки пальців стопи – це фаланги.

У будові верхніх та нижніх поясів та вільних кінцівок спостерігається значна подібність, що свідчить про походження людини від тварин, які пересувалися на чотирьох кінцівках. Всі наявні відмінності пов'язані з прямоходінням та перерозподілом функцій.

Анатомія і фізіологія м'язового апарату

М'язи – це не лише м'язові клітини, але й вся сукупність сполучнотканинних оболонок і сухожилок. Сухожилкова частина м'яза за допомогою колагенових волокон приєднується до кісток. М'язи мають додатковий апарат, який складається з фасцій, слизових сумок, півх сухожилок та інших оболонок.

☑ Фасція – це сполучнотканинна оболонка, побудована з колагенових та еластичних волокон, яка вкриває м'язи і внутрішні органи хребетних тварин і людини.

Фасції виконують опорну і трофічну функції, по них до органів і м'язів підходять судини і нерви. Відростки фасцій, які вкривають окремі м'язи, утворюють міжм'язові перегородки, які можуть бути місцем початку або приєднання м'яза. На кінці м'яза фасція зростається з сухожилками і кістками.

☑ Сухожилок – це сполучнотканинна частина посмугованих м'язів хребетних тварин і людини.

Сухожилки або прикріплюють м'язи до кісток скелету, або утворюють внутрішню основу складних м'язів. Основу сухожилків складають пучки товстих, щільно упакованих паралельних колагенових волокон, які на одному кінці тісно переплітаються з м'язовими волокнами, а на другому – вплетені у окістя. Між пучками волокон розташовані прошарки сухожилкових клітин – фіброцитів.

Існує багато способів класифікації м'язів. М'язи розділяють на групи за відповідними ознаками:

- за положенням у тілі людини (м'язи кінцівок, спини і т. п.);
- за формою (одноголові, двоголові – біцепси, триголові – трицепси тощо);
- за напрямком волокон (поздовжні і поперечні);
- за характером роботи (статичні, динамічні);
- за функцією і напрямом руху.

Найпоширенішою і дуже зручною для користування є класифікація за функцією і напрямом руху (рис. 2.16). Ця класифікація має також найбільше практичне значення.



Рис. 2.16. Класифікація м'язів за функціями і напрямом руху

Для скорочення м'язів необхідна енергія і відповідний стимул. Джерело енергії залежить від типу м'язів і впливає на зовнішній вигляд м'язів, особливо на їх колір. Існує два типи м'язових волокон – швидкі і повільні.

- Швидкі м'язові волокна (білі волокна) служать для швидких рухів.
- Повільні м'язові волокна (червоні) служать для виконання тривалих рухів.

Головне джерело енергії, що використовується для роботи швидких волокон, – це вуглеводи, особливо глюкоза (див. розділ 1.2). Основним джерелом енергії для червоних м'язів служать запаси жиру. На відміну від глюкози, для розщеплення жиру необхідний кисень, адже жирні кислоти відразу двовуглецевими фрагментами вступають у цикл Кребса. Такий запас кисню повинен зберігатися безпосередньо у м'язах. Місцем зберігання кисню є спеціалізований білок міоглобін. Саме цей білок, рідич гемоглобін, надає повільним м'язам специфічного червоного кольору.

Скелетні м'язи риб побудовані головним чином з швидких м'язів, тому їх м'ясо має блідий колір. У молоденьких курчат також переважають білі м'язи грудей і червоні м'язи ніг. У диких тварин, які зму-

шені пересуватися на значні відстані, переважають червоні м'язи, тому їх м'ясо темніше, ніж м'ясо свійських тварин. Особливо темний колір м'яса у тварин, що пірнають – кити, тюлені. Після смерті тварин м'язи частково втрачають міоглобін, тому м'ясо світлішає (дозріває).

Механізм м'язового скорочення дуже складний і тісно пов'язаний з просторовою перебудовою м'язових білків – актину і міозину.

☑ Головна особливість механізму м'язового скорочення полягає у тому, що загалом м'яз не може скорочуватися максимально, а кожне окреме м'язове волокно, навпаки, може бути або скороченим або ні.

Цілий м'яз складається з великої кількості м'язових волокон, тому його скорочення залежить від кількості м'язових волокон, які скорочуються, і синхронності їх дії. Коли м'яз отримує одинарний стимул, то він відповідає скороченням, тривалість якого у людини становить близько 0,05 сек.

☑ Після скорочення м'язам потрібен деякий час на розслаблення, який називають періодом відновлення.

М'язи здатні використовувати для скорочень від 20 до 40 % хімічної енергії молекул поживних речовин, наприклад, глюкози.

☑ Анаеробне окислення глікогену і накопичення молочної кислоти у м'язах при інтенсивній роботі називають кисневою заборгованістю.

У всіх тварин, які рухаються за допомогою клітинних скорочень, скоротні системи утворені волокнами, які здатні скорочуватися завдяки білковим ланцюгам. Але існують і відмінності. У більшості безхребетних є лише непосмугована мускулатура, тільки у членистоногих зустрічається посмугована мускулатура. Всі типи м'язових скорочень зв'язані з електричними явищами. У деяких тварин, наприклад, електричного ската, утворилися спеціальні м'язові клітини, у яких скорочення зведене до мінімуму, а створення електрики – до максимуму.

Основи антропології

Анатомія вивчає узагальнену “середню” людину. Але очевидно, що зовнішній вигляд людей значно відрізняється і залежить від віку, статі та інших особливостей.

☑ Антропологія – наука про людину, яка вивчає походження людини, розвиток її фізичного типу протягом всього, варіації фізичного типу людини.

На відміну від анатомії, антропология вивчає індивідуальні особливості конкретної людини: статеві, вікові, конституційні, професійні, етнічні й расові. Антропология підрозділяється на:

- антропогенез – вивчає місце людини у системі тваринного світу, процес становлення людини як виду;
- антропоморфология – вивчає індивідуальні мінливості фізичного типу людини, вікові зміни, ознаки, пов'язані зі статевим диморфізмом, з впливом різних умов життя і праці;
- етнічна антропология (расознавство) – досліджує антропологічний склад народів планети, його зміни у часі, формування рас, зв'язки між антропологічними групами, історію розселення та ізоляції народів;
- фізіологічна антропология – вивчає фізіологічні і біохімічні особливості різних груп людей.

Методи антропологии близькі до методів медицини. Їх можна розділити на:

- якісні (антропоскопія) – опис пігментації, форми обличчя і тіла, кольору очей тощо;
- кількісні (антропометрія) – уніфіковані методики вимірювань розмірів тіла, його частин і співвідношення між ними.

Класичні приклади застосування цих методів можна знайти у криміналістиці. До антропоскопічних методів відноситься складання словесного портрета (опис обличчя людини за певними параметрами). У XIX столітті криміналісти і поліцейські широко використовували антропометричний метод француза А. Бертильона. Це ідентифікація людини шляхом співставлення вибраних вимірних параметрів тіла (зросту, довжини пальців, розмаху рук тощо). Бертильонаж дозволяв виявляти тих злочинців, які раніше вже потрапляли у виправні заклади. На зміну цьому методу прийшов антропометричний метод ідентифікації за відбитками пальців (папілярні лінії шкіри). Він залишається актуальним не лише у криміналістиці, але й в інших галузях, які потребують встановлення особи тощо.

У наш час антропометричні методики повністю уніфіковані. Вимірювання проводяться від чітко визначених точок тіла, які називають антропометричними точками. Вони знаходяться, головним чином, на виступах кісток і відростках, які легко виявити під м'якими тканинами.

Особливо важливим об'єктом антропометричних досліджень є череп. На голові людини виділяють не менше 11 стандартних точок вимірювання. Є навіть спеціальний розділ антропологии – краніология (від лат. *cranium* – череп). За співвідношенням між лицьовим і мозковим відділами черепа судять про етапи еволюції людини. У сучасної люди-

ни співвідношення між найбільшою шириною обличчя (між виступами виличних кісток) і поперечним діаметром мозкового відділу черепа (найбільш виступаючі ділянки тім'яних кісток, визначається спеціальним циркулем) складає 87–100 %. За особливостями будови черепа можна встановити:

- стать (чоловічий череп має грубий рельєф);
- зріст (об'єм черепа корелює зі зростом);
- вік (з віком зростає заростання швів);
- расу (кожна раса має свої усереднені пропорції) тощо.

Генетично визначені параметри опорно-рухової системи людини розвиваються з віком. У немовлят на голову припадає близько четвертої частини тіла. В міру росту дитини відносні розміри голови зменшуються. У дорослої людини висота голови – це, приблизно, восьма частина від довжини тіла. Крім того, на формування пропорцій тіла впливають харчування, фізичні вправи й інші умови зростання та навколишнє середовище.

Конституція – це сукупності морфологічних і функціональних особливостей організму, яка склалася на основі спадкової програми під дією чинників середовища.

З конституцією людського тіла тісно пов'язані певні фізіологічні особливості організму. За сучасними уявленнями, конституція визначає реактивність (ступінь реакції на дію різних чинників) організму. Наприклад, від неї залежить стійкість до захворювань, особливості обміну речовин, розвиток ендокринної, нервової та інших систем.

Існує багато типів конституції. У першій половині ХХ ст. отримала поширення класифікація типів конституції французького лікаря Сіго (рис. 2.17). Він виходив з припущення, що організм людини вступає у зв'язок з навколишнім середовищем через взаємодію основних систем, які забезпечують функції життя, дихання, руху і нервових реакцій. Залежно від того, яка з систем, що забезпечує ці функції, краще розвинута, виділяють 4 типи:

- м'язовий;
- респіраторний (дихальний);
- дигестивний (травний);
- церебральний (мозковий).

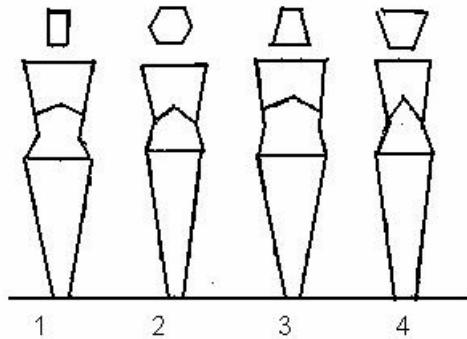


Рис. 2.17. Типи конституції:

1—м'язовий; 2—дихальний;
3—травний; 4—мозковий.

Для кожного типу характерне певне співвідношення між шириною плечей, грудної клітки і стегнового відділу скелета. Крім того, вони відрізняються будовою обличчя, яке поділяють умовно на три частини верхню, середню і нижню.

М'язовий тип характеризується сильним розвитком мускулатури, довгими кінцівками. Грудна клітина циліндрична, плечі широкі. Обличчя прямокутне.

Респіраторний (дихальний) тип має переважно розвинуту грудну клітку, широкі плечі і вузькі крижі. Кінцівки довгі, а обличчя ромбовидного типу.

Дигестивний (травний) тип характеризується сильно розвинутою системою органів травлення (великий живіт, товстий жировий шар, коротка і широка грудна клітка, тупий міжреберний кут). Плечі широкі, а кінцівки короткі. Нижня частина обличчя більш розвинена, ніж середня і верхня (пірамідальна форма обличчя з основою до низу).

Церебральний (мозковий) тип має тонкий скелет, відносно велику голову. Грудна клітка видовжена і плоска з гострим міжреберним кутом, розміри тулуба невеликі, маленькі кисті і стопи ніг. Обличчя пірамідальне з основою зверху.

Коли придивитися до людського тіла більш пильно, то стає зрозумілим, що крайні типи з повним набором ознак зустрічаються доволі рідко. Більшість людей не включається у такі жорсткі рамки, займаючи проміжне положення. Ось чому американський антрополог У. Шелдон у середині ХХ століття запропонував систему класифікації конституційних типів, виходячи не з дискретних типів, а з проміжних форм. За

основу він взяв те, що розвиток систем організму починається з трьох зародкових листків. Відповідно, він виділив три типи:

- ектоморфний;
- мезоморфний;
- ендоморфний.

Розвиток кожного типу оцінюється у балах антропоморфним методом (від 1 до 7). Теоретично Шелдон нарахував близько 300 можливих варіантів, а реально у популяції описав 76 соматотипів (від лат. soma – тіло). Для визначення соматотипу найкраще проводити дослідження людей у віці 20–25 років, при умові нормального харчування.

Подальший розвиток досліджень конституційних типів був направлений на поєднання характеристик зовнішньої будови тіла, температури, психологічних особливостей тощо. Звичайно, не можна просто поєднати будь-які особливості психіки з конституцією. Змістова сторона особистості формується на базі індивідуального життєвого досвіду, засвоєння морально-етичних цінностей, традицій, звичаїв, наукових знань. Але динамічна сторона значною мірою пов'язана з вродженими особливостями певної системи і конституційним типом. У людей, які належать до різних конституційних типів, є відмінності у інтенсивності секреції гормонів та в інших біохімічних показниках.

Лікарі давно звернули увагу на те, що люди з різною конституцією мають різну схильність до захворювань. Наприклад, збудник туберкульозу легень з однаковою ймовірністю може потрапити в організм людини не залежно від конституційного типу. Але при вираженій ектоморфній будові тіла і відносно низькій його масі клінічні прояви туберкульозу більш виражені, а захворювання протікає важче. Даний тип конституції не є причиною захворювання, однак, при відповідних провокуючих умовах середовища (інфікування, погане харчування), ці люди виявляються більш вразливими до збудника туберкульозу. У свою чергу, люди пікнічної будови тіла (великі розміри внутрішніх порожнин голови, грудей, черева), які працюють в умовах високого пилового забруднення (гірнична промисловість, цементні заводи, шахти), більш схильні до розвитку силікозу легень. Для цього типу встановлено статистично достовірну більшу схильність до жовчнокам'яної хвороби, атеросклерозу, захворювань серцево-судинної системи. У астеників (незначний розвиток у ширину, всі діаметри тіла нижче середніх) є більший ризик захворіти на виразку шлунка, вегетативно-судинну дистонію.

Таким чином, особливості будови опорно-рухового апарату залежать не лише від вроджених властивостей, але й підлягають впливу

середовища. У свою чергу, вони можуть визначати тип реакції організму на дію чинників довкілля.

Зовнішні покриви – шкіра та її похідні

Шкіра – це особлива самовідтворювальна система, яка покриває зовні тіло людини. За площею – це найбільший орган людського тіла. Вона виконує важливі функції:

- захист внутрішніх порожнин від зовнішнього середовища;
- орган чуття і сприйняття подразнень;
- терморегуляція;
- орган виділення.

Шкіра – це досить складний орган, який побудований з двох частин (рис. 2.18):

- епідерміс – зовнішній шар, утворений епітеліальною тканиною;
- дерма – внутрішній шар, який утворений волокнистою сполучною тканиною.

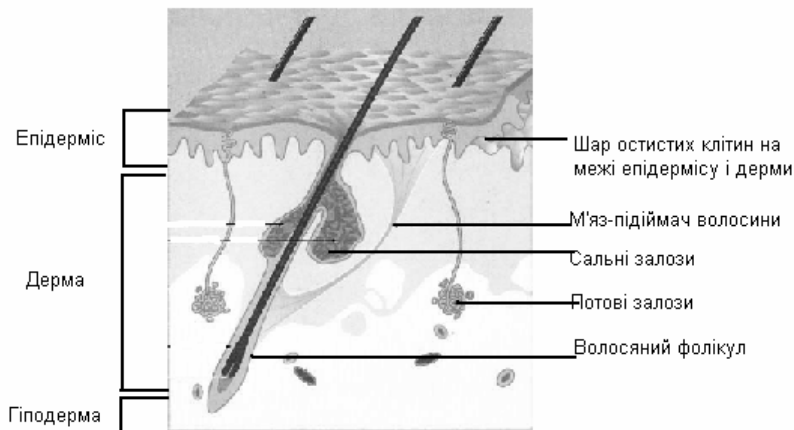


Рис. 2.18. Схема будови шкіри

Дерма поділяється на:

- власне дерму, де розташовані кровоносні судини, волосяні фолікули і залози;
- гіподерму, за допомогою якої шкіра прикріплюється до прилеглих тканини.

Епідерміс складається з 4–5 шарів клітин, в основі яких лежить базальна мембрана. Клітини, розташовані на базальній мембрані, постій-

но розмножуються і, в міру дозрівання, піднімаються вгору. Цикл оновлення клітин епідермісу приблизно 7–12 днів. У епідермісі є клітини декількох типів. Найважливіші з них – кератиноцити і меланоцити. Кератиноцити виробляють фібрилярний білок кератин, кількості якого в міру руху на поверхню у клітинах зростає, а самі вони втрачають ядро і відмирають. Поверхня шкіри вкрита мертвими клітинами, які поступово злущуються. Це не лише захищає нижні живі шари клітин, але і перешкоджає випаровуванню вологи. Меланоцити утворюють коричневий пігмент меланін. Він надає шкірі смаглявого відтінку. Це захист від шкідливого ультрафіолетового випромінювання.

Дерма містить кровоносні судини, лімфатичні та нервові закінчення, жирові клітини, колагенові та еластинові волокна. Залежно від розташування, дерма буває:

- тонка (папілярна) – утворена пухкою сполучною тканиною, має товщину 0,5 – 2 мм, більша частина шкіри;
- товста (ретикулярна) – утворена щільною сполучною тканиною, має товщину до сантиметра, розташована на п'ятах, підшві ніг тощо.

Дерма містить велику кількість кровоносних судин. Артеріоли і венули розгалужуються, утворюючи капілярну сітку. Це важливий засіб терморегуляції. Значну роль у терморегуляції відіграють також потові залози. Вони виділяють рідину, яка, випаровуючись, сприяє охолодженню. Крім того, піт видаляє з організму деякі продукти обміну. Нервові закінчення у дермі утворюють тактильні (дотик), больові і терморцептори. Сальні залози виділяють жирний секрет, який змащує шкіру і сприяє її пружності.

До похідних шкіри відносять волосся і нігті. Волосся росте з фолікулів, що локалізуються у дермі. Кожна волосина вкрита плоскими кератинозованими клітинами. Росте волосся з клітин кореня, які інтенсивно діляться. Нігті також складаються з кератину. Ніготь лежить на поверхні нігтьового ложа. Воно містить значну кількість кровоносних судин. Ріст нігтів відбувається за рахунок поділу клітин матриксу, які знаходяться у його основі. Еволюційно волосся і нігті походять від шерсті і кігтів. У людини волосяний покрив тіла втратив своє біологічне значення (захист від низьких температур). Він зберігся у достатній кількості лише на голові, поблизу статевих органів та у деяких інших частинах тіла.

Травна система і травлення

Структура і функції травної системи у людини – це наслідок тривалого еволюційного розвитку.

☑ Головна функція органів травлення – це розщеплення складних поживних речовин їжі до більш простих та транспорт речовин як вздовж шлунково-кишкового тракту, так і у внутрішнє середовище організму або з нього назовні.

Розвиток травної системи тісно пов'язаний з розвитком і становленням різних типів травлення.

☑ Травлення – це розщеплення складних компонентів їжі до більш простих сполук, здатних проникати у внутрішнє середовище організму. Травлення протікає під дією гідролітичних ферментів.

У сучасному тваринному світі розрізняють, в залежності від місця, де відбуваються гідролітичні процеси, три типи травлення:

- внутрішньоклітинне – ферментний гідроліз харчових речовин відбувається всередині клітини;
- позаклітинне (дистантне) – ферменти, які синтезуються клітинами травного тракту, виділяються у позаклітинне середовище, де і відбувається їх гідроліз;
- мембранне (пристінне, контактне) – займає проміжне місце між першими двома типами.

Внутрішньоклітинний тип травлення поширений у найпростіших і примітивних багатоклітинних. Він також спостерігається у окремих клітин хребетних (фагоцитоз).

Позаклітинний тип травлення є більш прогресивним. Він властивий кільчастим червам, ракоподібним, комахам, головоногим молюскам та іншим. Особливо цей тип травлення розвинутий у хребетних. Травлення при ньому може виконуватися не лише у спеціальних травних порожнинах (порожнинне травлення), але й за межами організму. Таким чином харчуються деякі комахи та павуки.

Мембранне травлення здійснюється ферментами, які розташовані на мембранних структурах кишкових клітин. Цей тип травлення був відкритий у 1958 році російським дослідником О. М. Угольвим.

На перший погляд здається, що позаклітинне та контактне травлення походять від внутрішньоклітинного. Але, за сучасними уявленнями, ні один з цих типів травлення не може вважатися більш древнім, ніж інший. На всіх рівнях організації тварин (від найпростіших до людини) зустрічаються всі названі типи. Незважаючи на це, у вищих тварин внутрішньоклітинне травлення в основному втратило своє значення. Воно виступає як захисний механізм.

Типи травлення характеризуються не лише за місцем дії, але й за джерелами ферментів:

- власне травлення – джерелом ферментів є сам організм;

- симбіонтне травлення – реалізується за рахунок симбіотичної мікрофлори (жуйні, терміти, сумчасті);
- аутолітичне травлення – перетравлювання їжі завдяки ферментам, що у ній містяться.

Власне травлення характерне для людини і багатьох видів тварин. Цей тип травлення найбільш поширений у тваринному світі. Симбіонтний тип травлення зустрічається у деяких видів хребетних тварин і комах. Найвишого розвитку симбіонтне травлення досягло у жуйних. Їх шлунок складається з чотирьох відділів – рубця, сітки, книжки і сичуга. Лише останній є шлунком у загальному розумінні. Рубець жуйних – це величезна бродильна камера, заселена мікробами (анаеробними і аеробними бактеріями, грибами, інфузоріями). Аутолітичне травлення має місце, наприклад, при поїданні травоядними тваринами рослин. Рослинні клітини можуть частково розщеплюватися власними ферментами. Такі ж аутолітичні ферменти містить грудне молоко ссавців.

Будова органів травлення

Загальна довжина травного каналу людини 8–10 м. Система органів травлення складається з:

- шлунково-кишкового тракту (ротова порожнина, глотка, стравохід, шлунок, тонка і товста кишки);
- травних залоз, які виділяють у порожнину шлунково-кишкового тракту різні речовини, необхідні для розщеплення їжі (слинні залози, печінка, підшлункова залоза).

Порожнина рота – це початок шлунково-кишкового тракту.

У неї відкриваються протоки слинних залоз, тут містяться зуби та язик. Головна функція порожнини рота – механічне подрібнення їжі, формування грудки їжі, її змочування та часткове розщеплення вуглеводів.

Зуби – це оокостенілі сосочки слизової оболонки. Кожен зуб має коронку, яка виступає у роту порожнину, шийку, охоплену яснами, та корінь, який утримується у зубній альвеолі щелепи і закінчується верхівкою (рис. 2.19). Зубні корені оточені окістям – періодонтом, збагаченим кровоносними судинами. Зуб складається з видозміненої кісткової тканини – дентину, який на коронці покритий емаллю, а в ділянці шийки і кореня – цементом. Внутрішня порожнина зуба заповнена зубним м'якушем – пульпою. У риб, гризунів та примітивних ссавців зуби майже однакові. У людини, хижаків та деяких інших зуби відрізняються за формою.

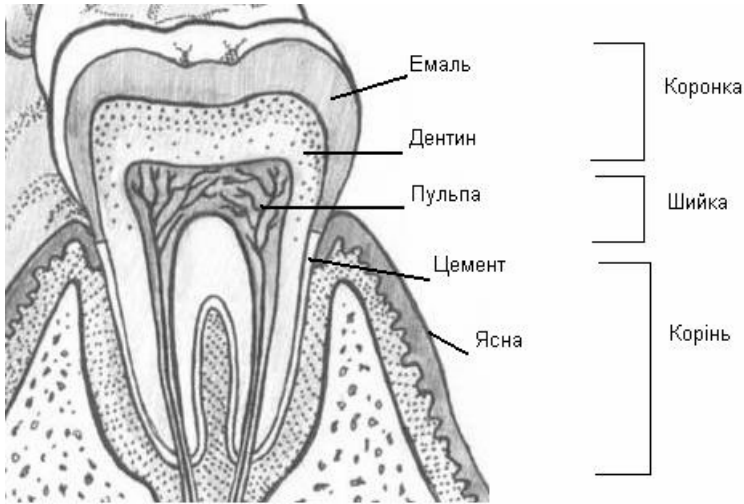


Рис. 2.19. Будова зуба

Короткий запис кількості зубів називають зубною формулою.

Для кожної систематичної групи тварин можна скласти властиву їй зубну формулу. Зубна формула дорослої людини наведена на рис. 2.20.

2 різці	1 ікло	2 малі корінні (премоляри)	3 великі корінні (моляри)
2 різці	1 ікло	2 малі корінні (премоляри)	3 великі корінні (моляри)

Рис. 2.20. Зубна формула людини

У людини зуби ростуть двічі: спочатку 20 молочних, а потім 32 постійних. Ріст молочних зубів, їх випадання та ріст постійних зубів відбуваються у певному порядку і залежать від віку. Молочні зуби за своєю будовою дуже подібні до постійних. Вони мають коронку, шийку і корінь. Їх випадання – це включення генетично зумовленого процесу деградації. Воно починається випадінням різців у 6–8-річному віці. Але перші постійні зуби з’являються у 5–8 років – великі кутні. Треті великі кутні зуби називаються зубами мудрості, вони прорізаються у дорослому віці. Гігієна та збереження зубів – важлива проблема для сучасної людини.

Язик складається з посмугованої м’язової тканини, покритої слизовою оболонкою. На випуклій поверхні язика (спинці) розташовані сосочки. У них залягають нервові рецептори загальної та смакової чутливості.

☑ Глотка – це спільна частина дихальних та травних шляхів.

Цей спільний орган вказує на єдність ембріонального походження органів дихання і органів травлення. Під час ковтання хрящ надгортанник рефлекторно перекриває вхід у гортань, запобігаючи проникненню у неї їжі.

☑ Стравохід – м'язово-слизова трубка, по якій їжа проходить у шлунок.

Він починається на рівні VI шийного хребця, а закінчується на рівні XI грудного хребця під діафрагмою. Стравохід має три фізіологічні звуження – на початку, на рівні біфуркації трахеї, на місці проходження через діафрагму. У цих місцях нерідко затримуються випадково проковтнуті сторонні предмети, погано пережована їжа і токсичні речовини (алкоголь, кислоти, луги і т.п.). Верхня третина м'язової оболонки стравоходу утворена посмугованими м'язами, а нижні відділи – гладенькими. На межі зі шлунком знаходиться особливий круглий м'яз – сфінктер. Звичайно його отвір закритий. Він відкривається лише тоді, коли до сфінктера доходить хвиля скорочень від ковтального руху. Рідина, яка проходить по стравоходу швидше, ніж перистальтична хвиля, затримується у стравоході до тих пір, поки не відкриється сфінктер. Довжина стравоходу – 23–25 см, а довжина шляху від передніх зубів до шлунка – 40–42 см.

☑ Шлунок – це товстий м'язовий мішок, де відбувається хімічне і механічне перетворення їжі.

Більша частина шлунка знаходиться у лівій половині тіла, а менша – у правій. Він поділяється на три частини:

- дно шлунка (кардіальна область) – розташоване зверху, найближче до серця;
- тіло шлунка – середня частина;
- пілорична область – частина, від якої відходить кишечник.

Верхній край шлунка, обернений догори і вправо, називають малою кривиною. Нижній (випуклий) край шлунка, обернений донизу і ліворуч, називають великою кривиною. Довжина шлунка – 21–25 см, об'єм – 1–3 л. Форма шлунка змінюється залежно від його наповнення. При ковтанні шлунок рефлекторно розширюється, щоб дати місце їжі, яка має надійти. Під дією перистальтичних хвиль та шлункового соку їжа перетворюється у хімус.

☑ Хімус – це кашоподібна рідина, утворена з їжі і насичена травними ферментами і соками.

На межі між шлунком і тонкою кишкою знаходиться пілоричний сфінктер, який періодично випускає невеликі порції хімусу у кишку. Шлунок звільнюється від їжі залежно від її виду через 1–4 години.

Іноді у шлунок потрапляє недоброякісна їжа, яку потрібно звідти видалити. У більшості ссавців, за виключенням гризунів, існує захисний рефлекс – блювання. Його можна викликати не лише сторонньою речовиною у шлунку, але й надавллюванням на корінь язика та напівкружних каналів вуха. Центр блювання знаходиться у середньому мозку і координує скорочення шлунка, черевної стінки, розкривання сфінктерів і закриття входу у гортань.

☑ Тонка кишка – це відділ шлунково-кишкового тракту, у якому відбуваються основні хімічні процеси травлення і всмоктування перетравленої їжі.

Вона розпочинається за пілорусом. У тонку кишку не лише відкриваються протоки великих травних залоз, але й містяться численні маленькі залози, які виділяють кишковий сік. Відносна довжина тонкої кишки у різних тварин залежить від типу харчування. У рослиноїдних вона довга, у хижаків – коротка, а у всеїдних (в тому числі і у людини) – проміжної довжини. Тонка кишка людини завдовжки 2,8–4 м і товщиною – 2,5 см. Розрізняють три відділи тонкої кишки:

- дванадцятипала кишка;
- порожня кишка;
- клубова кишка.

Дванадцятипала кишка – починається від пілоруса на рівні першого поперекового хребця, має довжину 25–30 см і форму підкови. У неї відкривається загальна жовчна протока та протока підшлункової залози. Пошкодження слизової оболонки дванадцятипалої кишки називають виразкою. Іноді це захворювання плутають з виразкою шлунка. Функціонально дванадцятипала кишка є місцем, де відбувається насичення хімусу головними ферментами травлення.

Порожня і клубова кишки мають на своїй поверхні складки слизової оболонки та кишкові ворсинки. Це необхідно для забезпечення контактного травлення і для збільшення поверхні всмоктування.

Кожна кишкова ворсинка – це пальцеподібний виріст висотою близько 1 мм, утворений одношаровим війчастим епітелієм (рис. 2.21). Вона складається з клітин, які утворюються у її нижній частині, а в міру дозрівання переміщуються у верхню частину. Цей цикл триває близько трьох днів. Келихоподібні клітини утворюють слиз.

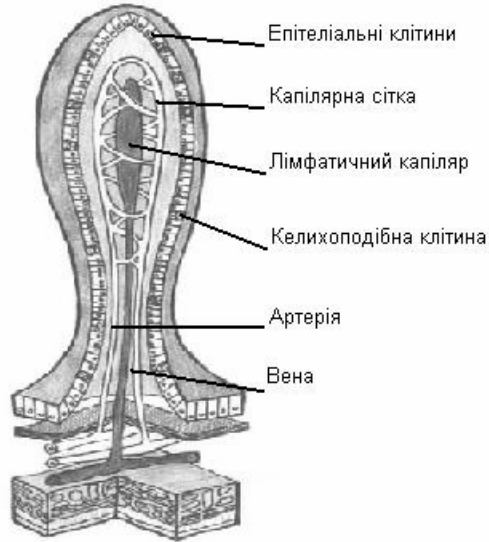


Рис. 2.21. Будова ворсинки

У місці впадання тонкої кишки у товсту знаходиться клубово-сліпокишковий клапан. Він перешкоджає зворотному надходженню вмісту товстої кишки у тонку.

Рух їжі у тонкій кишці відбувається за рахунок двох типів скорочень:

- перистальтичних, які рухають хімум вздовж кишки;
- маятникоподібних, які просто перемішують вміст кишки.

Окрема перистальтична хвиля не розповсюджується далі 10–12 см, маятникоподібні рухи повторюються майже 10 разів на хвилину. Вздовж тонкої кишки їжа проходить приблизно за 8 годин.

Товста кишка – кінцевий відділ травного каналу.

Вона товща та коротша за тонку і поділяється на:

- сліпу кишку з червоподібним відростком;
- висхідну ободову кишку;
- поперечну ободову кишку;
- низхідну ободову кишку;
- сигмоподібну ободову кишку;
- пряму кишку.

Довжина товстої кишки – 1–1,5 м. Слизова оболонка товстої кишки на відміну від тонкої не має ворсинок, а утворює складки місяцеподібної форми. Сліпа кишка у людини втратила своє значення при трав-

ленні. Але іноді вона накопичує частки не розщепленої до кінця їжі, і тоді виникає запалення – апендицит. Коли таке запалення призводить до пошкодження цілісності кишкового тракту, то воно стає джерелом важкої інфекції – перитоніту.

Таким чином, шлунково-кишковий тракт – це досить довга трубка, у різних відділах якої їжа затримується на різний час і поступово розщеплюється на складові частини, які всмоктуються (рис. 2.22). Травлення відносять до катаболічних процесів. Але енергія, яка утворюється при розщепленні полімерів до мономерів, не використовується, а виділяється у вигляді тепла.

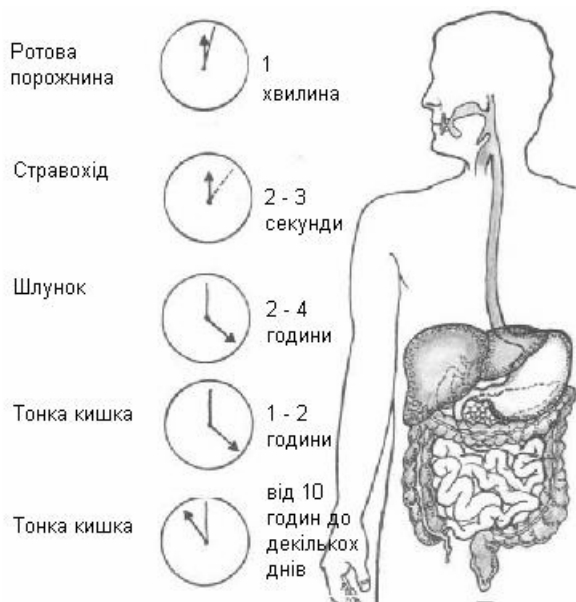


Рис. 2.22. Час проходження їжі через шлунково-кишковий тракт

Травні залози

Шлунково-кишковий тракт – це травна трубка, яка забезпечує пересування і механічні перетворення їжі. Хімічні перетворення відбуваються під дією речовин, які виділяються травними залозами.

☑ Травні залози – це екзокринні органи, які виділяють ферменти та інші речовини, що сприяють хімічним перетворенням компонентів їжі.

Екзокринні залози, на відміну від ендокринних, мають спеціальні трубки (протоки), по яких їх секрет поступає у порожнину травної трубки. Травні залози розділяються на великі та дрібні:

- великі – розташовані поблизу шлунково-кишкового тракту;
- дрібні – знаходяться у слизовій оболонці травного каналу.

До великих травних залоз відносяться великі слинні залози, печінка, підшлункова залоза. Малі травні залози розміщені у слизових оболонках язика і ротової порожнини, шлунка та тонкого кишечника. Великі і малі травні залози виділяють різні речовини, які забезпечують процес травлення.

☑ Великі слинні залози розташовані у лицьовій частині голови і відкриваються у роту порожнину.

У людини три пари великих слинних залоз, які виробляють водянисту та слизисту слину. Перша необхідна для змочування сухої їжі, а друга склеює частки їжі і полегшує їх проходження по травному каналу. Кожна залоза має масу близько 30 г, а разом вони виробляють 1,5–2 літри слини. Розрізняють:

- привушні залози, які розташовані безпосередньо перед вухами;
- підщелепні, які розташовані перед кутами нижньої щелепи.
- під'язикові, які розташовані на дні ротової порожнини.

Привушні залози виділяють лише водянисту слину, підщелепні та під'язикові – водянисту та слизову.

Слина – це рідкий секрет, який має слабкокисло реакцію з рН 6,5–6,8. Вона на 98,5 – 99,5% складається з води, у якій розчинені мінеральні речовини. Крім того, до складу слини людини і деяких ссавців (гризуни, зайцеподібні, примати) входять такі ферменти, як кисла амілаза (птіалін) та мальтаза. Травну функцію виконує також слина деяких комах і моллюсків. У них вона містить основні травні ферменти. У змії у слині є отрута, яка використовується як засіб захисту і нападу. У кровосисних тварин (п'явки, комарі, кліщі) слина містить антикоагулянти, які запобігають згортанню крові. Діяльність слинних залоз контролюється нервовими центрами, розташованими у довгастому мозку.

☑ Печінка – найбільша екзокринна залоза тіла людини, яка практично не виробляє травних ферментів, за невеликим виключенням.

Її маса сягає 1,5–2 кг. Вона розташована у правому підребер'ї, верхньою поверхнею прилягає до діафрагми, а нижньою – до шлунка. Особливе місце печінки у організмі підкреслюється особливостями її кровопостачання. Місце входження у печінку печінкової артерії, ворітної вени, лімфатичних судин та супутніх нервів називають воротами печінки. Ворітна система печінки – це капілярна сітка, створена розгалуженнями печінкової артерії, яка збирається у ворітну вену. Особли-

вість цієї капілярної системи полягає у тому, що у ній не відбувається кровообіг. Ворітна система забезпечує інтенсивні метаболічні процеси печінки.

Участь печінки у травленні полягає у виробленні жовчі, яка сприяє перетравленню жирів шляхом їх емульгації. Протягом доби у здорової людини виділяється 500–1200 мл жовчі. Розрізняють два види жовчі:

- печінкову – яка виділяється безпосередньо у кишечник, не залежно від травлення (світла злегка в'язка рідина);
- міхурову – яка накопичується у жовчному міхурі (жовто-бура або зеленкувата в'язка рідина).

Та жовч, яка виділяється безпосередньо у кишечник сприяє перистальтиці і приймає участь у емульгації жирів. Більша частина жовчі збирається у грушоподібному жовчному міхурі місткістю 25–70 см³. Жовчні протоки довжиною 3,5 см відкриваються у дванадцятипалу кишку. Виділення міхурової жовчі відбувається окремими порціями у відповідь на вживання їжі. Жовч містить жовчні кислоти, пігменти і холестерин.

Жовчні кислоти синтезуються з холестерину, а в кишкову порожнину потрапляють у вигляді натрієвих і калієвих солей. Такі солі мають амфіпатичні властивості й виступають у ролі детергентів. Головна функція жовчних кислот це емульгація жирів, яка сприяє їх перетравленню. Після обробки жовчними кислотами утворюються краплі жиру, які містять лише близько мільйона молекул. Така тонка емульсія може переходити через кишковий бар'єр у лімфу. До 90 % жовчних кислот повертається у печінку після всмоктування у нижніх відділах кишечника. Фонд жовчних кислот за добу проходить 6–10 обертів.

Жовчні пігменти (білірубін та білівердин) – це продукти розпаду гемоглобіну, які мають характерний колір. У людини і хижаків переважає білірубін, який має золотисто-жовтий колір, а у травоядних – білівердин, який має зеленкуватий колір. Саме жовчні пігменти надають колір калу.

Холестерин – це простий ліпід, який утворюється під час процесу засвоєння насичених жирних кислот і відіграє важливу роль у організмі. Холестерин є попередником різних гормонів і жовчних кислот, використовується для побудови клітинних мембран. При порушеннях обміну холестерин може створювати практично нерозчинні утворення, які називають жовчними камінцями. Вони викликають запалення жовчного міхура – холецистит. У дуже важких випадках жовчні камінці закривають жовчну протоку. Надлишок жовчі потрапляє у кров і розноситься по всьому організму, а жовчні пігменти фарбують слизові оболонки, очні яблука і шкіру у жовтий колір. Такий стан називають

жовтухою. Жовтуха може виникнути не лише при закупорці жовчної протоки, але й при різних захворюваннях печінки – гепатитах. Важкою формою гепатиту є вірусний гепатит (хвороба Боткіна). Підвищений вміст холестерину у крові є причиною однієї з найстрашніших хвороб сучасності – атеросклерозу (у пер. з грецького – “тверда каша”). При атеросклерозі на внутрішніх гладеньких стінках артерій утворюються жироподібні відкладення з холестерину та інших ліпідів, які поступово накопичують ще й іони кальцію. Такі затверділі бляшки частково закривають судини, обмежують доступ артеріальної крові до життєво важливих органів. Коли це міокард, то виникає ішемічна хвороба серця (“грудна жаба”). Головний шлях боротьби з підвищенням вмісту холестерину у крові – спеціальні дієти, перехід на харчування ненасиченими жирами.

Печінка не лише приймає участь у травленні, це один з ключових метаболічних органів. Вона відіграє велику роль у знешкодженні токсичних речовин, обміні глюкози, перетворенні аміаку в сечовину, синтезі білків сироватки крові, фосfolіпідів та в інших метаболічних процесах. Роль печінки у обміні речовин розглядається у подальшому підрозділі (“Всмоктування у шлунково-кишковому тракті та основні шляхи перетворення поживних речовин”).

☑ Підшлункова залоза – це залоза, яка виділяє основні травні ферменти, здатні гідролізувати більшу частину поживних речовин їжі.

Підшлункова залоза розташована позаду шлунка і відкривається у дванадцятипалу кишку поряд з жовчною протокою. Одна її третина міститься праворуч від середньої лінії тіла, а дві третини – ліворуч. У людини і у більшості хребетних тварин (за винятком деяких риб) у цій залозі анатомічно з’єднано відразу два різних типи внутрішніх залоз:

- екзокринна – залоза зовнішньої секреції, пов’язана з виділенням секрету у травний канал;
- ендокринна – залоза внутрішньої секреції, мікроскопічні скупчення (острівки Лангерганса), які виробляють гормони і виділяють їх безпосередньо у кров.

Екзокринна частина підшлункової залози виділяє проферменти головних травних ферментів, які містяться у прозорому підшлунковому (панкреатичному) соку. Крім того, підшлункова залоза виділяє значну кількість бікарбонату, який, нейтралізуючи HCl, змінює рН з сильно кислого (у шлунку) до лужного (рН соку підшлункової залози у середньому 7,5–8,8). За добу ця залоза людини виробляє близько 1,5–2 л соку. При закупорці протоки підшлункової залози у людей розвивається посилений апетит, але маса тіла зменшується через недостатність травлення. Порушення роботи підшлункової залози називають панкре-

атитом. Характеристика і особливості дії основних ферментів підшлункової залози наведено у наступному підрозділі (“Біохімічні механізми процесу травлення”).

☑ Малі травні залози розташовані у слизових оболонках відповідних відділів шлунково-кишкового тракту і утворені залозистим епітелієм.

Малі слинні залози, розташовані у слизовій оболонці ротової порожнини і язика, як і великі, виділяють слину. Її хімічний склад і властивості подібні до слини, яку продукують великі слинні залози.

У слизовій оболонці шлунка є численні шлункові ямки, у кожному з яких відкривається 3–7 шлункових залоз. Вони містять клітини трьох типів:

- обкладочні – виділяють соляну кислоту, яка створює кисле середовище;
- головні – виробляють комплекс протеолітичних ферментів (пепсиноген, гастрин, ренін тощо);
- додаткові – секретують слиз, бікарбонат тощо. Слиз захищає стінки шлунка від хімічного самопошкодження, а бікарбонат, разом з соляною кислотою, регулює рН шлункового соку.

Секрет шлункових залоз, змішуючись з їжею, перетворюється у хімус. У людини об’єм секретії шлункового соку становить 2,0–3,0 л на добу. Натщесерце реакція шлункового соку нейтральна або лужна, а після прийому їжі – сильно кисла. У першому випадку соляна кислота не виділяється, а у другому вона активно секретується. Величина рН чистого шлункового соку після їжі близько 1, але звичайно, коли він розбавлений їжею, то рН складає близько 3.

Величина рН шлункового соку – це важливий клінічний показник. Захворювання шлунка називають гастритами. Розрізняють гастрит з підвищеною кислотністю (навіть натщесерце та при наявності їжі рН шлункового соку і хімусу залишається дуже кислим), зі зниженою кислотністю (рН шлункового соку недостатньо кисле через недостатню кількість у ньому соляної кислоти) і з нульовою кислотністю (шлунковий сік має реакцію, близьку до нейтральної, або слаболужну).

Ферменти шлункового соку (пепсин, гастрин, ренін тощо) відрізняються від більшості інших тим, що вони мають оптимум рН у кислій області. Як правило, у порожнину шлунка вони виділяються у форму зимогенів, які потім активуються шляхом відщеплення певних груп.

Кишкові залози поділяють на дві групи, у залежності від їх розташування:

- брунерові – розташовані у дванадцятипалій кишці;
- ліберк’юнові – розташовані у інших відділах тонкої кишки.

Вони продукують за добу майже 2,5 л кишкового соку. Він має рН близько 7,2–7,5, але при підвищеній секреції соку рН вмісту кишечника змінюється до 8,6. Значна частина соку складається зі слизу та відмерлих епітеліальних клітин, а рідка частина – з ферментів, мінеральних речовин і мукопротеїдів. Кишковий сік містить більше 20 різних травних ферментів.

Характеристика основних ферментів, які виділяються малими травними залозами наведена у наступному підрозділі (“Біохімічні механізми процесу травлення”).

Біохімічні механізми процесу травлення

Вживання їжі – необхідна складова частина людського життя. З часом від простого споживання сирих продуктів людська цивілізація перейшла до їх обробки і створила справжнє мистецтво – кулінарію. Але фізіологічна і біохімічна основа травлення залишається незмінною, спільною для всіх тварин.

☑ У шлунково-кишковому тракті ссавців відбуваються гідролітичні реакції, внаслідок яких складні біомолекули розщеплюються на мономери і у такому вигляді всмоктуються.

Реакції гідролізу біополімерів, з яких складається їжа, каталізуються специфічними ферментами, котрі виділяються у різних відділах травного каналу (табл. 2.10). Ці реакції відбуваються у відділах шлунково-кишкового тракту при значеннях рН, які змінюють одне одного і охоплюють інтервал від 1 до 9.

Таблиця 2.10

Ферментативна характеристика процесу травлення

Фермент	Місце утворення	Середовище	Зв'язки, які розщеплюються	Субстрат	Продукт
Амілаза слини	Слинні залози	Нейтральне	α-глікозидні	Полісахариди	Дисахариди
Мальтаза	Слинні залози	Нейтральне	α-глікозидні	Дисахариди	Моносахариди
Ліпаза	Слинні залози	Нейтральне	Ефірні зв'язки між кислотами і спиртами	Жири молока	Гліцерин, жирні кислоти
Пепсин	Шлунок	Кисле	Внутрішні пептидні зв'язки	Білки	Пептиди
Ренін (хімозин)	Шлунок	Кисле	Пептидні зв'язки у казеїні	Казеїн	Пептиди
Трипсин	Підшлункова залоза	Лужне	Внутрішні пептидні зв'язки	Білки	Пептиди

Хімотрипсин	Підшлункова залоза	Лужне	Внутрішні пептидні зв'язки	Білки	Пептиди
-------------	--------------------	-------	----------------------------	-------	---------

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6
Ліпаза	Підшлункова залоза	Лужне	Ефірні зв'язки між кислотами і спиртами	Жири	Гліцерин, жирні кислоти
Амілаза	Підшлункова залоза	Лужне	α -глікозидні	Полісахариди	Дисахариди
Рибонуклеаза	Підшлункова залоза	Лужне	Фосфорноєфірні зв'язки	РНК	Рибонуклеотиди
Дезоксирибонуклеаза	Підшлункова залоза	Лужне	Фосфорноєфірні зв'язки	ДНК	Дезоксирибонуклеотиди
Карбоксипептидаза	Залози тонкої кишки	Лужне	Пептидні зв'язки з карбоксильного кінця	Білки	Пептиди, вільні амінокислоти
Амінопептидаза	Залози тонкої кишки	Лужне	Пептидні зв'язки з амінного кінця	Білки	Пептиди, вільні амінокислоти
Ентерокіназа	Залози тонкої кишки	Лужне	Пептидні зв'язки трипсиногене	Трипсиноген	Трипсин
Мальтаза	Залози тонкої кишки	Лужне	α -глікозидні	Мальтоза	Глюкоза
Сахараза	Залози тонкої кишки	Лужне	α -глікозидні	Сахараза	Глюкоза, фруктоза
Лактаза	Залози тонкої кишки	Лужне	β -галактозидні	Лактоза	Глюкоза, галактоза

Ферментативний гідроліз їжі розпочинається у ротовій порожнині, продовжується у шлунку й закінчується у тонких кишках.

Вуглеводи – одні з найпоширеніших складових різних видів харчових продуктів.

Людина споживає, головним чином, крохмаль, глікоген, сахарозу, лактозу. Ферменти, які розщеплюють ці полісахариди, розривають α -глюкозидні зв'язки. Розщеплення вуглеводів, за майже однаковими механізмами, відбувається у людини в ротовій порожнині та тонкій кишці. Фермент амілаза розщеплює крохмаль до мальтози, а фермент мальтаза закінчує процес утворенням глюкози. Різниця між амілазою та мальтазою, які виділяються у різних відділах шлунково-кишкового тракту, полягає у їх походженні та оптимальному значенні рН. Кислі амілаза та мальтаза виділяються слинними залозами, лужна амілаза – підшлунковою залозою, а лужна мальтаза – кишковими залозами. Для

перших двох ферментів оптимальне значення рН 6,5–6,8, а для других – 7,5. У більшості ссавців (людина як виняток) амілаза виділяється лише підшлунковою залозою. Крім полісахаридів, у раціон людини входять дисахариди, сахароза та лактоза. Їх розщеплення відбувається під дією кишкових ферментів сахарози (інвертази) і лактази (β -галактозидази). Активність останнього ферменту змінюється з віком – у малят вона вища, ніж у дорослих. У багатьох представників африканської та азійської рас і у деяких людей індивідуально лактазна активність у дорослому віці зникає зовсім. Виникає неприйнятність молока. У таких людей лактоза молока залишається у кишечнику і починає бродити під дією мікробів. Це викликає діарею і метеоризм. Крім того, з рослинною їжею до шлунково-кишкового тракту потрапляє значна кількість целюлози і пектинів. Ці полісахариди у організмі людини та більшості тварин власними ферментами не перетравлюються через відсутність ферментів, здатних розщеплювати β -глюкозидні зв'язки.

Ферменти, які розщеплюють білки, називають пептидазами.

Розщеплення білків розпочинається у кислому середовищі шлунка. Головні клітини слизової оболонки виділяють профермент пепсиноген, який автокаталітичним шляхом у шлунковому соку перетворюється у пепсин. Кисле середовище шлунка розгортає білкові молекули. Денатурація полегшує перетравлювання білків, адже ферментам стають доступні всі пептидні зв'язки. Пепсин розриває пептидні зв'язки, які утворені ароматичними та деякими іншими амінокислотами. Це основний фермент шлункового травлення. Крім того, у шлунку знаходяться також інші пептидази:

- гастриксин (гастрин), який має близьку до пепсину ферментативну активність;
- пепсин В, який розщеплює желатину сполучної тканини;
- ренін, котрий звурджує молоко.

Зміна кислотності середовища з кислого у шлунку до лужного у тонкій кишці дезактивує шлункові пептидази. Подальше розщеплення білків відбувається під дією ферментів, які виділяються у порожнину тонкого кишечника з підшлункової та кишкових залоз. Ферменти підшлункової залози виділяються, як і пепсин, у вигляді попередників – трипсиногена, хімотрипсиногена і прокарбоксіпептидази. Така особливість є захистом проти самоперетравлення цими пептидазами клітин, у яких вони виробляються. При гострому панкреатиті, який зумовлений порушеннями процесу виділення панкреатичного соку, попередники ферментів перетворюються у пептидази занадто рано. Внаслідок цього вони починають руйнувати клітини підшлункової залози. Це

дуже важкий хворобливий стан, який може закінчитися смертю хворого. Хімотрипсиноген і прокарбоксіпептидаза перетворюються у хімотрипсин і карбоксіпептидазу під дією трипсину. А трипсин утворюється з трипсиногену за допомогою ферменту ентерокинази, яку виділяють кишкові залози. Вони також виділяють амінопептидазу. Кожна з пептидаз діє на специфічні ділянки білків, розщеплюючи їх до пептидів і амінокислот (табл. 2.11).

Таблиця 2.11

Механізми дії пептидаз шлунково-кишкового тракту

Ферменти	Пептидні зв'язки, які розщеплюються
Пепсин	Тирозин, фенілаланін, триптофан, лейцин, глутамін, глутамінова кислота
Трипсин	Лізин, аргінін
Хімотрипсин	Тирозин, фенілаланін, триптофан
Карбоксіпептидаза	Послідовне відщеплення амінокислот з С-кінця молекули білка
Амінопептидаза	Послідовне відщеплення амінокислот від N-кінця молекули білка (за виключенням проліну)

У кишечнику людини більшість тваринних білків гідролізується повністю. Виняток становлять деякі фібрилярні білки, наприклад, кератин. Багато рослинних білків, особливо білки зерен злаків, перетравлюються погано. Це пов'язане з тим, що насіння рослин покриті целюлозною оболонкою. Для того, щоб покращити перетравлення білків зерен, їх досить розмолоти. Але зустрічається захворювання стіаторея, при якому ферменти тонкої кишки не здатні гідролізувати окремі водорозчинні білки. Ці білки (наприклад, гліадин) пошкоджують епітелій кишок. Дійовим засобом лікування при такій хворобі є виключення зернових продуктів з харчування.

Перетравлювання жирів і ліпідів ускладнюється тим, що це гідрофобні речовини.

Перетравлювання жирів можливе лише при наявності жовчі, яка їх емульгує і робить доступними для ферментів. Ліпаза виділяється у порожнину кишечника у вигляді проліпази. При наявності жовчних кислот і білка коліпази вона відщеплює одну або дві крайні жирні кислоти від тригліцеридів, утворюючи натрієві або калієві мила та 2-моноацилгліцероли.

У товстих кишках відбувається розщеплення їжі, у якому беруть участь ферменти кишкових, молочних та гнильних бактерій, котрі утворюють корисну мікрофлору кишок. Кишкова мікрофлора людини у незначних кількостях розщеплює целюлозу, утворюючи леткі жирні

кислоти, які мають бактерицидні властивості. Бактерії є важливим джерелом деяких вітамінів для людини. Порушення нормальної мікрофлори товстої кишки (дисбактеріоз) – важке захворювання, особливо для дітей, яке спричиняє обезводнення організму. Воно може розвинути після приймання великої кількості антибіотиків. Розпад білків у товстому кишечнику протікає за типом гниття з виділенням токсичних продуктів (індол, фенол, скатол). Якщо печінка не встигає їх знешкодувати, то розвивається інтоксикація (отруєння) організму.

Всмоктування у шлунково-кишковому тракті та основні шляхи перетворення поживних речовин

Мономери, які утворилися у порожнині кишечника повинні потрапити у внутрішнє середовище організму, подолавши клітинний бар'єр, який створює епітелій.

Всмоктування – це транспорт різноманітних речовин з травного каналу через мембрану епітеліальних клітин до внутрішнього середовища організму.

Це складний процес, який включає як просту та полегшену дифузю, так і активний транспорт. Основним місцем всмоктування є тонка кишка, особливо порожня і клубова. Тут у процесі еволюції виник складний всмоктувальний апарат зі складок, ворсинок і мікроворсинок, який збільшує поверхню всмоктування.

За винятком жирів, які надходять спочатку у лімфу, хімічні речовини, що всмокталися, потрапляють у кров, а звідти – у печінку.

Печінка – основний центр розподілу поживних речовин у хребетних. Це один з ключових органів не тільки у системі органів травлення, але й у всьому обміні речовин. Саме вона є центром розподілу і подальших перетворень поживних речовин у ссавців. У печінці для основних класів поживних речовин існують свої шляхи біохімічних перетворень.

Всмоктування вуглеводів відбувається у формі водних розчинів моносахаридів. Цей процес іде за механізмом активного транспорту. Галактоза всмоктується швидше, ніж глюкоза, а глюкоза – швидше, ніж фруктоза. Моносахариди перетворюються у глюкозу. У печінці глюкоза фосфорилується і надалі використовується у п'яти основних напрямках (рис. 2.23):

- для підтримання постійного рівня глюкози у крові;
- для синтезу глікогену, який відкладається у печінці та м'язах;
- надлишок глюкози перетворюється у жирні кислоти (відкладаються у формі жирів у запас) та холестерин (використовується на синтез фосфоліпідів для побудови мембран);

- окислювальне фосфорилування з утворенням АТФ;
- перетворення на пентози, необхідні для синтезу нуклеїнових кислот (пентозофосфатний шлях).

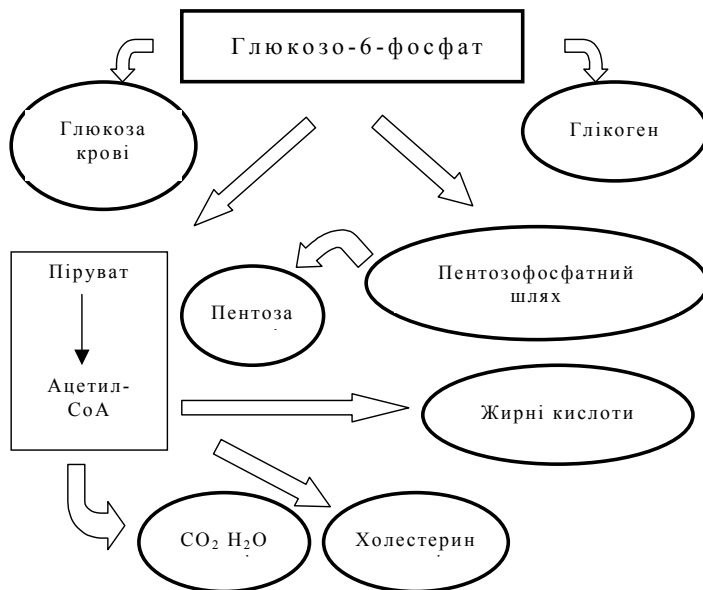


Рис. 2.23. Шляхи перетворення глюкози у печінці

Білки всмоктуються у вигляді амінокислот. У печінці амінокислоти використовуються також у п'яти можливих напрямках (рис. 2.24):

- амінокислоти можуть транспортуватися у інші тканини для забезпечення біосинтезу білка;
- амінокислоти використовуються у печінці для забезпечення біосинтезу білків плазми крові і печінки;
- амінокислоти служать початковим продуктом для синтезу нітрогенвмісних речовин (азотистих основ, гемів та інших);
- амінокислоти можуть дезамінуватися і вступити у цикл Кребса;
- амінокислота аланін може дезамінуватися і перетворитися на глюкозу крові. Ця система бере участь у підтриманні постійного рівня глюкози у крові.

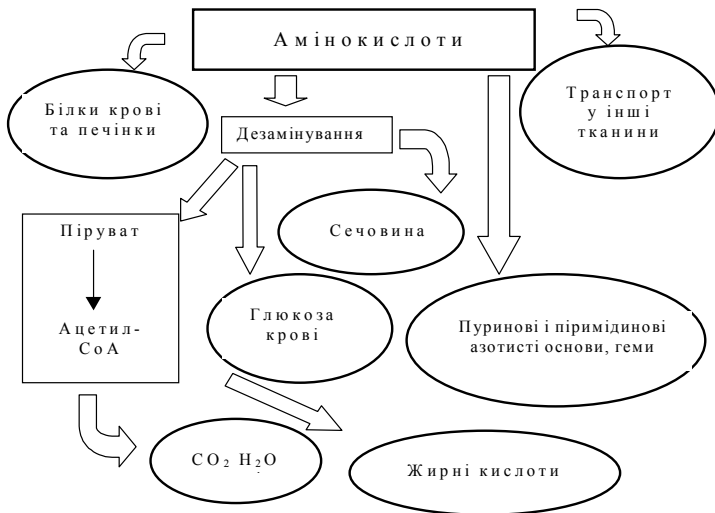


Рис. 2.24. Шляхи перетворення амінокислот у печінці

Всмоктування жирів починається з того, що мила та 2-моноацилгліцероли емульгуються і поглинаються клітинами кишечника. У цих клітинах знову синтезуються тригліцериди, які проникають у лімфу. Діаметр емульгованих крапель жирів (хіломікронів) близько 1 мкм, тому лімфа набуває молочного кольору. Хіломікрони мають гідрофільну оболонку з фосфоліпідів і спеціальний білок, який не дає їм злипатися. Через грудну протоку вони проходять у підключичну вену. Через 1–2 години тригліцериди виводяться з крові і перетворюються у жирову тканину.

Стінки шлунка набагато гірше пристосовані до всмоктування, ніж інші частини шлунково-кишкового тракту. Тут всмоктуються лише вода, лікарські речовини, алкоголь, електроліти, моносахариди, гормони.

Товста кишка – головне місце всмоктування води та електролітів. Крім того, тут у невеликих кількостях всмоктуються амінокислоти, моносахариди, вітаміни та інші речовини. Порушення всмоктування води у товстій кишці та швидкості її скорочень викликає розлади діяльності шлунково-кишкового тракту. Деякі інфекційні захворювання викликають подразнення слизової оболонки (дизентерія тощо). Від цього посилюється перистальтика і виникає понос (діарея). Протилежне явище – запор – зв'язане з тим, що вміст кишечника рухається дуже повільно і всмоктується надлишок води. Запори часто супроводжу-

ються головними болями і загальним погіршенням самопочуття. Це виникає не через всмоктування у кров отруйних речовин, які містяться у калі, а через механічне подразнення прямої кишки.

Складові частини раціону людини

У стародавні часи, коли обробка їжі була лише термічною, а єдиним способом зберігання продуктів – їх засолення, проблем з повноцінністю раціону не було. З розвитком промисловості з'явилася можливість консервувати продукти, а термічна обробка супроводжувалася ще й обробкою тиском. Ось тоді і виявилось, що тривале зберігання харчів, одноманітна дієта – це чинники, які можуть викликати порушення здоров'я людини. Дослідження медиків встановили, що такі хвороби, як цинга, рахіт, бері-бері тощо, пов'язані з неправильним харчуванням. Розробка теорії повноцінного харчування – одне із значних досягнень сучасної науки. Дослідження показали, що їжа має містити не лише джерела енергії, але й конкретні речовини, які є незамінними компонентами харчування (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Необхідні складові частини раціону людини

☑ Незамінні компоненти раціону – це речовини, відсутність яких у харчуванні викликає серйозні порушення метаболізму та розвитку.

Вуглеводи, жири і білки є основним джерелом енергії. Калорійність вуглеводів 17,6 кДж/г, жирів – 39,8 кДж/г, білків – 18,0 кДж/г. Крім того, ці речовини є основним пластичним матеріалом для клітин. Деякі жири та білки можуть виступати також як незамінні компоненти раціону. У цьому випадку вони містять, відповідно, незамінні жирні кислоти або незамінні амінокислоти.

Незамінні жирні кислоти (лінолева та ліноленова) у достатніх кількостях містяться у рослинній їжі, рибі та птиці. У м'ясі копитних та молочних продуктах їх недостатньо для задоволення потреб організму. Лінолева кислота ($C_{18}H_{32}O_2$) – жирна кислота з двома подвійними зв'язками. Вона є основою багатьох рослинних масел, у тому числі соєвого, кукурудзяного, рапсового. Ліноленова кислота входить до складу лляного масла. Вона має три подвійних зв'язки.

Білки їжі не тільки джерело амінокислот для побудови нових білків організму, але й основа синтезу багатьох нітрогеновмісних молекул. Тваринні організми, на відміну від мікробів, не можуть синтезувати всі 20 стандартних амінокислот. Тому амінокислоти, які не синтезуються в організмі, повинні поступати з їжею. Для дорослої людини незамінними є 8 амінокислот, добова потреба у яких варіює від 0,5 г (триптофан) до 2 г (лейцин, фенілаланін). Немовлятам та дітям потрібна ще амінокислоти аргінін і гістидин. У дорослих вони утворюються у достатніх кількостях у печінці внаслідок синтезу сечовини.

Поживна цінність білків залежить не лише від їх амінокислотного складу, але і від засвоюваності. Тваринний білок більш повноцінний, ніж рослинний. Незамінні амінокислоти повинні поступати з їжею постійно, адже амінокислоти не запасуються. Для характеристики якості білкової їжі використовують поняття хімічної та біологічної цінності.

☑ Хімічна цінність – це відповідність амінокислотного складу білків стандартному білкові (білкові молока чи яєць).

☑ Біологічна цінність – це величина, обернена до кількості даного продукту, необхідного для підтримки азотного балансу.

Коли білок містить всі необхідні компоненти і всі вони всмоктуються, то його біологічна цінність становить 100 (табл. 2.12). Якщо біологічна цінність їжі менша 100, то це не означає, що деякі харчові продукти погані. Просто, для того, щоб задовольнити мінімальну потребу у незамінних амінокислотах, їх потрібно споживати дуже багато. Так, наприклад, у одному шматку білого хліба міститься 2 г білка. Добова потреба у білкові для дорослого 20-літнього чоловіка становить

54–56 г. Враховуючи те, що менше третини цього білка не відповідає нормі, за добу потрібно з'їсти 70 шматків білого хліба. Підвищити амінокислотну повноцінність рослинної дієти можна комбінуючи різні продукти. Наприклад, блюда з кукурудзи і бобів містять весь набір амінокислот, хоча жоден з цих продуктів окремо не є біологічно повноцінним.

Таблиця 2.12

Якість білків деяких харчових продуктів

Продукт	Хімічна цінність	Біологічна цінність
Жіноче молоко	100	95
Яловичина	99	93
Яйце	100	87
Коров'яче молоко	95	81
Очищений рис	67	63
Кукурудза	49	36
Білий хліб	47	30

Раціон людини змінювався відносно основних харчових речовин (табл. 2.13). Змінювалася не лише пропорція між основними харчовими продуктами, але й хімічний склад цих основних продуктів. Ідеальний раціон враховує сучасні рекомендації щодо вкладу різних продуктів у сумарну калорійність раціону.

Таблиця 2.13

Зміни харчового раціону, % (на прикладі США)

Продукти	Раціон 1910 р.	Сучасний раціон	Ідеальний раціон
Вуглеводи	56	46	58
Крохмаль	38	28	48
Цукор	18	18	10
Білки	12	12	12
Жири:	32	42	30
– насичені	-	16	10
– мононенасичені	-	19	10
– поліненасичені	-	7	10

Регуляція процесів травлення

Споживання їжі – це такий же ритмічний фізіологічний процес, як сон, дихання тощо. Його регуляція дуже складна, включає як гуморальні, так і нервові механізми.

☑ Гуморальний рівень регуляції споживання їжі виконується спеціальними гормонами, залежить від концентрації поживних речовин у крові і травних шляхах.

☑ Нервова регуляція споживання їжі включає як свідому, так і несвідому регуляцію за рахунок нервових імпульсів.

Важливий внесок у дослідження всіх видів регуляції зробив видатний російський вчений І. П. Павлов. Розроблені ним методи досліджень та зроблені за їх допомогою відкриття були справжньою революцією у фізіології. Але регуляція цих процесів настільки складна, що багато тонких механізмів травлення залишаються загадкою і до нашого часу.

Важливим органом, який регулює процеси травлення, є гіпоталамус – частина проміжного мозку. Встановлено, що пошкодженням ділянок гіпоталамусу можна викликати збільшення і відсутність споживання їжі, зниження рухливості стінок травної трубки. Гіпоталамус впливає на центри харчової мотивації і підвищення розбірливості у їжі та інше. Центральна нервова система регулює споживання їжі за допомогою таких процесів як голод, апетит, ситість та анорексія.

☑ Голод – це відчуття необхідності прийому їжі.

Він може супроводжуватися складним комплексом проявів, включаючи муки голоду та інші складні фізіологічні й психологічні реакції.

☑ Апетит – це бажання прийому їжі.

На відміну від голоду, який виникає при виснаженні запасів поживних речовин, апетит може зберігатися навіть після їжі. На апетит сильно впливають емоції та різні стимули. Ситість – це відсутність бажання їсти, яка виникає після прийому їжі.

☑ Анорексія – це стан, при якому фізіологічні сигнали голоду залишаються, але харчова поведінка повністю відсутня.

Функції організму людини і тварин підкоряються загальним законам термодинаміки. Тому споживання надмірної кількості їжі викличе зростання маси тіла, а недоїдання – її зменшення. Для визначення оптимального харчування велике значення має спосіб життя і ступінь фізичних навантажень. Сучасне людство стикається з двома протилежними проявами у проблемі харчування – недоїданням і виснаженням та ожирінням.

У зв'язку з економічними та демографічними проблемами у країнах, що розвиваються, гостро стоїть проблема продовольства. За приблизними оцінками кількість людей, що знаходяться на межі голодування, становить 500 мільйонів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я близько 12 000 чоловік щоденно вмирають з голоду. Але

це крайні випадки. Найчастіше виникає виснаження – хронічна недостача енергії у раціоні. Особливо воно небезпечне для маленьких дітей. Недостатнє надходження калорій у ранньому дитинстві, навіть коли воно потім компенсується, приводить до затримки розвитку організму.

Для нормального розвитку дитини необхідна не лише достатня кількість енергії, але й забезпечення білками. Постійна недостача цього компонента їжі викликає захворювання квашіоркор. Ця назва походить від африканського слова, яке перекладається як “відлучення від грудей”. Зазвичай, коли у таких регіонах дитину відлучали від материнської груді і переводили на загальну дієту, то вона поступово починала відчувати недостатність білка. Ріст дітей уповільнювався, у них розвивалася анемія, розпухали кінцівки, розвивалися дегенеративні процеси у печінці, мозку та інших важливих органах. Серед таких дітей висока смертність.

Протилежна проблема – ожиріння. Вона особливо актуальна у розвинених країнах, де люди не стільки переїдають, скільки ведуть малорухомий спосіб життя. Вважається, що до 30 % світового населення харчується надмірно. Ожиріння і надлишкова маса тіла – це не синоніми.

☑ Ожиріння – це збільшення відкладання тригліцеридів у клітинах жирової тканини адипоцитах.

Вважається, що ожирінням – це стан, при якому маса тіла перевищує нормальну на 20 %. Подібно до анемії чи гіпертонії, ожиріння – не захворювання, а симптом. Воно свідчить про порушення енергетичного балансу і може бути викликане різними причинами. Розрізняють:

- регуляторне ожиріння – яке є наслідком порушення споживання їжі;
- метаболічне – це дефекти обміну речовин, досить часто вроджені.

Жирова тканина – це своєрідний енергетичний банк, вклад у який робиться під час їжі, а витрати – в міру потреб. Жирове депо людини майже необмежено розтягується, а його маса може складати до 50 % маси тіла.

☑ Адипоцити – це високоспеціалізовані клітини, які накопичують велику кількість жирових крапель.

Їх поділ (проліферація) відбувається лише у два періоди – у немовлят та у підлітків. У всі інші періоди кількість жирових клітин не змінюється. При зміні маси тіла вони змінюють свої розміри. Тому ожиріння може бути:

- гіпертрофічне – за рахунок збільшення розмірів клітин;
- гіперпластичне – за рахунок збільшення їх кількості.

У зв'язку з тим, що ожиріння – це складний комплекс не лише фізіологічних, але й психологічних реакцій, з ним дуже важко боротися. Є дані про те, що перегодовування немовлят закріплює відчуття голоду на більш високому рівні, ніж у нормі. Вчені встановили, що деякі речовини можуть бути активаторами харчової поведінки. До них відносяться адреналін та деякі інші катехоламіни. Ось чому у багатьох людей нервове перевантаження чи хвилювання викликає бажання поїсти. Підвищують апетит також опіати (похідні опіуму). Були відкриті також інгібітори апетиту. Це гормони інсулін і серотонін. Але ці гормони не підходять на роль “ліків від ожиріння”. Перший є центральним гормоном вуглеводного обміну, а другий – нейрогормоном. Серед речовин, які викликають анорексію (відсутність бажання їсти), виділяють аміни – речовини, які впливають на діяльність центральної нервової системи. Так, наприклад, амфетамін – це потужний стимулятор центральної нервової системи, який знижує масу тіла за рахунок зменшення споживання їжі та збільшення спонтанної фізичної активності. Більш безпечний препарат – фенфлурамін. Він не стимулює центральну нервову систему, але його відміна може викликати депресію.

Таким чином, регуляція маси тіла – це досить складна проблема. Вона потребує зважених рішень. Найбільш вдало її можна вирішити, узгодивши склад раціону, режим харчової поведінки та фізичних навантажень. Але, у будь-якому випадку, до проблеми регуляції маси тіла потрібно підходити без надмірностей і грубих втручань, враховуючи генетичну заданість організму.

Система органів виділення

Більше трьох мільярдів років назад у солоній воді виникли живі істоти. На перших етапах існування хімічний склад їх внутрішнього середовища мало відрізнявся від довкілля. Але в міру розвитку живих організмів вони все більше відокремлювалися від навколишнього середовища. Така особливість клітин вимагала утворення механізму, котрий забезпечував би постійність внутрішнього середовища. Одним з таких механізмів стала видільна система, яка пройшла складний шлях еволюційного розвитку.

Виникнення багатоклітинних організмів супроводжувалося утворенням внутрішніх рідин. У дорослої людини вода становить близько 60 % маси тіла. У чоловіків вміст води більший, ніж у жінок через меншу кількість жиру. Коли загальну кількість води в організмі прийняти за 100 %, то на долю клітин припадає 55 %, а на позаклітинну рідину – 45 % (рис. 2.26).

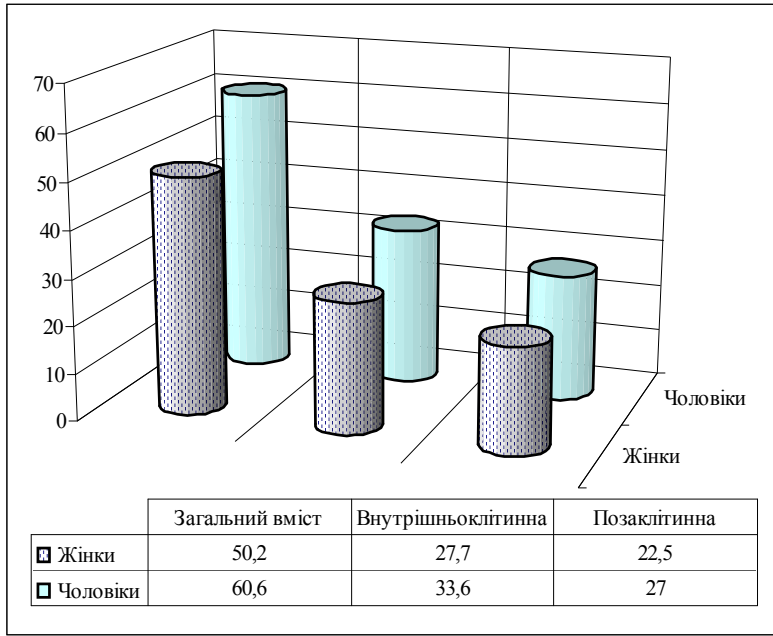


Рис. 2.26. Об'єм рідкої фази тіла людини, % (відносно маси)

До сечовидільних органів людини належать органи, які виробляють сечу (нирки) і органи, та ті, які нагромаджують і виводять її назовні (сечоводи, сечовий міхур, сечівник). Анатомічно близькими до сечовидільних органів у людини є статеві органи. У жінок вони ізольовані один від одного, а у чоловіків сполучаються у передміхуровій частині сечівника.

Еволюція систем виділення

Внутрішні рідини живих організмів характеризуються постійністю концентрацій різних розчинених речовин. Крім того, певну концентрацію мають речовини, які знаходяться у навколишньому середовищі. Зовнішні покриви тіла живих організмів можна розглядати як напівпроникні мембрани, а зміна концентрацій речовин у організмі та довкіллі пов'язана з осмотичними явищами. В залежності від здатності живих організмів регулювати різницю осмотичного тиску, вони поділяються на пойкилоосмічні та гомойосмотичні.

☑ Організми, які змінюють осмотичний тиск своїх внутрішніх рідин залежно від його значення у навколишньому середовищі, називають пойкилоосмічними.

Вони можуть відрізнятися від довкілля іонним складом, кислотноружною рівновагою, але не відрізняються осмотичним тиском. Це більшість морських безхребетних і міксини. Для таких організмів характерна валюморегуляція.

☑ Валюморегуляція – здатність живих організмів підтримувати незмінним об'єм внутрішніх рідин.

Валюморегуляція властива лише морським організмам. Вони можуть мати однаковий з навколишнім середовищем осмотичний тиск, а можуть мати дуже різний.

☑ Організми, які підтримують осмотичний тиск внутрішніх рідин відмінним від його значення у навколишньому середовищі, називають гомойосмотичними.

Осмотичний тиск у таких організмів може значно відрізнятися від такого у середовищі існування. До цієї групи відносяться прісноводні тварини, морські хребетні (крім міксин) і наземні тварини. У прісноводних і наземних живих організмів виникає проблема не лише збереження постійного об'єму рідкої фази, але й у підтриманні постійного осмотичного тиску.

☑ Осморегуляція – процес підтримання на постійному рівні різниці між осмотичними тисками в організмі й навколишньому середовищі.

Осморегуляція – важлива властивість клітин живих організмів. При порушенні цієї системи вода проникає через плазматичну мембрану, що призводить до зміни об'єму клітин. Залежно від співвідношення концентрацій солей у клітині і за її межами, розрізняють:

- ізотонічний розчин – концентрації солей рівні;

- гіпертонічний розчин – концентрація солей у розчині більша, ніж у клітині. Призводить до зменшення об'єму клітин, внаслідок чого вони зморщуються;
- гіпотонічний розчин – концентрація солей у розчині менша, ніж у клітині. Призводить до збільшення об'єму клітини. У крайньому випадку клітинна мембрана може розірватися під дією осмотичного тиску.

Гомойосмотичні організми можуть знаходитися у гіпертонічному розчині (наприклад, міноги і костисті риби у воді), або у гіпотонічному розчині – всі прісноводні організми та хрящові риби.

У гіпертонічному середовищі відбувається втрата води. У костистих риб вона компенсується за рахунок того, що вони постійно п'ють морську воду. Разом з солями натрію і калію вона потрапляє у кров. У зябрах є спеціальні хлоридні клітини, які видаляють з організму солі натрію без води, що сприяє опрісненню внутрішнього середовища організму. Солі кальцію і магнію видаляються через нирки і кишечник. Аналогічним чином функціонують системи осморегуляції і в інших морських істот. У морських рептилій і птахів замість окремих клітин утворилися спеціальні сольові залози.

У гіпотонічному середовищі головну роль у осморегуляції відіграє система виділення надлишкової води. Надходження солей у організм відбувається через покриви тіла або з їжею. У безхребетних і хребетних тварин органи, які беруть участь у підтриманні внутрішнього середовища організму, досить різноманітні – нефридії, нирки, сольові залози, зябра, потові залози та інші.

Існує гіпотетична схема можливої еволюції органів виділення. Первинна еукаріотична клітина, здатна підтримувати сталість внутрішнього середовища, мала у плазматичній мембрані іонні канали і іонні насоси. По каналах (за градієнтом концентрації) іони надходили у цитоплазму. Через насоси (проти градієнта концентрації) надлишок іонів видалявся за межі клітини. На тому етапі еволюції, коли відбулося диференціювання клітин у багатоклітинних організмів, виникли спеціальні органи виділення. Такі органи склалися зі спеціалізованих клітин. Ці клітини виконували не лише функцію забезпечення сталості внутрішньоклітинного середовища, але і підтримання постійного складу рідкої фази всього організму. Це стало можливим завдяки виникненню функціонально асиметричної клітини. На одній стороні такої клітини знаходяться головним чином іонні канали, а на іншій – іонні насоси.

Осморегуляція у прісноводних одноклітинних організмів відбувається за допомогою скорочувальної вакуолі. Губки і кишковопорож-

нинні не мають окремих органів виділення. Ці процеси відбуваються на рівні окремих клітин.

☑ Протонефридії – примітивні органи виділення і осморегуляції, які складаються з одного або декількох звивистих каналців ектодермального походження, на дні яких знаходиться особлива клітина, увінчана пучком війок (полум'яна клітина).

Протонефридії властиві більшості плоских та первиннопорожнинних черв'яків, немуртин, деяким кільчастим червам, ланцетникам, деяким личинкам.

Наступним етапом еволюції були метанефридії, які мали значно складнішу будову і були більш досконалішими функціонально.

☑ Метанефридії – це трубчасті канали, ектодермального або мезодермального походження, які відкриваються одним кінцем у целом, а іншим назовні.

Це більш складні утворення, але принцип їх дії подібний до протонефридій. Целомічний кінець мета нефридій вкритий війчастими клітинами. Такі органи виділення властиві деяким вищим безхребетним, головним чином, кільчастим червам.

У вищих хребетних тварин непотрібні і шкідливі для організму сполуки, які потрапили до нього з їжею, питною водою, повітрям, а також надлишок води і солей і вуглекислий газ виводяться на зовні за допомогою органів травлення, печінки, дихання, сечовиділення та шкіри. Ті шкідливі речовини, які всмокталися з кишечника у кров, надходять до печінки. Там вони знешкоджуються і виводяться з жовчю через кишечник. Через кишечник виводяться також неперетравлені рештки їжі. Органи дихання видаляють з організму вуглекислий газ і певну кількість води у вигляді пару (приблизно 400 мл на добу). Основна частина води (приблизно 1,5 л) та розчинені у ній сечовина, хлориди натрію та інші неорганічні сполуки виводяться переважно органами сечовиділення, а решта – потовими залозами шкіри.

☑ Головним сечовидільним органом у хребетних є нирка, яка складається з нефронів.

Інтенсивність процесів утворення сечі у хребетних тварин різних класів різна. У круглоротих, риб, амфібій і рептилій рівень клубочкової фільтрації становить 1–4 мл на 100 г маси тіла за 1 годину. У птахів і ссавців він у 10–15 разів вищий. Наприклад, об'єм крові, що фільтрується, у пацюків сягає 50 мл на 100 г маси за годину. У людини нирки, маса яких складає близько 0,5 % від маси тіла, у стані спокою отримують 25 % від усього об'єму крові, який викидається лівим шлуночком, і споживають 10 % всього кисню, який надходить у організм.

Нирки ссавців – складні і багатофункціональні органи, які крім видільної, виконують багато інших важливих функцій (рис. 2.27).

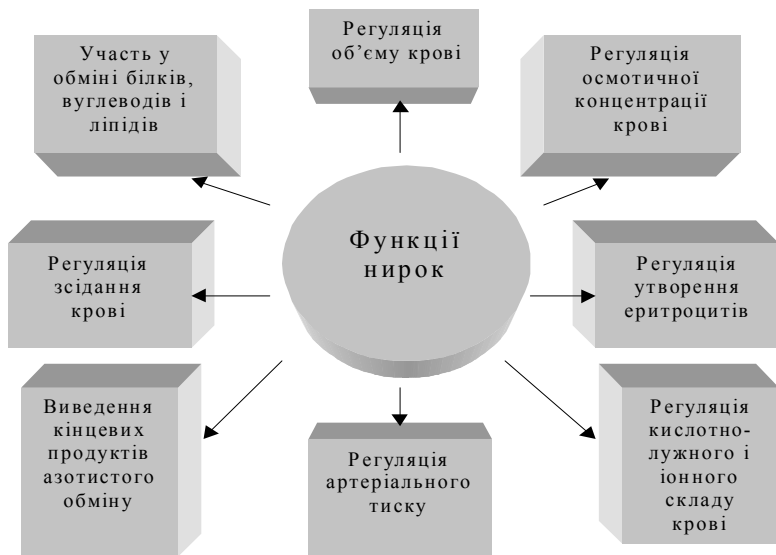


Рис. 2.27. Функції нирок у ссавців

Анатомічна будова нирки людини

Нирки – парний екскреторний орган, який розташований поза очеревиною на задній стінці живота, по боках хребта на рівні XI грудного – II поперекового хребців. Права нирка міститься дещо нижче, ніж ліва. Маса кожної нирки – 110–150 г. Розміри – 9 (12) x 4,5 (6,5) x 2 (3) см.

Нирка має бобоподібну форму, вона оточена жировою капсулою і знаходиться у фасціальному футлярі. Паренхіма (речовина) нирки покрита сполучнотканинною оболонкою. На внутрішньому увігнутому краї розміщені ворота нирки, куди входять ниркові артерії та нерви, а виходять ниркові вени, лімфатичні судини і сечовід. Усередині нирки знаходиться порожнина – ниркова миска, яка складається з великих і малих ниркових чашок. Ниркова миска переходить у сечовід, звідки сеча поступає у сечовий міхур, а з нього по сечівнику – назовні.

Тіло нирки складають ниркові піраміди, які утворюють мозкову речовину. Зовнішній шар нирки називають корковою речовиною. Основною структурно-функціональною одиницею нирки є нефрон (рис. 2.28).

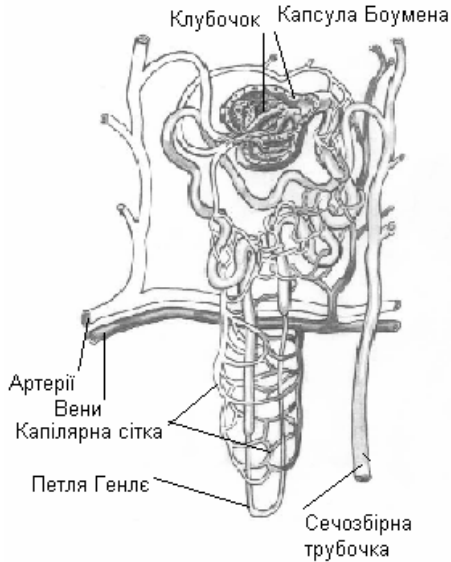


Рис. 2.28. Будова нефрону

☑ Нефрон – це довгий нирковий каналець, сліпий початковий кінець якого у вигляді двосторонньої чаші охоплює клубочок кровонесних капілярів, а кінцева ділянка відкривається у збірну трубочку.

Чашу, утворену сліпим кінцем нефрону, називають капсулою Боумена, а кровонесний клубочок – клубочком Шумлянського. Клубочок Шумлянського, разом з боуменовою капсулою, що його охоплює, утворює мальпігієве (ниркове) тільце. Частина нефрону, яка відходить від ниркового тільця, утворює спочатку малі петлі, потім велику петлю Генле, а потім знову малі петлі. До збірної трубочки приєднуються багато нефронів. Мальпігієве тільце і малі петлі нефрону розташовані у корковій речовині, а петля Генле – у мозковій. Збірні трубочки утворюють короткі вивідні протоки, які крапковими отворами відкриваються на верхівці сосочка ниркової піраміди. Ниркова піраміда переходить у ниркову чашу. Ниркові чаші – у ниркову миску і сечовід.

☑ Важливою особливістю нирки є те, що вона має подвійну капілярну сітку. Ниркова артеріола двічі розгалужується перед тим, як стати нирковою венолою.

Одна капілярна сітка – це клубочок Шумлянського, а друга – густо оплітає петлі нефрону. Цим нирка відрізняється від усіх інших внутрі-

шніх органів. Така будова кровоносної системи забезпечує видільні процеси в організмі. Виносна клубочкова артеріола за діаметром менша, ніж приносна. Це створює підвищений тиск у капілярах. У капілярах клубочка Шумлянського тиск у 2–3,5 рази вищий, ніж у капілярах, що оплітають петлі нефрону.

Процес сечоутворення

Головна функція нирки, яку виконує нефрон, – це сечоутворення. Сечоутворення у ссавців складається з трьох етапів:

- фільтрації плазми крові;
- зворотного всмоктування (реабсорбції) води;
- канальцевої секреції.

Сечоутворення – це процес, який дозволяє нирці видаляти відходи і зберігати корисні компоненти крові.

У мальпігієвих тільцях кров по осмотичному градієнту переходить з клубочків Шумлянського у нефрон. Утворюється клубочковий фільтрат або первинна сеча.

Первинна сеча відрізняється від плазми крові відсутністю великих за розмірами молекул (білків, жирів).

Вона містить глюкозу, амінокислоти, сечовину, солі та інші речовини у такій же концентрації, як і плазма крові. Утворення первинної сечі – це процес, який відбувається завдяки роботі серця, клітини боуменової капсули не мають активних механізмів транспорту. Загальний потік крові через нирки при клубочковій фільтрації відбувається зі швидкістю 1200 мл/хв. Плазма, яка проходить через ниркові клубочки, віддає близько 20 % свого об'єму на створення первинної сечі. За добу у людини утворюється 150–170 л первинної сечі. Це пов'язано з тим, що через нирки за добу протікає 1500–1700 л крові, та з тим, що фільтраційна поверхня капілярів клубочка надзвичайно велика.

Звичайно, втрата такої кількості рідини і різних речовин абсолютно не можлива для організму. Запобігає цьому процес зворотної екскреції, який відбувається при подальшому проходженні фільтрату через звинини нефрону.

Стінки ниркового канальця складаються з плоского або кубічного епітелію. За час руху по ньому первинної сечі відбувається зворотне всмоктування у кров (реабсорбція) значної частини води, всієї глюкози і амінокислот. Клітини, які утворюють нефрон, повинні витратити енергію і виконувати роботу для того, щоб повернути воду і розчинені у ній речовини назад у кров. Ниркова тканина споживає за годину більше кисню, ніж тканини серцевого м'яза. Це свідчить про те, що нирки виконують більшу роботу, ніж серце.

За добу зі 150–170 л первинної сечі утворюється близько 1,5 л вторинної сечі. Хімічний склад вторинної сечі значно відрізняється від первинної. Крім нормальних продуктів обміну нирки виділяють багато невластивих організму речовин. Ось чому аналіз сечі служить важливим діагностичним засобом.

В нормі сеча містить 96 % води, 1,5 % солей і 2,5 % органічних продуктів обміну, головним чином, сечовини; рН сечі – 4,8–8,0; колір – прозорий жовтий.

Кількість виділеної сечі залежить не лише від спожитої рідини, але і від кількості солей та інших твердих речовин, які потрібно видалити з організму. На 1200 – 1500 мл добової сечі припадає 60 г твердих речовин. Половину цієї кількості становить сечовина, яка синтезується у печінці з вуглекислого газу і аміаку. Концентрація сечовини у вторинній сечі у 66 разів більша, ніж у первинній. До інших нормальних компонентів сечі відноситься сечова кислота, креатинін і аміак. Порівняння хімічного складу плазми крові, первинної і вторинної сечі наведено у табл. 2.14.

Таблиця 2.14

Склад плазми крові, первинної та вторинної сечі (%)

Основні компоненти	Плазма крові	Сеча	
		первинна	вторинна
Вода	90 – 92	99	96
Білки, жири	7 – 9	немає	немає
Глюкоза	0,100	0,100	немає
Натрій (Na ⁺)	0,300	0,300	0,40
Хлор (Cl ⁻)	0,400	0,400	0,70
Калій (K ⁺)	0,020	0,020	0,15
Сечовина	0,030	0,030	2,00
Сечова кислота	0,004	0,004	0,05

Утворена у нирці вторинна сеча збирається у нирковій мисці і по сечоводу (тонкій м'язовій трубці) потрапляє в сечовий міхур.

Сечовий міхур – це м'язовий мішок, у якому збирається сеча.

У дорослої людини його об'єм досягає 750 мл. Вихід із сечового міхура закритий двома сфінктерами, завдяки чому сеча вільно не витікає назовні. Виділення сечі здійснюється рефлекторно і залежить від наповненості міхура. Коли у сечовому міхурі збирається певна кількість сечі, його м'язи скорочуються і вона видаляється назовні через сечівник – відбувається сечовипускання. У дітей довільне сечовипускання встановлюється до 2 – 3 років.

Сечова кислота і фосфат кальцію погано розчиняються, тому можуть утворювати ниркові камінці. При проходженні цих камінців через сечовивідні шляхи виникають сильні болі.

У здорових тварин і людей у сечі міститься так мало білка, що його не можливо виявити звичайними лабораторними методами. Виявлення білка у сечі свідчить про захворювання.

☑ Запалення нирок називають нефритом.

Воно може викликатися різними інфекціями. Як правило, запалення нирок супроводжується підвищенням артеріального тиску.

☑ Запалення сечівника, викликане інфекціями, називається уретритом. Запалення слизової оболонки сечового міхура називається циститом.

Ознаки цих захворювань – часте сечовипускання, під час яких виникає біль, печія, свербіння. Уретрит і цистит виникають внаслідок проникнення у сечівник і сечовий міхур інфекцій. Розвитку захворювань сприяє переохолодження тіла, вживання прянощів, копченостей, алкоголю тощо.

У нормальній здоровій сечі відсутня також глюкоза (цукор). Але коли концентрація глюкози у крові надто висока, то він не в змозі реабсорбуватися повністю і виявляється при аналізі сечі.

☑ Граничну концентрацію, при досягненні якої у крові речовина з'являється у сечі, називають нирковим порогом.

Нирковий поріг для глюкози становить приблизно 150 мг/100 мл крові. Збільшення концентрації глюкози викликає зростання об'єму сечі, ось чому діабет характеризується не лише появою глюкози у сечі, але і збільшенням сечовиділення.

Концентрація іонів Гідрогену у сечі коливається у широких межах. У хижих тварин рН сечі кисле, у травоядних – лужне або нейтральне, у всеїдних – лужне або кисле. Від великого вмісту у раціоні білка та при голодуванні рН сечі кисле, а при рослинній дієті – лужне. Жовтий колір сечі залежить від вмісту у ній пігменту урохрому, який утворюється при розкладі гемоглобіну і близький до жовчних кислот.

Репродуктивна система

Головний біологічний зміст існування окремого індивідууму – забезпечити можливість існування виду. Відтворити собі подібного – це настільки важливо, що у деяких видів після розмноження батьківська особина взагалі гине. Вона створила свою копію і надалі буде лише конкурувати з новим поколінням за їжу, місце тощо.

Людські істоти належать до роздільностатевих організмів. Процес розмноження у них набув не лише фізіологічного, але і соціального забарвлення. Саме по ставленню суспільства до майбутнього покоління ми судимо про його цивілізованість. Але, незважаючи на такі особливості, розмноження було і залишається біологічним процесом.

☑ Репродуктивні функції – це комплекс процесів, які охоплюють диференціювання і дозрівання статевих клітин, формування статевих мотивацій та поведінки, статевий акт, процес запліднення, вагітність, роди, лактацію та наступне вирощування потомства.

Анатомічно статева система складається з:

- внутрішніх статевих органів;
- статевих залоз;
- зовнішніх статевих органів.

Внутрішні статеві органи та статеві залози закладаються при формуванні зародка і супроводжують людину все життя. Зовнішні статеві органи з'являються недорозвиненими і їх формування завершується під час статевого дозрівання. Статеві залози, внутрішні та зовнішні статеві органи – це первинні статеві ознаки.

Зовнішні статеві органи чоловіків – це мошонка (калітка) і статевий член (пеніс). Мошонка – це випинання шкіри тіла, в яка опускаються яєчка напередодні або відразу після народження дитини чоловічої статі. Статевий член – це копулятивний орган, який має тіло, корінь і головку. Тіло утворене печеристими і губчастими тілами. Печеристі тіла складаються з численних комірок, у які відкриваються артерії. При статевому збудженні вони наповнюються кров'ю, в наслідок чого статевий член збільшується у розмірах і твердішає. Цей стан називається ерекцією. Шкіра статевого члену утворює складку (крайню плоть), що прикриває головку.

Внутрішні статеві органи чоловіків – це яєчка з придатками, статеві каналця (сім'яносні і придаткові протоки), придатки статевих залоз (сім'яні пухирці, передміхурова залоза, залози цибулини сечівника), сечівник. Яєчка – це парні статеві залози, у яких утворюються сперматозоїди та статеві гормони, основним з яких є тестостерон. Сім'яні міхурці – також парні залози, секрет яких забезпечує сперматозоїди поживними речовинами, а також підтримує їх рухливість. Передміхурова залоза (простата) виділяє секрет, який забезпечує рух сперматозоїдів по сім'явидній протоці, а також сім'явипорскування. Залози цибулини сечівника виділяють секрет, який захищає слизову оболонку сечівника від подразнювальної дії сечі.

До внутрішніх статевих органів жінки належать піхва, матка, маткові (фалопієві) труби, яєчники. Піхва – це м'язова трубка завдовжки приблизно 10 см, яка є копулятивним органом жінки. Матка – грушоподібний порожнистий м'язовий орган, масою приблизно 50 г, який виконує секреторну і ендокринну функції. Під час вагітності в ній розвивається зародок і плід. Шийка матки – вузький канал завширшки приблизно 2 см, який значно розширюється під час пологів. Маткові труби – це парні м'язові органи, які мають довжину біля 12 см. За допомогою маткових труб кожен яєчник зв'язаний з маткою. Яєчники – парні статеві залози, у яких утворюються яйцеклітини та статеві гормони, основними з яких є протестерон і естрадіол.

Крім того, є статеві ознаки, розвиток яких розпочинається під час статевого дозрівання і які анатомічно не належать до репродуктивної системи. Це вторинні статеві ознаки. До них належать у чоловіків ріст волосся на обличчі, низький тембр голосу, більш вузький таз тощо. У жінок вторинні статеві ознаки – це, в першу чергу, розвинені молочні залози, більш широкий таз та інші.

Вся робота статевої системи знаходиться під контролем статевих гормонів, які є невід'ємною частиною гормональної системи людини. Саме цей комплекс визначає всі етапи статевого дозрівання (рис. 2.29, 2.30). Крім того, під гормональним контролем знаходиться і весь комплекс циклічних статевих процесів, які відбуваються у дорослої жінки (менструальний цикл).

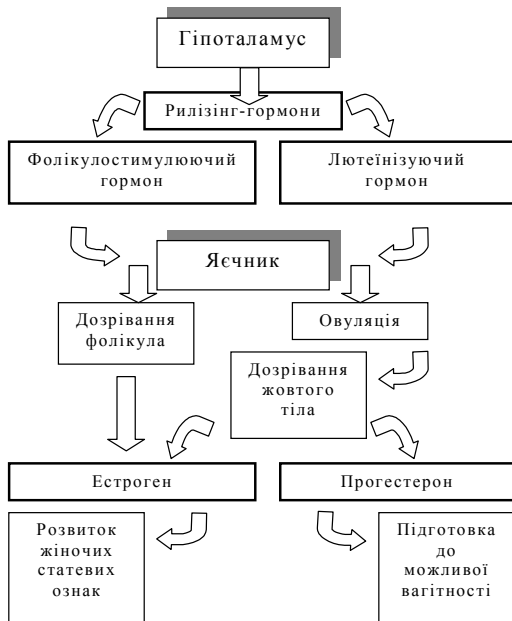


Рис. 2.29. Схема гормонального контролю жіночої статеві системи

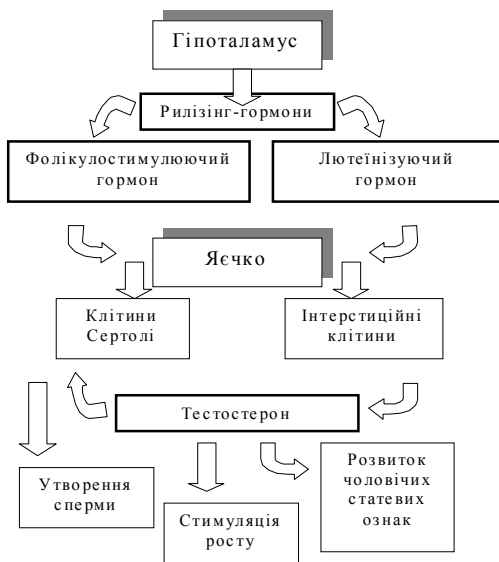


Рис. 2.30. Схема гормонального контролю чоловічої статеві системи

Статеві гормони відносяться до стероїдних ліпідів. Цікавим є те, що основний жіночий гормон прогестерон відрізняється від основного чоловічого гормону тестостерону лише тим, що останній замість групи OH містить групу COCH_3 (рис. 2.31). Тобто хімічна різниця між чоловічими і жіночими гормонами, власне, зводиться до метильної групи.

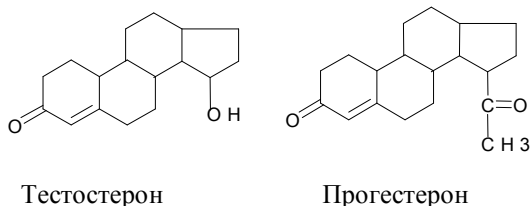


Рис. 2.31. Основні статеві гормони

Нервова система

Нервова система людини концентрує в собі найістотніші відмінності між людиною і твариною. Серед всіх хребетних саме у людини нервова система досягла найвищого розвитку. Вона надзвичайно складна, включає багато елементів і практично повністю забезпечує взаємозв'язок між людиною і середовищем її існування та людей між собою. Нервова система виконує такі функції:

- об'єднує окремі органи та системи організму у єдине функціональне ціле;
- узгоджує діяльність окремих частин організму на основі двостороннього кругового зв'язку;
- здійснює взаємодію організму як цілого з навколишнім середовищем;
- відповідає за вищу нервову діяльність, інтелект.

Нервова система поділяється на дві функціональні одиниці:

- вегетативна (автономна) нервова система – керує роботою внутрішніх органів і не підлягає свідомому контролю;
- соматична (анімальна) нервова система – забезпечує комплекс безумовних і умовних рефлексів.

Анатомічно нервову систему поділяють на:

- центральну нервову систему;
- периферійну нервову систему.

Єдність нервової системи забезпечується тим, що як у центральному, так і у периферійному відділах соматичної нервової системи містяться елементи вегетативної нервової системи.

Структурні елементи нервової системи

Основною структурною одиницею нервової системи є нервова клітина – нейрон (нейроцит). Нейрони оточені сукупністю клітинних елементів нервової тканини – нейроглією.

☑ Нейрони забезпечують специфічну функцію нервової системи – сприймають подразнення, передають їх, виробляють імпульси.

Вони спеціалізовані для передачі інформації як морфологічно, так і функціонально (див. підрозділ „Тканини і системи органів тварин”).

☑ Нейроглія виконує трофічну, захисну, опорну та секреторну функції.

За функцією нейрони розділяють на:

- аферентні (доцентрові, чутливі) – сприймають сигнали, що виникли в рецепторах органів чуття (орган-акцептор) і проводять їх у центральну нервову систему;
- еферентні (відцентрові, рухові) – передають сигнали від центральної нервової системи до органів-виконавців (орган-ефектор);
- вставні – локалізовані в центральній нервовій системі, забезпечують зв'язок між аферентними і еферентними нейронами.

☑ Ланцюжок, утворений аферентним, вставним і еферентним нейронами, які забезпечують сприйняття і реалізацію сигналу, називають рефлекторною дугою.

Вона починається у органі-акцепторі і закінчується у. Зв'язок між окремими нейронами здійснюється через синапс.

☑ Синапс – це складне структурне утворення двох нервових закінчень, у якому відбувається передача інформації від одного нейрона до іншого.

Синапс має:

- передсинаптичну мембрану – кінцеве розгалуження аксона одного нейрона;
- постсинаптичну мембрану – ділянку тіла або дендрит іншого нейрона;
- синаптичну щілину – простір між цими мембранами.

Відростки нервових клітин надзвичайно довгі, тому їх можна розглядати як самостійну анатомічну одиницю нервової системи.

☑ Нервове волокно – це відросток нейрона, вкритий оболонкою з клітин-супутників.

Залежно від наявності в оболонці жироподібної речовини мієліну, розрізняють:

- мієлінові волокна – товсті, мають вузли;
- безмієлінові волокна – тонкі гладенькі.

Пучки мієлінових і безмієлінових волокон, вміщені у загальну сполучнотканинну оболонку, утворюють нервові стовбури або нерви.

По сполучнотканинній оболонці нервів проходять кровonosні і лімфатичні судини, що їх живлять. У одному нервовому стовбурі можуть міститися:

- чутливі і рухові волокна (змішані нерви);
- лише чутливі волокна (чутливі нерви);
- лише рухові волокна (рухові нерви).

Нервові волокна мають такі основні властивості:

- збудливість – здатність під дією подразника переходити зі стану фізіологічного спокою в стан активності;

- провідність – здатність проводити електричні потенціали.

Нервові волокна починаються і закінчуються нервовими закінченнями, які контактують один з одним (через синапси) або з органами тіла людини.

Нервові закінчення – це кінцеві розгалуження дендритів чутливих нейронів.

Залежно від функції, яку виконують нервові закінчення, вони поділяються на:

- чутливі (рецептори) – кінцеві розгалуження у різних органах;
- синаптичні – утворені кінцевими розгалуженнями аксона попереднього нейрона та дендриту або тіла наступного нейрона;
- рухові (ефектори) – кінцеві розгалуження мієлінових волокон в скелетних м'язах.

Чутливі нервові закінчення (рецептори) сприймають різноманітні подразнення. Вони поділяються на:

- екстерорецептори – сприймають подразнення з навколишнього середовища (рецептори шкіри, ока, слизових оболонок носа, ротової порожнини, слуху та інших);
- інтерорецептори – збуджуються подразненнями, що надходять з внутрішнього середовища організму (внутрішні органи, судини та інші);
- пропріорецептори – реагують на зміну положення окремих частин тіла у просторі (рецептори м'язів, сухожилок, суглобових сумок та інші).

Синаптичні нервові закінчення з'єднують між собою нейрони у рефлекторній дузі.

Через рухові нервові закінчення (ефектори) нервові імпульси з центральної нервової системи або з нервових центрів передаються на органи-виконавці (м'язи, залози).

☑ Нервові центри – це сукупність нейронів, необхідна для здійснення рефлексу та достатня для регуляції конкретної фізіологічної функції.

Нервові центри розміщуються у центральних відділах нервової системи. Для регуляції простих функцій достатньо одного нервового центру, а для регуляції складних функцій потрібен комплекс нервових центрів. Наприклад, центр колінного рефлексу міститься у поперековому відділі спинного мозку, а центр сечовиділення – у крижовому відділі. Регуляція дихання – це комплексна дія дихального центру довгастого мозку та пневмотаксичного центру середнього мозку. Крім того у регуляції цих процесів бере участь кора великих півкуль головного мозку.

Для складних процесів поняття нервового центру є не стільки морфологічним, скільки функціональним. Функціональні об'єднання, що регулюють найскладніші рефлекторні акти, видатний радянський фізіолог О. О. Ухтомський (1875 – 1942) назвав “сузір'ям нервових центрів”. Саме такі сузір'я є матеріальною основою складного комплексу реакцій, який забезпечує зв'язок організму з навколишнім середовищем.

Механізми передачі нервових сигналів

Мембранні потенціали (різниця у електричному заряді по різні сторони мембрани) існують у багатьох клітинах. Вони називаються потенціалами спокою і виникають, в першу чергу, через асиметричність у розподілі відносно мембрани іонів K^+ і Na^+ . Зазвичай, для різних типів клітин потенціали спокою коливаються в межах від – 40 до – 95 мВ. Наприклад, для нервових клітин – від – 60 до – 80 мВ. Але лише на мембранах нервових, чутливих і м'язових клітин можуть генеруватися потенціали дії і синаптичні потенціали.

☑ Клітини, які здатні тимчасово швидко змінювати свій мембранний потенціал, називають збудливими.

Особливо високу збудливість мають нервові клітини. Сприйняття і проведення нервових імпульсів пов'язані зі швидкою зміною електричного потенціалу мембран. Саме це визначає унікальну здатність нейрона передавати і обробляти інформацію.

☑ Потенціал дії (потенціал збудження) – це результат короткочасної різкої зміни мембранного потенціалу.

Потенціал дії виникає, як правило, у початковій, найближчій до тіла нейрона ділянці аксона і швидко поширюється вздовж аксона. Він проявляється як реверсія (зміна заряду) потенціалу спокою (рис. 2.32).

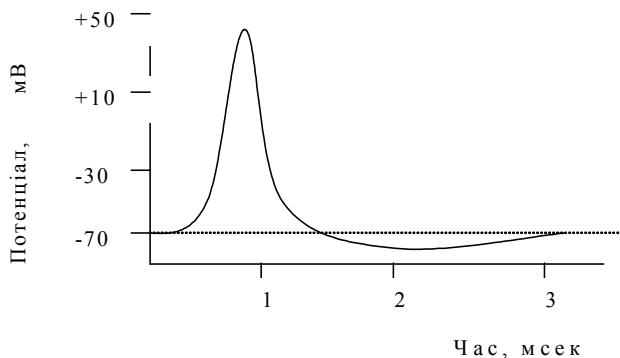


Рис. 2.32. Розвиток потенціалу дії

Зміна електричного потенціалу мембрани відбувається за рахунок зміни її проникливості для іонів натрію і калію, тобто через відкриття і закриття відповідних іонних каналів. Всі збудливі клітини характеризуються певним пороговим значенням мембранного потенціалу, при якому виникає потенціал дії.

Пороговий рівень відповідає потенціалу, при якому вхідний потік іонів натрію рівний вихідному потокові іонів калію.

Потенціал дії має стандартні амплітуду і часові параметри, які не залежать від сили стимулу (принцип “все або нічого”). Це означає, що нервовий імпульс виникає лише тоді, коли сила подразнення достатня для порогової деполяризації мембрани.

У момент генерації потенціалу дії мембрана знаходиться у стані зниженої збудження – рефрактерності.

Рефрактерність відіграє важливу роль у роботі аксона. Через неї максимальна частота імпульсів, яку здатні провести більшість нервових волокон, складає 200 збуджень за 1 секунду.

Механізм проведення збудження нагадує естафету, у якій кожна ділянка вздовж волокна виступає спочатку як місце подразнення, а потім – як подразнювач наступної ділянки. Швидкість передачі потенціалу дії по аксону пропорційна його діаметру. У волокнах змішаних нервів вона варіює від 120 м/с (товсті мієлінові волокна) до 0,5 м/с (тонкі волокна).

Будь-який периферійний нерв складається з сотень і тисяч аксонів. Сумарний потенціал дії нерва – це сума потенціалів дії аксонів, які входять до його складу. Його амплітуда залежить від сили подразнення. Найнижчий поріг збудливості у найтовстіших волокон.

Передача сигналу від одного нейрона до іншого відбувається у синапсах. Тут проходить не лише обмін інформацією, але і її інтеграція. Розрізняють дві різновидності синапсів:

- електричний синапс;
- хімічний синапс.

У електричному синапсі від передсинаптичного нейрона до постсинаптичного іде електричний імпульс. У хімічному синапсі імпульси передаються завдяки виділенню з передсинаптичної мембрани аксона специфічного хімічного передавача – медіатора.

Медіатори – це хімічні речовини, що змінюють іонну проникливість постсинаптичної мембрани, викликаючи хімічний процес, який генерує електричний струм (синаптичний потенціал).

Таким чином, нейромедіатори – це приклад передачі сигналу у хімічній формі. Така система досить оперативна, адже швидкість передачі становить мілісекунди (для порівняння, стероїдні гормони – хвилини і години).

Існують медіатори збудження (наприклад, адреналін) та гальмування (наприклад, гамма-аміномасляна кислота). Медіатори виробляються у синаптичних пухирцях, розмішених на передсинаптичній мембрані.

Адреналін і норадреналін – нейромедіатори, які підсилюють скорочення серцевих м'язів, розширюють зіниці, стимулюють секрецію поту і слини. Ці речовини називають “речовинами страху та тривоги”. Реакції, які вони викликають, відповідають саме таким станам в організмі. Адреналін і норадреналін – це гормони. Вони синтезуються з амінокислоти тирозину, яка є також попередником пігменту меланіну. Синтез адреналіну відбувається у наднирниках, звідки і походить його назва (“ren” – від лат. “нирка”). Ця сполука циркулює з кровотоком і діє на вегетативну нервову систему. Адреналін містить полярні групи –ОН і –NH–, тому він погано проникає через мембранний бар'єр між головним і спинним мозком та кров'ю. Через це частина адреналіну і його аналога норадреналіну має вироблятися безпосередньо у мозку. Ці речовини живлять наші емоції.

Штучна стимуляція нервової системи і підбурювання емоцій завжди цікавило людей. Відомі речовини, які впливають на психічний стан людини (наркотики). Деякі з них за своїм механізмом дії подібні до нейромедіаторів. Наприклад, для стимуляції мозкової діяльності

використовують амфетамін. Ця речовина за своєю хімічною будовою нагадує норадреналін. Амфетамін настільки близький до норадреналіну, що може займати його місце у передсинаптичних нейронах. Це призводить до витіснення норадреналіну у синаптичну щілину і наступне зв'язування останнього з постсинаптичним нейроном. Внаслідок чого підвищується активність нейронів, і людина впадає в стан ейфорії. Але такий стан надзвичайно швидко виснажує нервову систему, тому вживання штучних нейромедіаторів стимулюючої дії просто небезпечно для здоров'я.

Гамма-аміноасляна кислота (ГАМК) – це один з нейромедіаторів, який відповідає за гальмування нейронів мозкового стовбура Її формула $C_4H_9O_2N$ (рис. 2.33). Гальмівна дія ГАМК пов'язана з тим, що вона змінює структуру мембрани і розширює канали, по яких іон хлору (Cl) проникає в клітину. Підвищення внутрішньоклітинної концентрації цих іонів змінює різницю потенціалів на мембрані, і клітина втрачає здатність нормально функціонувати. На механізм дії цього медіатора впливає наявність етанолу у крові. Етиловий спирт полегшує зв'язування даного нейромедіатора з мембраною, тому ефект від дії ГАМК підсилюється. Ось чому алкоголь відноситься не до стимуляторів, а до депресантів. Він пригнічує роботу нервової системи.

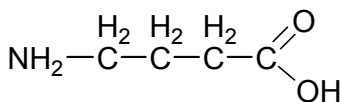


Рис. 2.33. Гамма-аміноасляна кислота

Крім адреналіну, норадреналіну і ГАМК функції медіаторів можуть виконувати глутамінова і аспарагінова кислоти, гліцин, катехоламін, серотонін тощо. У деяких нейронах функцію медіаторів виконують навіть продукти обміну (наприклад, CO_2 у дихальному центрі).

Еволюція нервової системи

Головний і спинний мозок складають центральну нервову систему і є найважливішими частинами нервової системи, наслідком складного еволюційного розвитку. Головний мозок – це анатомічна система, яка є матеріальним вмістилищем людського інтелекту, всіх тих якостей, котрі дозволили людині зайняти відповідне місце в органічному світі. Еволюція центральної нервової системи у тварин проходила в таких напрямках:

- нервова система дифузного типу, характерна для безхребетних;
- нервова система вузлового типу, характерна для безхребетних, епідермального походження;

- нервова система розкидано-вузлового типу, характерна для молюсків;
- нервова система трубчастого типу, характерна для хребетних тварин.

Дифузна нервова система – це найпримітивніший тип нервової системи. Вона не розділена на центральну і периферичну і може бути локалізована як у ектодермі, так і в ентодермі. Свого максимального розвитку нервова система вузлового типу досягла у комах. Центральним відділом такої нервової системи є навкологлоткове нервове кільце та черевний нервовий ланцюжок. Розкидано-вузловий тип нервової системи виявився досить прогресивним. У головоногих молюсків окремі ганглії зливаються і формують поділений на відділи головний мозок. Нервові системи вузлового та розкидано-вузлового типів утворюють ланцюжки, які проходять по черевній стороні тіла. Нервова трубка походить з клітин зовнішнього зародкового листка – епідермісу. Вона знаходиться під захистом хребтового стовбура та черепа. Вершиною розвитку нервової системи такого типу є центральна нервова система людини.

Нервова система хребетних закладалася у вигляді цілісної трубки, яка у процесі онтогенезу і філогенезу поділяється на різні відділи і є джерелом утворення парасимпатичних і симпатичних нервових вузлів. У найпримітивніших хордових (безчерепних) головний мозок відсутній, а нервова трубка практично однакова по всій довжині. У процесі філогенетичного розвитку від рівня безчерепних до круглоротих відбулася енцефалізація.

Енцефалізація – це виникнення і розвиток головного мозку з передньої головної частини мозкової трубки.

Головний мозок сучасних круглоротих (міноги) містить у початковому стані всі основні структурні відділи головного мозку. Вони виникли як наслідок еволюційного розвитку відповідних функцій організму. Розвиток вестибулярної системи, зв'язаної з напівкругними каналцями і рецепторами бокової лінії, виникнення блукаючого нерва і дихального центру створили основу для розвитку заднього мозку. Задній мозок міноги включає довгастий мозок і мозочок. Розвиток зору дає поштовх до закладання середнього мозку. Розвиток нюхових рецепторів викликає створення переднього і кінцевого мозку, до яких приєднаний слабозвинутий проміжний мозок. Всі ці етапи і структури повторюються у хребетних в процесі ембріонального розвитку. В процесі ембріогенезу у головному відділі нервової трубки три мозкові пухирі, з яких розвиваються відповідні відділи головного мозку.

☑ Здатність організмів повторювати у своєму ембріональному розвитку основні етапи розвитку еволюційних предків називають біогенетичним законом. Онтогенез повторює філогенез.

Біогенетичний закон сформулював у 1866 р. німецький біолог, основоположник філогенетичного напрямку у дарвінізмі Е. Геккель (1834 – 1919). Цей закон є одним з найважливіших доказів еволюції живих організмів. У свій час він відіграв революційну роль у розвитку уявлень про історію органічного світу.

Значного розвитку зазнала центральна нервова система у зв'язку з виходом тварин на сушу. Наприклад, у амфібій у спинному мозку з'явилися два потовщення, які відповідають верхньому і нижньому поясам кінцівок. Найбільші структурні зміни характерні для головного відділу центральної нервової системи. У довгастому мозку амфібій почав формуватися центр слухового аналізатора. Мозочок у цих тварин більш примітивний, ніж у риб, що пов'язано з меншою складністю рухів. Найбільш значні зміни відбуваються у передньому мозку амфібій. Тут формується таламус – частина мозку, від якої збудження йдуть безпосередньо у кору. Але найбільшого розвитку з виходом тварин на сушу зазнає передній мозок. На ньому формується кора, яка поступово стає головною частиною мозку. Починаючи з рептилій, ця частина мозку стає місцем, куди стікаються всі аферентні сигнали. У птахів, у зв'язку з складністю рухової активності, підвищується роль мозочка. Цей відділ головного мозку за своїм розвитком перевищує такий у риб і рептилій. У ссавців ускладнення організації головного мозку відповідає рівню складності функцій. Але найбільші еволюційні зміни властиві передньому мозку. Розвиток головного мозку супроводжується розвитком кори головного мозку. Її бурхливий ріст компенсується розвитком складчастості. Праву і ліву половини кори називають півкулями. Складки кори утворюють борозни і частки. Кількість борозен і складок залежить від ступеня еволюційного розвитку організму. Примати демонструють найвищий рівень організації кори головного мозку. Вона характеризується шестишаровістю, відсутністю перекриття окремих полів, зв'язком між передніми та тім'яними ділянками. Такі особливості характеризують головний мозок приматів як цілісну об'єднану систему.

Вегетативна (автономна) та соматична (анімальна) нервові системи

Вегетативна (автономна) нервова система – це одна з важливих складових частин нервової системи людини і тварин.

Вегетативна (автономна) нервова система відповідає за здійснення прямих мимовільних реакцій, вона керує соматичними функціями організму і підтримує гомеостаз.

Нервові волокна автономної нервової системи регулюють серцеві скорочення, перистальтику органів травлення тощо. Вони іннервують непосмуговані м'язи всіх внутрішніх органів. Вегетативна нервова система поділяється на дві частини:

- симпатичну;
- парасимпатичну.

Симпатична і парасимпатична частини вегетативної нервової системи досить часто відповідають за протилежно направлені реакції організму (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Дія вегетативної нервової системи

Орган, що іннервується	Дія симпатичних нервів	Дія парасимпатичних нервів
Серце	Підсилюють і прискорюють серцеві скорочення	Послаблюють і уповільнюють скорочення серця
Артерії	Викликають звуження артерій і підвищують кров'яний тиск	Викликають розширення артерій і знижують кров'яний тиск
Шлунково-кишковий тракт	Уповільнюють перистальтику, зменшують активність	Прискорюють перистальтику, підвищують активність
Сечовий міхур	Викликають розслаблення сечового міхура	Викликають скорочення сечового міхура
Мускулатура бронхів	Розширюють бронхи, полегшують дихання	Викликають скорочення бронхів
М'язові волокна зіниці	Розширюють зіницю	Звужують зіницю
М'язи, які піднімають волосся	Викликають підняття волосся	Викликають прилягання волосся
Потові залози	Підвищують секрецію	Знижують секрецію

Вегетативна нервова система містить як чутливі, так і рухові нерви, але вона відрізняється від соматичної нервової системи рядом особливостей:

- Вона не підлягає свідомому контролю зі сторони великих півкуль головного мозку. Ми не можемо свідомо змінити силу і частоту серцевих скорочень тощо.

- Зв'язок між чутливими нервами і корою великих півкуль настільки опосередкований, що нормальне подразнення волокон вегетативної нервової системи не викликає ніяких відчуттів.
- Кожен внутрішній орган має подвійний набір волокон – одні від симпатичної частини, а інші від парасимпатичної. Імпульси симпатичної і парасимпатичної частин вегетативної нервової системи призводять до протилежних ефектів.
- Рухові імпульси від центральних відділів вегетативної нервової системи до органу-ефектора ідуть не по одному нейрону, а через два і більше послідовних нейрони. Тіло першого прегангліярного нейрона знаходиться у головному або спинному мозку, а тіло другого постгангліярного нейрона в ганглію, який розташований за межами центральної нервової системи. Тіла симпатичних постгангліярних нейронів розташовані поблизу спинного мозку, а парасимпатичні ганглії – поблизу органів, що іннервуються.

Вегетативна нервова система має центральні та периферійні відділи. До центральних відділів симпатичної нервової системи відносяться вегетативні центри головного мозку і ядра бокових стовпів спинного мозку (VIII шийний, I – XII грудні і II – III поперекові сегменти). До центрального відділу парасимпатичної нервової системи відносяться ядра мозкового стовбура (III, VII, IX і X пари черепних нервів) і ядра бічних стовпів крижового відділу спинного мозку. Периферичну частину вегетативної нервової системи складають вегетативні нерви та їх сплетіння.

Симпатична нервова система складається з волокон, клітинні тіла яких розташовані у бокових стовпах сірої речовини спинного мозку. Їх аксони виходять через передні корінці спинномозкових нервів, а потім відділяються від них, утворюючи вегетативну гілку, яка веде до симпатичного ганглію. Ці ганглії парні. З кожної сторони від спинного мозку знаходиться ланцюжок з 18 гангліїв, який тягнеться від шиї до живота. У кожному ганглії аксон першого нейрона утворює синапс з дендритом другого. Чутливі відростки симпатичної нервової системи проходять всередині тих же нервових стовбурів, що і рухові. Але вони вступають у спинний мозок через задні корінці, разом з іншими чутливими нервами, які не належать до вегетативної нервової системи.

Волокна парасимпатичної нервової системи входять до складу черепномозкових нервів та крижового відділу спинного мозку. Нерви, які регулюють роботу зіниць і слинних залоз, входять до складу III, VII і IX пар черепно-мозкових нервів. Блукаючий нерв (X пара) іннервує серце, дихальну систему і шлунково-кишковий тракт. Товста кишка, сечовидільна система і статеві органи регулюються парасимпатичними

волоконми через крижові спинномозкові нерви. Всі ці нерви містять аксони перших нейронів. Ганглії парасимпатичної нервової системи розташовані або у внутрішніх органах, які іннервуються, або поблизу їх. Таким чином, всі аксони вторинних нейронів відносно короткі.

☑ Соматична (анімальна) нервова система охоплює ті відділи центральної і периферійної нервової системи, які іннервують поєднані скелетні і м'язові м'язи та органи чуттів.

Вона включає всі відділи головного і спинного мозку та нерви, які не входять до складу вегетативної нервової системи. В основі діяльності соматичної нервової системи лежать складні комплекси безумовних та умовних рефлексів.

Спинний мозок

Спинний мозок – це найдревніша частина соматичної центральної нервової системи. У примітивній формі у ланцетника він є трубкою, яка іде вздовж тіла. Нервова трубка ланцетника не має поділу на сіру і білу речовини. Вперше цей поділ спостерігається у круглоротих. З появою кінцівок у амфібій виникають шийні і крижові потовщення спинного мозку. У рептилій, птахів і ссавців спинний мозок досягає вершини свого розвитку.

☑ Спинний мозок – це трубка, оточена і захищена дугами хребців, яка утворена сукупністю нервових клітин (сіра речовина) та нервових волокон (біла речовина).

Сіра речовина розміщена по центру, а біла оточує її зовні. У розрізі спинний мозок нагадує метелика. Від спинного мозку відходять парні відростки:

- дорсальні (задні, чутливі) корінці;
- вентральні (передні, рухові) корінці.

У центрі спинного мозку є отвір, заповнений спинномозковою рідиною. Вона містить різноманітні речовини, які живлять нервові клітини. Спинний мозок є продовженням довгастого мозку. Він розпочинається від великого потиличного отвору черепа і I шийного хребця (атланта) і закінчується на рівні II поперекового хребця мозковим конусом.

Спинний мозок виконує дві важливі функції:

- передає імпульси, які ідуть від і до головного мозку;
- служить центром багатьох рефлексів.

Звичайно функції спинного мозку досліджують на піддослідних тваринах методом перерізання окремих корінців та ділянок. Таким чином було відкрито явище, назване законом Белла–Мажанді:

☑ Праві корінці спинного мозку іннервують праву половину тіла, а ліві – ліву. Дорсальні і вентральні корінці функціонують незалежно один від одного.

Дослідження, які уможливили виявити ці особливості, були проведені у 1811–1822 роках. Вони показали, що коли у жаби у попереково-крижовому відділі з правого боку перерізати дорсальні (чутливі) корінці, а з лівого вентральні (рухові), то права лапка втратить чутливість, але збереже рухливість, а ліва, навпаки, втратить рухливість, але збереже чутливість.

Характерною особливістю спинного мозку високоорганізованих тварин є те, що кількість чутливих волокон, які відходять від спинного мозку, перевищує кількість рухових. Наприклад, у кицьки дорсальний корінець поперекового сегмента містить близько 12 тисяч волокон, а вентральний – лише 6 тисяч. Це означає, що один руховий нейрон обслуговує декілька чутливих.

Важливою особливістю спинного мозку людини і вищих тварин є те, що всі його частини поділяються на окремі сегменти, які іннервують окремі частини тіла. Наприклад, у людини розрізняють такі сегменти, від яких відходять відповідні нерви:

- 8 шийних;
- 12 грудних;
- 5 поперекових;
- 5 крижових;
- 1 – 3 куприкових.

Відповідно до 31 сегменту спинного мозку людини, він має 31 пару спинномозкових нервів. Пошкодження спинного мозку на рівні окремих сегментів призводить до втрати іннервації частин організму, які розташовані нижче. Травми хребтового стовпа небезпечні тим, що може пошкодитися спинний мозок, а це може стати причиною втрати здатності до руху.

Головний мозок

Головний мозок людини та інших хребетних розташований у порожнині мозкового черепа. Він складається більш ніж з 12 мільярдів нейронів і 50 мільярдів допоміжних клітин. Маса мозку не перевищує 1,4 кг. Ззовні його покривають три оболонки:

- тверда – вистеляє череп зсередини, містить вени і артерії, що живлять кістки черепа;
- павутинна – складається з пухкої сполучної тканини;
- м'яка – розташована найближче до поверхні кори мозку.

Між павутинною і м'якою мозковими оболонками є простір, заповнений рідиною. Вона виробляється всередині шлуночків мозку і називається спинномозковою рідиною. Це безколірна речовина, яка містить глюкозу, білки і лімфоцити.

☑ Шлуночки мозку – це єдина система сполучених порожнин у центральній нервовій системі, де утворюється і циркулює спинномозкова рідина.

Шлуночки мозку сполучаються з центральним каналом, який проходить вздовж спинного мозку. Спинний мозок має такі ж оболонки, як і головний. Все це свідчить про єдність походження цих двох частин центральної нервової системи.

☑ Головний мозок – це передній відділ центральної нервової системи хребетних, який є регулятором всіх життєвих функцій організму і матеріальним субстратом його життєдіяльності.

Для нормальної роботи мозку важливе значення має його кровопостачання. Незважаючи на те, що маса мозку у людини не перевищує 2%, він потребує 20% крові тіла. Кров транспортує кисень і поживні речовини, основною з яких є глюкоза. При недостатньому надходженні цих речовин робота мозку порушується. Виникають запаморочення, сплутаність та втрата свідомості. При повному припиненні надходження глюкози та кисню головний мозок гине протягом 4–8 хвилин.

☑ Важливу роль у регуляції припливу до мозку різних речовин відіграє гемоенцефалічний бар'єр, який забезпечує захист мозку від дії різних хімічних подразників.

Він утворений ендотеліальними клітинами капілярів і астроцитами захисних волокон. Через такий подвійний шар можуть проникати лише відносно малі молекули, що й забезпечує незначний і вибірковий доступ різних хімічних речовин до головного мозку.

Філогенетично головний мозок – передній кінець нервової трубки, а онтогенетично – похідне мозкових пухирів, які розвиваються у шлуночки мозку. Вперше головний мозок з'являється у круглоротих, у яких він поділяється на три відділи:

- задній мозок;
- середній мозок;
- передній мозок.

Ці відділи, які відповідають, основним мозковим пухирям, у процесі еволюційного розвитку хребетних, дають початок сучасному головного мозку вищих хребетних (рис. 2.34).

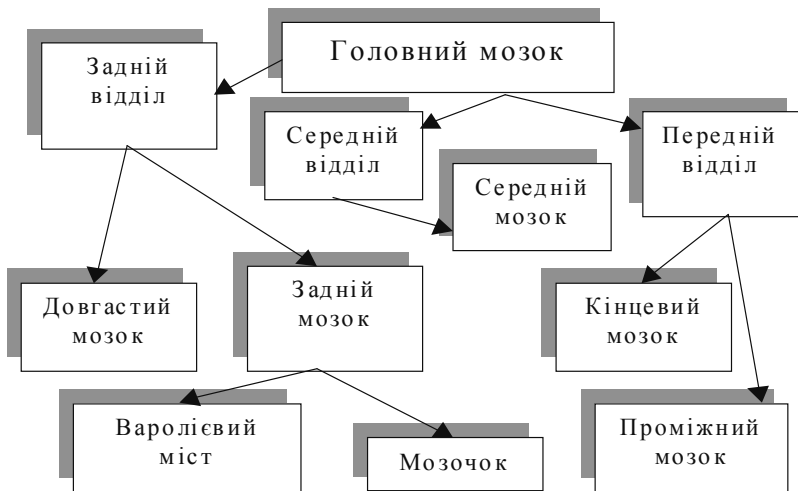


Рис. 2.34. Походження відділів головного мозку людини

Найбільш складний головний мозок вищих хребетних, до яких належить і людина, має п'ять основних відділів:

- довгастий мозок;
- задній мозок (включає варолієвий міст і мозочок);
- середній мозок;
- проміжний мозок;
- кінцевий мозок.

Перші чотири відділи, крім кінцевого мозку, складають стовбур мозку, який переходить у спинний мозок.

☑ Довгастий мозок – це конусоподібна структура, розміщена на схилі черепа, яка вниз (назад) переходить у спинний мозок, а вверх (вперед) – у варолієвий міст заднього мозку.

Сіра речовина знаходиться у білій у вигляді окремих ядер. Цей відділ головного мозку функціонально об'єднує спинний мозок для цілісної діяльності. Ще у 1862 р. видатний російський фізіолог І. М. Сеченов (1829 – 1905) встановив пригнічення спинальних рефлексів при подразненні стовбурової частини головного мозку. Висхідні шляхи довгастого мозку забезпечують активуючий вплив на кору головного мозку. Коли у кицьки, яка спить, подразнювати довгастий мозок, то вона прокидається і проявляє орієнтувальну реакцію. Довгастий мозок здійснює такі рефлекси:

- захисні – мигання, сльозовиділення, кашель, блювання;

- рухові (установочні і лабіринтні) – тонус мускулатури і підтримка рухів, правильний розподіл тонузу між окремими групами м'язів і встановлення пози тіла;
- метаболічні – рефлекси, пов'язані з регуляцією дихання і кровообігу.

Захисні рефлекси забезпечують механічне виділення з відповідних органів різноманітних подразнюючих факторів (пилу, бруду тощо). Прикладом складного комплексу рухових рефлексів, які контролює довгастий мозок, може бути робота мускулатури ока. Будь-які зміни положення голови викликають рух очних яблук у протилежному напрямку. Таким чином, рефлекторно зберігається правильна зорова орієнтація. Метаболічні рефлекси – це дихальний центр (регулює вдих і видих), судиноруховий (підтримує тонус судин, забезпечує артеріальний тиск).

Задній мозок також є продовженням спинного мозку і тісно з ним зв'язаний. До його складу входить варолієвий міст і мозочок.

☑ Варолієвий міст – це невелике біле підвищення, розташоване між довгастим і середнім мозком.

Між волокнами білої речовини варолієвого мосту розташовані ядра сірої речовини. Від них відходять V – VIII пари черепних нервів.

☑ Мозочок – це великий виріст моста, розвиток якого тісно пов'язаний з руховою активністю.

Нейрони мозочка зв'язані з іншими ділянками головного і спинного мозку. Як окрема структура він проявляється на ранніх етапах філогенезу. Вся поверхня мозочка поділена глибокими борознами на окремі долі. Він виконує такі функції:

- регуляція пози і м'язового тонузу;
- координація рівноваги і цілеспрямованих рухів;
- координація швидких цілеспрямованих рухів, які виконуються за командою кори великих півкуль.

Крім управління рухами, мозочок бере участь у регуляції роботи внутрішніх органів. Його подразнення викликає ряд вегетативних рефлексів, наприклад, розширення зіниць, підвищення артеріального тиску тощо. Коли видалити мозочок, то порушується серцево-судинна діяльність, дихання, моторика і секреція органів травлення. На м'язову систему це впливає через:

- атонію – послаблення м'язового тонузу;
- астенію – слабкість і швидка втома м'язів;
- астазію – здатність м'язів до коливання і двигіння, м'язовий тремор.

Видалення мозочка негативно впливає на координацію рухів. Програма складних рухів начебто розпадається на окремі компоненти. Для того, щоб доторкнутися до кінчика носа кінчиком пальця, людині з хворим мозочком потрібно зробити три окремих рухи. Для пошкодженого мозочка характерна втрата розмірності рухів, деформування ходи, неможливість виконувати швидкі послідовні рухи, наприклад, згинання і розгинання пальців.

☑ Середній мозок формується з середнього мозкового пухиря і розташований попереду моста і мозочка.

До нього відносяться:

- водопровід мозку;
- ніжки мозку;
- ядра III і IV пар черепних нервів;
- покриття середнього мозку;
- червоні ядра;
- чорна речовина.

Середній мозок має порожнину, яку називають водопроводом мозку. Він сполучає мозкові порожнини (шлуночки) і забезпечує рух спинномозкової рідини. Через ніжки мозку проходять висхідні і низхідні шляхи, які об'єднують передній мозок і нижні відділи центральної нервової системи. На покритті середнього мозку виділяють чотири горбики – чотирьохгорбчатість. Тут розташовані підкоркові центри зору (на верхніх) та слуху (на нижніх). Вони забезпечують рефлекторні реакції на світлові і слухові подразнення (регуляція просвіту зіниці, акомодация, рух очей, обертання голови у бік слухового подразнення тощо). Ця ділянка має досить древнє походження. У риб і амфібій два верхні горбики є головним центром зору. Червоні ядра і чорна речовина тісно пов'язані з роботою довгастого мозку, мозочка і спинного мозку. Вони беруть участь у регуляції м'язового тону, рефлекторному збереженні положення тіла у просторі, впливають на всю скелетну мускулатуру, регулюючи несвідомі рухи. Особливо велика роль середнього мозку в регуляції зорових рухів. Порушення синтезу медіаторів чорної субстанції викликає важке захворювання – хворобу Паркінсона. Вона проявляється у тремтінні м'язів, порушенні мимічної мускулатури, розладі тонких скоординованих рухів. Крім того, чорна речовина бере участь у регуляції вегетативних функцій – жування, ковтання, дихання тощо.

Передній відділ – найбільша частина головного мозку людини. Він походить від нюхових виростів мозкової трубки і поділяється на два відділи:

- проміжний мозок;

- кінцевий мозок.

☑ Проміжний мозок – це частина головного мозку хребетних, яка складається з великої кількості взаємозв'язаних ядер і розвивається у процесі ембріогенезу з переднього мозкового пухиря.

Знизу і ззаду передній мозок межує з середнім. Зовнішня його межа представлена білою речовиною. Проміжний мозок розташований безпосередньо під корою великих півкуль і функціонує під її контролем. Це своєрідний колектор всіх видів чутливості і найважливіший пункт докоркової інтеграції різних систем мозку. Він включає:

- епіталамус;
- таламус;
- гіпоталамус.

До складу епіталамуса входить залоза внутрішньої секреції епіфіз (шишкоподібна залоза). Таламус, або зоровий горбик, являє собою овальне скупчення сірої речовини.

☑ Таламус – це велике підкіркове утворення, через яке у кору великих півкуль входять аферентні шляхи.

До його складу входить більше 40 ядер. Тут відбувається переключення інформації, яку отримують від сенсорних систем, на кінцеві нейрони. За виразом американського фізіолога А. К. Уолкера, “таламус є посередником, у якому сходяться всі подразнення від зовнішнього світу і, видозмінюючись тут, направляються у підкіркові й кіркові центри”.

Гіпоталамус розташований під таламусом, тому його називають підгорб'ям. Гіпоталамус містить багато ядер. До його складу входить гіпофіз – головна залоза внутрішньої секреції. Це дуже древній відділ головного мозку.

☑ Гіпоталамус відіграє важливу роль у підтримуванні гомеостазу і забезпеченні взаємозв'язку між ендокринною, вегетативною і соматичною системами організму.

Тут розташований центр терморегуляції і теплопродукції. Пошкодження цієї ділянки мозку у кицьки перетворює теплокровну тварину на холоднокровну. Подразнення окремих відділів гіпоталамуса може викликати поведінку, спрямовану на виживання особини. Наприклад, харчову поведінку. В 1951 р. Б. Ананд і Д. Бробек встановили, що у гіпоталамусі є центр голоду. При його руйнуванні розвивається анорексія (відсутність бажання їсти). У гіпоталамусі розташований нервовий центр, стимулювання якого викликає відчуття задоволення. Коли у піддослідних тварин є можливість самостійно його подразнювати, то частота таких імпульсів може сягати 5000 подразнень на годину. У

людини подразнення аналогічних центрів викликає відчуття радості, задоволення, які супроводжуються еротичними переживаннями. Гіпоталамус визначає правильну періодичність функцій, зв'язаних з розмноженням, відповідає за агресивну поведінку. Як регуляторний центр, гіпоталамус впливає на чергування сну і бадьорості. Це лише короткий перелік різноманітних функцій, які виконує цей відділ головного мозку.

☑ Кінцевий мозок вкриває собою більшу частину мозку людини.

Кінцевий мозок іноді називають великим мозком. Він складається з таких частин:

- двох півкуль, покритих мозковим плащем (новою корою);
- мозолистого тіла, яке складається з нервових волокон, що з'єднують півкулі між собою.

Кінцевий відділ у процесі свого розвитку пройшов декілька стадій утворення кори. Тому розрізняють древню, стару та нову кору.

☑ Об'єднання, яке включає старі відділи кори переднього мозку і підкоркові структури, називають лімбічною системою.

Лімбічна система характеризується великою кількістю двосторонніх зв'язків з іншими відділами мозку і всередині самої структури. Вона тісно зв'язана з гіпоталамусом. Дослідження функцій лімбічної системи хребетних розпочалися у середині ХХ століття. Вони показали, що подразнення окремих відділів викликає різноманітні вегетативні ефекти і впливає на діяльність внутрішніх органів. Всі ці реакції можуть мати як стимулюючий, так і пригнічуючий напрямок. Лімбічна система визначає знак реакції гіпоталамуса. Таким чином формується багатоповерхове ієрархічне управління вегетативною сферою організму. Лімбічна система відповідає за вроджену поведінку та емоції людини. Вона змінює гормональний фон, підсилюючи чи ослаблюючи емоційні чинники поведінки. Пошкодження цієї зони мозку викликає втрату короточасної пам'яті.

Кора кожної півкулі – це сіра речовина завтовшки 1,3–4,5 мм. Півкулі розділяються великою повздовжньою щільною на праву і ліву. Характерною особливістю кори великих півкуль є дуже виражена складчастість, рельєф якої носить індивідуальний характер. Випини на поверхні великого мозку називають закрутками. Борозни поверхні мають різну глибину. Найбільші з них розмежовують специфічні функціональні ділянки – частки (долі):

- потиличні;
- тім'яні;
- скроневі;

- лобові.

Завдяки численним складкам, борознам, звивинам і закруткам площа кори великих півкуль становить 2200–2500 см² (це квадрат зі стороною 47–50 см). Тут міститься 14–17 млрд. різноманітних за формою і функціями клітин, які утворюють 6 шарів. За густиною розташування нейронів і їх формою кору поділяють на 50 полів. Цей поділ відповідає функціональним особливостям кори (рис. 2.35).

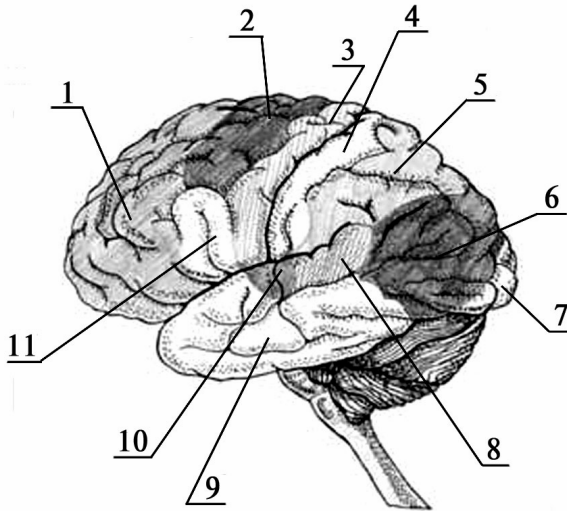


Рис. 2.35. Кіркові поля

- | | |
|--|--|
| 1 – лобова кора (аналітичне мислення); | 7 – первинна зорова кора; |
| 2 – премоторна кора; | 8 – зона Верніке (загальна інтерпретація); |
| 3 – моторна кора; | 9 – слухова асоціативна кора; |
| 4 – первинна соматосенсорна кора; | 10 – первинна слухова кора; |
| 5 – соматосенсорна асоціативна кора; | 11 – зона Брока (усна мова). |
| 6 – зорова асоціативна кора; | |

Уявлення про розташування функціональних центрів у корі великого мозку пов'язане з поняттям про кіркові центри.

Кірковий центр – це місце розташування мозкового кінця будь-якого зовнішнього чи внутрішнього подразнення.

При подразненні, ураженні або вилученні тієї чи іншої частини кори виникають певні відповіді, пов'язані з специфічною функціональністю окремих полів. Тобто, наявність структурно різноманітних ділянок кори головного мозку передбачає здійснення певних функцій. Так, наприклад, у потиличних частках локалізована зорова область. У кож-

ну півкулю проєктуються половини сітківки (у ліву півкулю – праві, а у праву – ліві). Суміщення зорових полів обох очей забезпечує бінокулярність зору. Слухова зона приурочена до верхньої половини тім'яної долі. Але більша частина кори, яку називають “асоціативною”, аналізує та інтерпретує інформацію, отриману від сенсорних ділянок, допомагає координувати довільні рухи. Неможливо точно локалізувати також ділянки, які відповідають за свідомість і навчання.

Робота головного мозку людини – надзвичайно складний процес, який на сьогодні вивчений недостатньо. Завдяки головному мозку людина, як і будь-який живий організм реагує на зміни умов існування.

☑ Поведінка – це здатність тварин і людини змінювати свої дії та реагувати на вплив внутрішніх та зовнішніх факторів.

Вона включає процеси, за допомогою яких тварина або людина відчуває зовнішній світ та стан свого тіла і реагує на них. Різноманітні форми поведінки прийнято поділяти на:

- вроджену – проявляється без попереднього навчання;
- набуту – формується у процесі індивідуального розвитку.

Великий вклад у дослідження діяльності центральної нервової системи і поведінки внесли роботи видатних фізіологів І. М. Сеченова і І. П. Павлова. Останній поділяв нервову діяльність людини на:

- нижчу, зумовлену безумовними рефlekсами;
- вищу – сукупність умовних рефlekсів.

☑ Сукупність складних безумовних спадково закріплених рефlekсів називають інстинктами.

Інстинкти лежать у основі вродженої пристосувальної поведінки. Вони видоспецифічні – незмінні у всіх представників даного виду. Вони відносно постійні, стереотипно проявляються у відповідь на адекватне подразнення відповідного рецепторного поля. Безумовні рефlekси забезпечують координовану діяльність, спрямовану на підтримання сталості багатьох параметрів внутрішнього середовища, взаємодію організму з довкіллям.

Але в реальних умовах генетично задані форми поведінки недостатні для того, щоб забезпечити активне існування особини у середовищі, яке постійно змінюється. Індивідуальний досвід набувається різними шляхами. В його основі лежить загальна здатність живих організмів до навчання.

☑ У нейробіології під навчанням розуміють процес появи адаптивних змін індивідуальної поведінки внаслідок набування досвіду.

Матеріальною основою навчання є умовні рефlekси, які набуваються і закріплюються у процесі індивідуального життєвого досвіду.

Виконання тієї чи іншої програми поведінки визначається психофізіологічними механізмами, які мають складну нейро-гормональну природу.

Сенсорні системи

Сприйняття і аналіз стану навколишнього середовища – надзвичайно важлива властивість усіх живих істот. Саме завдяки їй організм здатний адекватно відповідати на зміни довкілля і пристосовуватись до них. У вищих тварин і людини ці функції виконує складний комплекс, об'єднаний у понятті аналізатора.

☑ Аналізатор або сенсорна система – це система, що забезпечує сприйняття і переробку інформації щодо явищ довкілля і внутрішнього середовища організму.

Вся сукупність аналізаторів об'єднується у загальну сенсорну систему організму. У людини та вищих тварин розрізняють такі основні аналізатори:

- зору;
- слуху;
- смаку;
- нюху;
- дотику.

Крім п'яти основних, є ще інші аналізатори – рівноваги, температури, руху, спраги, голоду тощо. Існують ще змішані відчуття, які важко визначити і у яких важко виділити окрему компоненту.

Діяльність будь-якої сенсорної системи розпочинається зі сприйняття рецепторами зовнішньої для мозку фізичної чи хімічної енергії, трансформації її у нервові імпульси і передачі їх у мозок через нервові ланцюжки, які утворюють ряд рівнів. Рецепторам належить важлива роль у отриманні інформації про зовнішнє і внутрішнє середовище. Процес передачі сенсорного подразнення супроводжується багатоступеневим перетворенням і перекодуванням й завершується загальним аналізом та синтезом, який називають розпізнаванням образу. Після цього відбувається вибір або розробка програми відповіді. Без інформації, яка поступає у мозок, не можуть виконуватись прості і складні рефлекторні акти, аж до психічної діяльності людини.

Будова ока і зір

Зір для багатьох тварин і людини є одним з основних способів просторової орієнтації на відстані. За його допомогою живі організми отримують інформацію не лише про зміну дня і ночі, але й детальне зображення навколишнього середовища. В основі фотобіологічних процесів лежать специфічні хімічні реакції, для виконання яких потрібна енергія, що надходить зі Всесвіту, в першу чергу, від Сонця. Вона поступає у вигляді електромагнітного випромінювання. Швидкість розповсюдження світла надзвичайно велика – 300000 км/сек, але його

спектр дуже різноманітний. Випромінювання з довжиною хвилі коротше 300 нм (гамма-випромінювання, рентгенівські хвилі, ультрафіолетове випромінювання) може викликати пошкодження біологічних молекул. Як правило, воно шкідливе для живих істот. Довгохвильове випромінювання з довжиною хвилі більше 900 нм має занадто низьку енергію і, у більшості випадків, не сприймається зоровими рецепторами.

☑ Проміжок електромагнітних хвиль з довжиною від 300 до 800 нм називають видимим світлом, яке забезпечує всі фізіологічні реакції живих організмів, включно інформаційні, де світло використовується для отримання інформації про довкілля.

У різних тварин різні робочі інтервали видимого світла. Наприклад, у бджоли – від 300 до 650 нм, у людини – від 400 до 750 нм, у мешканців водного середовища – від 500 до 600 нм.

Найпростіший вид світосприйняття – це здатність розрізняти світло від темряви. Такі реакції називають фототаксисом або фототропізмом. Цю властивість мають навіть одноклітинні організми. Наприклад, евглена зелена має цитоплазматичні мембранні структури, які містять чутливі до світла пігменти. Їх подразнення призводить до зміни ферментативних систем, які забезпечують рухову активність, направлену до джерела світла.

У більшості багатоклітинних організмів з'являються спеціальні пристосування для сприйняття не лише загальних світлових подразнень, але і їх чіткої інтерпретації. Цю властивість називають фоторецепцією або просто зором. Орган зору у савців побудований за камерним типом (рис. 2.36). Очне яблуко має три оболонки:

- зовнішню волокнисту, в якій розрізняють прозору опуклу рогівку і непрозору білу склеру;
- середню судинну, яка складається з райдужки, війкового тіла і власне судинної оболонки;
- внутрішню сітківку, на задній частині якої формується зображення.

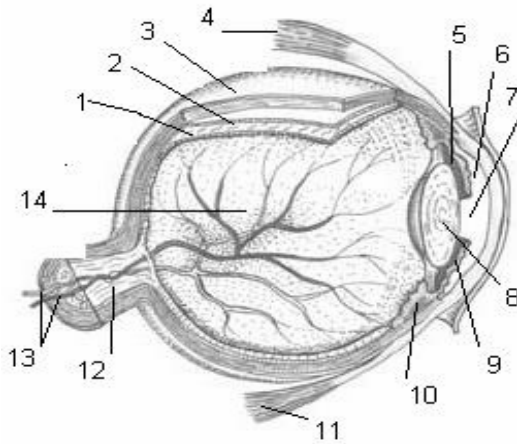


Рис. 2.36. Будова ока

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1 – сітківка; | 8 – кришталик; |
| 2 – судинна оболонка; | 9 – райдужка; |
| 3 – склера; | 10 – війковий м'яз; |
| 4 – прямий медіальний м'яз; | 11 – прямий латеральний м'яз; |
| 5 – задня камера ока; | 12 – зоровий нерв; |
| 6 – передня камера ока; | 13 – кровоносні судини сітківки; |
| 7 – зіниця; | 14 – порожнина, заповнена склистим тілом. |

Внутрішній простір ока заповнений прозорим оптично однорідним гелем – склистим тілом. Воно забезпечує внутрішньоочний тиск, необхідний для підтримки сталої форми очного яблука.

☑ Рогівка, кришталик і зіниця – це основні елементи оптичної системи ока, які забезпечують переломлення світла.

Рогівка – це прозора частина волокнистої оболонки ока. Вона розташована у передній частині очного яблука. За нею знаходиться прозора лінза – кришталик. Скорочення і розслаблення війчастого тіла приводить до зміни кривизни кришталіка. Завдяки цьому око здатне розрізняти далекі й близькі предмети.

☑ Акомодация – зміна кривизни кришталіка, яка автоматично змінює кут проходження світлових променів і забезпечує фокусування зображення на сітківці.

Здатність до акомодации дає змогу розрізняти близькі та віддалені предмети. Спазм та атрофія акомодацийних м'язів викликає короткозорість – нездатність чітко розрізняти віддалені предмети.

Райдужка, яка визначає колір очей, розташована безпосередньо перед кришталіком, має отвір – зіницю. Вона виконує функції діафраг-

ми. Розширення та звуження зіниці регулює інтенсивність світлового потоку, який потрапляє на сітківку.

Оптична система ока створює зображення об'єктів навколишнього світу у вигляді розподілу освітлення на внутрішній оболонці ока – сітківці.

Сітківка – це світлочутливий шар, який складається із фоторецепторів і декількох типів нейронів.

У сітківці є два типи фотосенсорних (світлочутливих) рецепторів:

- палички – вони дають змогу відрізнити світло від темряви, визначати форму та переміщення об'єкта;
- колбочки – відповідають за розпізнавання кольору зображення.

Палички містять лише один світлочутливий пігмент. Колбочки бувають трьох типів, чутливі, окремо, до синього, зеленого та червоного кольорів. Відповідні пігменти реагують на світло певної довжини хвилі. Різна комбінація подразнень забезпечує сприйняття всієї гами кольорів довкілля. Очне яблуко містить майже 100 мільйонів паличок і близько 3 мільйонів колбочок. Аксони світлочутливих нейронів збираються у зоровий нерв. Місце на сітківці, де збираються аксони зорового нерва, називається сліпою плямою. У цій точці немає фотосенсорних клітин.

Система лінз ока хребетних дає на поверхні сітківки зменшене і перевернуте зображення. Поле зору одного ока перекриває поле зору другого. Це забезпечує сприйняття об'єму предмета. Зорові нерви, які відходять від правого і лівого ока, перехрещуються у зоровому перехресті біля основи мозку. При цьому вони розподіляються так, що інформація про праву частину зображення з обох очей надходить до лівої півкулі, а інформація про ліву – до правої півкулі головного мозку. У зоровій зоні кори великих півкуль зображення трансформуються з обернених на прямі і формуються зорові відчуття.

Існують три головні аномалії переломлення світлових променів (рефракції) в оці:

- короткозорість (міопія);
- далекозорість (гіперметропія);
- стареча далекозорість (пресбіопія).

Загальний принцип всіх цих дефектів зору полягає у тому, що переломлення світла і довжина очного яблука не співвідносяться між собою і найбільш чітке зображення потрапляє за межі сітківки або до неї не доходить.

Будова вуха і слух

Звук як фізичне явище – це коливні рухи пружного середовища. Слух нерозривно пов'язаний з різними за своїм походженням звуками. Звукові хвилі досить часто пов'язані з іншими механічними явищами, які можуть пошкодити або, навіть, повністю знищити живу істоту (вибухи, обвали тощо). Саме тому розвиток і становлення органів слуху стали необхідною складовою частиною виживання у різноманітних умовах довкілля. У примітивних водних істот сприйняття хвильових коливань відбувалося через усе тіло або за допомогою спеціалізованих клітин. Це забезпечувалося досить високою пружністю водного середовища. У наземних живих організмів виник і поступово вдосконалювався спеціалізований орган слуху. Поступово звуки стали оцінюватися не лише як сигнали про небезпеку, але перетворилися у важливу форму інформаційного обміну між окремими особинами як одного, так і різних видів. Враховуючи фізіологічні особливості сприйняття звуку людським вухом, звукові коливання поділяють на:

- інфразвуки (дозвукові) – це коливання з частотами менше 20 Гц;
- звуки (звукові) – це коливання з частотами від 20 до 20000 Гц;
- ультразвуки (надзвукові) – це коливання з частотами вище 20 кГц.

Швидкість розповсюдження звуку залежить від пружних властивостей середовища, через яке проходить хвиля, і, у меншому ступені, від температури та інших чинників. Наприклад, у повітрі при температурі 18°C вона становить приблизно 340 м/сек, а у морській воді при 0°C – 1550 м/сек.

Серед наземних безхребетних відносно розвинену систему сприйняття звуків мають лише членистоногі, особливо комахи. Вони розрізняють звукові коливання через спеціалізовані органи, розташовані у різних частинах тіла. Як правило, це волоскові утворення, які мають дугоподібну або хвилясту форму.

У хребетних слухові рецептори розташовані у внутрішньому вусі або лабіринті. Виникнення лабіринту, як замкнутої системи, розташованої глибоко під шкірою голови, можна розглядати як значний прогрес у еволюційному розвитку. Досить добре розвинений лабіринт спостерігається уже у відносно примітивних водних хребетних – круглоротих. У первинноводних (круглороті, риби) та земноводних у сприйманні звукових коливань беруть участь також рецептори бокової лінії. У рептилій, птахів і ссавців для сприймання звуків існує спеціальний орган – завитка. У ссавців, до того ж, з'являється зовнішнє вухо, що дає можливість краще визначати джерело звуку.

Орган слуху людини поділяється на зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо (рис. 2.37).

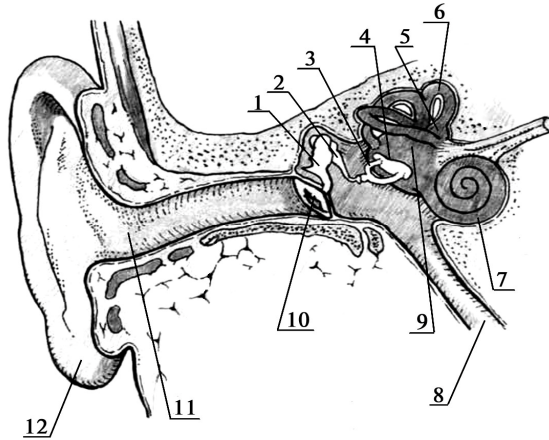


Рис. 2.37. Будова вуха:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1 – молоточок; | 7 – завитка; |
| 2 – коваделко; | 8 – слухова (евстахієва) труба; |
| 3 – стремінце; | 9 – присінок; |
| 4 – овальне вікно; | 10 – барабанна перетинка; |
| 5 – ампула; | 11 – зовнішній слуховий хід; |
| 6 – півколові канали; | 12 – вушна мушля. |

☑ Зовнішнє вухо людини – це вушна мушля (раковина) та слуховий прохід.

Вушна мушля спрямовує звукові хвилі по слуховому проходу до барабанної перетинки, розташованої на межі зовнішнього та середнього вуха. Саме вона сприймає коливання, спричинені акустичною енергією. Крім того, у зовнішньому вусі є волосини і залози, які виробляють сірку. Це захищає вуха від різноманітних пошкоджень.

☑ Середнє вуха – це заповнена повітрям порожнина у скроневій кістці між барабанною перетинкою і внутрішнім вухом.

Головними компонентами середнього вуха, що сприймають звук, є три слухові кістки – молоточок, коваделко і стремінце. Це найменші кісточки людського тіла. Молоточок вільним кінцем упирається у барабанну перетинку, а стремінце – у овальне вікно, розташоване на межі середнього і внутрішнього вуха. Перша функція слухових кісточок полягає у тому, що вони передають звукові коливання з повітряного середовища у рідке середовище перилімфи внутрішнього вуха. Завдяки тому, що площа основи стремінця значно менша площі барабанної перетинки, а також завдяки особливому поєднанню слухових кісточок, які діють як важелі, тиск на мембрані овального вікна стає приблизно у

20 разів більшим, ніж на барабанній перетинці. Цей механізм відіграє важливу роль при забезпеченні ефективності передачі акустичної енергії з повітряного зовнішнього середовища у рідке внутрішнє середовище. Друга функція слухових кісточок пов'язана зі здатністю змінювати характер коливань при великій інтенсивності звуку. При збільшенні звукового тиску понад 120 дБ (над порогом звукосприйняття) характер рухів кісточок змінюється, що призводить до неприємних больових відчуттів. Рефлекторне скорочення м'язів середнього вуха призводить до зменшення амплітуди коливань барабанної перетинки і слухових кісточок, що захищає орган слуху від ушкоджень.

☑ Внутрішнє вухо або лабіринт складається з системи перетинчастих каналів, які мають кісткову основу.

Його частина, яка сприймає звук, нагадує черепашку слимака, а називають її завиткою. Завитка – це спірально закручений кістковий канал, злегка піднятий біля верхівки. У людини завитка має 2,5 оберти, у кішки – 3, у качконоса і єхидни – лише 0,25. Всередині завитки проходить три заповнені рідиною канали – пристінкові сходи, спіральний (кортіїв) орган і барабанні сходи.

☑ Кортіїв орган – це частина завитки, у якій розташовані клітини, що сприймають звукові коливання.

Кортіїв орган локалізований на базальній мембрані. До неї прилягають підтримуючі клітини, на яких рядами розташовані чутливі рецепторні волоскові клітини. Кожна рецепторна клітина на верхівці має пучок тонесеньких ниток які, контактують з розміщеною над ними покривною мембраною. Базальна мембрана різна за товщиною. Поблизу овального вікна (у найширшому місці завитки) її товщина становить 0,04 мм, а поблизу вершини (у найвужчому місці) – 0,5 мм. Під час коливання базальної мембрани клітини зміщують своє положення стосовно покривної мембрани, що спричинює їх подразнення. Завдяки різній товщині мембрани на початку завитки сприймаються високі звуки, а на вершині – низькі. За сучасними уявленнями, звук по базальній мембрані розповсюджується за принципом хвилі, що біжить у напрямку від основи завитки до її вершини. Ця хвиля має максимальну амплітуду у певному визначеному місці, де відбувається перетворення механічного коливання у електричний сигнал нервового імпульсу. Відростки нейронів збираються у слуховий (кохлеарний) нерв, який передає збудження до центральної нервової системи. Волокна кохлеарного нерва підходять до довгастого мозку. У його кохлеарному ядрі вони передають збудження на ланцюжок вставних нейронів, які поступово через середній мозок і таламус проводять імпульси у слухову зону кори великих півкуль (скроневі доли). Слухова кора відповідає за

розпізнавання складних звуків. Тут співвідносяться їх частота і сила. Саме у асоціативній частині слухової зони кори інтерпретується зміст почутого.

Нормальне функціонування органу слуху залежить від багатьох чинників. Важливу роль для нормального розпізнавання звуків відіграє анатомічна цілісність всіх компонентів вуха. Їх пошкодження може бути наслідком спадкових аномалій розвитку, інфекцій, механічних пошкоджень. Причиною порушення слуху можуть стати надмірні звуки. Розрізняють два типи глухоти (зниження слуху):

- Кондуктивна глухота – це наслідок порушень звукопроведення до внутрішнього вуха (надлишок сірки, пошкодження барабанної перетинки тощо).
- Сенсоневральна глухота виникає тоді, коли нервові імпульси слабо проводяться через ушкодження внутрішнього вуха або слухового нерва.

Кондуктивна глухота ефективно лікується за допомогою промивання вуха або різних ліків. Сенсоневральна глухота, зазвичай, не виліковується. Покращити сприймання звуків можуть спеціальні слухові протези (імплантати).

Вестибулярний апарат

Всі живі організми, що населяють Землю, розвиваються в умовах постійної дії на них сил тяжіння. Це змушує їх займати певне положення у гравітаційному полі.

☑ Вестибулярний апарат (орган рівноваги, гравірецептор) – це спеціальний датчик положення тіла тварин у тривимірному просторі. Крім вестибулярного апарата для просторової орієнтації організму велике значення мають також зорові сприйняття і численні рецептори, розташовані у опорно-руховій системі.

Орган рівноваги у тварин зазнав певного еволюційного розвитку, але принцип його дії практично однаковий у більшості живих істот. Він складається з двох частин:

- отоліт (“пробна маса”) – компактна речовина, яка має більшу або меншу здатність до переміщення в межах органу рівноваги;
- система рецепторів, які сприймають зміну положення отоліту.

Орган рівноваги людини розташований у внутрішньому вусі. У лабіринті, крім завитки, є три півколові канали. Це кісткові утворення, розміщені у трьох взаємно перпендикулярних площинах, які вистелені тканинною перетинкою. Півколові канали заповнені рідиною. Між кістковою основою і перетинкою знаходиться перилімфа, а в середині

– ендолімфа. Кожен півколовий канал має розширення (ампулу), мішечок і маточку.

☑ Гравітаційні рецептори – це клітини, які мають волоскоподібні вирости, занурені у дриглясту желатинозну рідину.

У ампулі розташовані ампульні гребінці (кристи). Вони мають вигляд конусів. Рецептори крист реагують на обертальні рухи. Під час обертання рідина у каналах рухається, зміщуючи желатинозний купол і збуджуючи волоскові клітини. У мішечках і маточках знаходяться чутливі ділянки – плями (макули). На відміну від крист, макули плоскі. Желатинозна речовина (отолітова мембрана) також сплюснена. Плями контролюють положення голови відносно тіла. Коли нахилити голову, то отолітова мембрана, під дією земного тяжіння, зміщується, подразнюючи волоскові клітини.

Аксони, по яких потенціал дії від волоскових клітин передається до центральної нервової системи, утворюють вестибулярну частину VIII пари черепно-мозкових нервів. У подальшому збудження проходять до довгастого мозку. Вестибулярні ядра довгастого мозку зв'язані зі всіма відділами нервової системи: спинним мозком, мозочком, корою великих півкуль, вегетативною нервовою системою тощо.

У людини чутливість вестибулярної системи дуже висока. Порогом чутливості для ампульних гребінців є прискорення всього лише 2–3 см/сек². Порогове значення для нахилу голови у сторону становить близько 1°, а вперед і назад – 1,5–2°. Крім того, як показали дослідження, проведені у космосі, вестибулярний апарат людини досить швидко адаптується до нових незвичних умов.

Смак, нюх, біль, температурна і тактильна чутливість

Живі організми еволюціонували у оточенні хімічного середовища. Здатність розрізняти його особливості є однією з найдревніших властивостей тварин. Будь-яке середовище мешкання характеризується конкретними хімічними властивостями.

☑ Хеморецепція – це здатність до сприйняття хімічних подразнень з навколишнього середовища.

Хеморецепція відіграє значну роль у житті тварин. Вона допомагає у пошуках їжі, знаходженні особин протилежної статі, розпізнаванні особин свого виду, визначенні місць для мешкання і розмноження тощо. Особливо велике значення хеморецепція має у процесі обміну інформацією між особинами одного виду. Це передача сигналів тривоги, агресивності, готовності до розмноження. Безумовно велику роль відіграє хеморецепція і в житті людини. Вона надає інформацію про якість

їжі, середовища, наявності токсичних речовин тощо. Ці стимули певним чином впливають на емоційну сферу і модифікують поведінку.

Хімічну чутливість живих організмів можна поділити на три основні категорії:

- загальну хімічну чутливість;
- смак;
- нюх.

Залежно від цих категорій хімічні рецептори розподіляють на три групи:

- рецептори загального хімічного відчуття;
- контактні або смакові рецептори;
- дистантні або нюхові рецептори.

Рецептори загального хімічного відчуття малочутливі і малоспецифічні. Їх подразнення викликає захисні реакції. Цей вид хеморецепції властивий нижчим тваринам і практично відсутній у людини.

Контактні або смакові рецептори реагують на збудження, які поступають від розчинних речовин. Будь-яка смакова чутливість є результатом певних хімічних явищ. Язик, як особливий орган смакової хеморецепції, властивий ссавцям. У комах смакові рецептори знаходяться на ногах, а у риби – розкидані по всьому тілу.

Язик дорослої людини має довжину близько 10 см і містить майже 9000 смакових сосочків, кожен з яких складається з 50–100 спеціалізованих епітеліальних клітин, які з'єднані з меншим числом нервових закінчень. У дорослої людини більша частина смакових бруньок зосереджена на периферії язика (рис. 2.38). З віком їх кількість зменшується, особливо після 45 років.

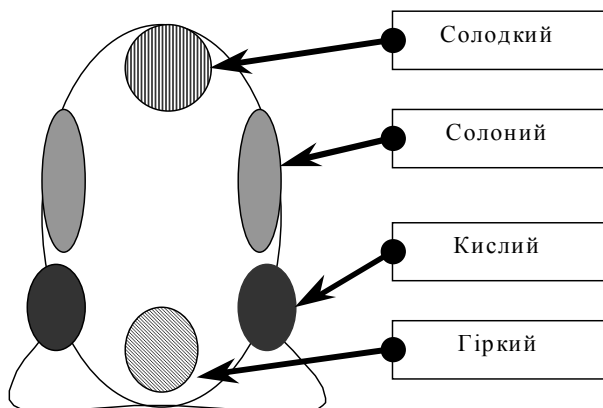


Рис. 2.38. Схема розташування смакових ділянок на язиці людини

Необхідною умовою відчуття смаку солодкої, гіркої та кислої речовини є її розчинність у воді. Тільки у вигляді розчину речовина може потрапити у смакові бруньки.

Вважається, що здатність розрізняти солодкий та гіркий смаки виникла як захисна реакція. Солодкий смак типовий для стиглих плодів рослин, адже їх дозрівання супроводжується зниженням кислотності і накопиченням значної кількості вуглеводів. На відміну від інших тварин, у кішок кількість рецепторів солодкого смаку дуже мала, тому це одна з небагатьох тварин, яка не любить солодкої їжі. Розпізнавання солодкого смаку – це реакція за типом „ключ – замок” між солодкою речовиною і білком-рецептором. Ось чому існують речовини – замінники цукру. Солодкий смак мають також розчини солей деяких металів. Навіть дуже слабенький розчин харчової солі може здаватися солодкуватим. Гіркий смак властивий багатьом рослинним отрутам, особливо алкалоїдам (нітрогенвмісним сполукам). Про те, що гіркий смак – це сигнал про небезпеку, свідчить те, що лише дуже обмежена кількість гірких речовин може приносити людині задоволення (кофеїн, хінін). У рептилій здатність відчувати гіркий смак відсутня. Деякі вчені навіть вважають це однією з причин вимирання динозаврів. Про природу гіркої рецептора відомо мало.

Кислий рецептор реагує на присутність іонів H^+ . Вважають, що білки-рецептори, які його сприймають, мають особливо багато карбок-

салатних груп, які у кислому середовищі знову перетворюються у карбоксильні.

Їдкий і пряний смак – це варіант хімічного моделювання болю. Багато спецій стимулюють больові нервові закінчення у роті. Це викликає у мозку вироблення власних анальгетиків – ендорфінів та енкефалінів, дія яких нагадує дію опіатів (сполук опію). М'ятний смак (відчуття охолодження, свіжості від вживання ментолових цукерок) – це результат того, що ментол подразнює терморецептори. У його присутності вони активуються при більш високій температурі, ніж завжди.

Нервові закінчення, які утворюють синаптичні зв'язки з рецепторними клітинами смакових бруньок, входять до складу чотирьох пар черепно-мозкових нервів:

- трійчастого (V пара);
- лицьового (VII пара);
- язико-горлового (IX пара);
- блукаючого (X пара).

Центральні відростки смакових аферентних волокон утворюють центральні синапси у довгастому мозку. По висхідних шляхах подразнення направляються у таламус і у кору великих півкуль.

Дистантна хеморецепція у хребетних тварин і людини представлена нюховою чутливістю, периферійний відділ цього аналізатора – нюхова вистилка у порожнині носа. Вона невелика за розмірами (наприклад, у людини – близько 5 см²). Цей чутливий епітелій у хребетних має товщину від 30 до 200 мкм. Він складається з клітин трьох типів:

- підтримуючих;
- базальних;
- рецепторних.

Підтримуючі клітини утворюють основну масу епітелію. Серед них розташовані рецептори. Базальні клітини ніколи не виходять на поверхню епітелію. Нюхові рецептори – це клітини джгутикового типу. Припускають, що первинні процеси хеморецепції відбуваються на мембранах джгутиків (волоскоподібних відростків клітин). Доказом цього є те, що їх пошкодження призводить до втрати нюху. Молекули пахучих речовин, розчиняючись у слизові носової порожнини, подразнюють джгутики, що призводить до генерації нервових імпульсів. Таким чином, запах, на відміну від інших видів подразнень, сприймається безпосередньо нервовими закінченнями. Між подразненням і сприйняттям сигналу немає механізму його перетворення. Головний мозок має безпосередні виходи до навколишнього середовища. Відростки нюхових рецепторних клітин досягають нюхових цибулин, де

формуються синапси з клітинами нюхових трактів. Через ці тракти здійснюється зв'язок із нюховими ділянками головного мозку.

Нюхові рецептори надзвичайно чутливі. Людина здатна розрізняти більше ніж 10000 нюхових відчуттів. Запах надзвичайно специфічний. Кількість структур, здатних сприймати запахи, з віком зменшується. Ось чому діти мають більш чутливий нюх, ніж дорослі. Деякі ссавці, порівняно з людиною, мають ще гостріший нюх. Механізми сприйняття і розпізнавання запахів ще недостатньо вивчені. Для того, щоб речовина викликала відчуття запаху, необхідно, щоб вона була леткою і розчинною. Крім того, осмофор (ароматична речовина) має взаємодіяти з білковими молекулами, які знаходяться у нервових закінченнях. Вчені припускають, що можливі два механізми сприйняття запаху. Неспецифічні (їдкий і гнилісний) запахи сприймаються тоді, коли відповідні молекули проникають у клітини рецепторів. Специфічні запахи сприймаються за механізмом “ключ – замок”.

Соматична сенсорна чутливість хребетних розрізняє три типи подразнень:

- больові (ноцицептивна рецепція);
- температурні (терморекцепція);
- механічні (механорецепція або тактильна рецепція).

Рецептори, які сприймають такі види подразнень, знаходяться у різних ділянках тіла, але значна їх кількість розташована у шкірі. Ця здатність до сприймання подразнень є однією з її найважливіших властивостей. Через зовнішній покрив тварини отримують інформацію про зміни фізичного стану середовища, про вплив з боку інших живих організмів та різноманітних предметів.

Ноцицептивна рецепція або больова чутливість – це важлива захисна реакція організму.

Больові рецептори реагують на різкі зміни температури, тиску, на концентрацію речовин, які виділяють ушкоджені клітини. Головною причиною виникнення болю є порушення метаболізму клітини і зміна рН середовища. Головними больовими рецепторами шкіри є вільні безмієлінові нервові закінчення. Таким чином, біль, як і запах, сприймається безпосередньо. Зі щоденного досвіду відомо, що біль буває різним. При короткому сильному подразненні спочатку з'являється відчуття тиску, а потім гострого болю. Буває також тупий, тривалий біль. Вважають, що це відбувається, з одного боку, через різну швидкість проходження больових імпульсів по волокнах, а з іншого – через участь у сприйнятті болю двох різних відділів нервової системи. Для больових подразнень характерна також наявність чіткого порогу, з якого розпочинається їх сприйняття. У відчутті болю відсутнє явище

звикання. Це ще раз вказує на захисний характер цього відчуття. Крім шкіри, больові рецептори розташовані також у внутрішніх органах. Досить часто вони утворюють щільні сітки і сплетіння.

☑ Температурні рецептори об'єднують рецептори шкіри і внутрішніх органів, а також термочутливі нейрони, які знаходяться у всьому тілі людини і хребетних тварин.

Тепло і холод сприймаються рецепторами різних типів, які, відповідно, називають тепловими і холодowymi. Діяльність терморекцепторів у людини і тварин з постійною температурою тіла характеризується виявленням змін температури середовища відносно температури тіла. Все, що вище температури тіла, сприймається як тепле, а все, що нижче, – як холодне. Експерименти на тваринах показали, що теплові рецептори практично не реагують на температуру до $+37^{\circ}\text{C}$, а потім їх активність різко зростає (рис. 2.39). В області $+43^{\circ}\text{C}$ спостерігається максимум термочутливості теплових рецепторів. Після цього вона знову падає. При температурі нижче $+37^{\circ}\text{C}$ підсилюються відповіді з боку холодowych рецепторів. Максимум їх чутливості припадає на температуру $+30^{\circ}\text{C}$. При температурі нижче $+12^{\circ}\text{C}$ чутливість холодowych рецепторів падає практично до нуля. Таким чином, у вузькому інтервалі температур, який відповідає температурі тіла, теплові і холодові рецептори знаходяться у стані теплової рівноваги з низьким рівнем активності. Тому навіть невелике зміщення в ту чи іншу сторону сприймається швидко і точно. Це створює чутливу систему контролю за зміною температури середовища. Температурна рецепція у приматів і людини розподіляється між двома різними типами волокон. Охолодження сприймається, головним чином, через тонкі мієлінізовані аксони, а нагрівання – через безмієлінові волокна. При дуже високих температурах терморекцептори реагують як больові.

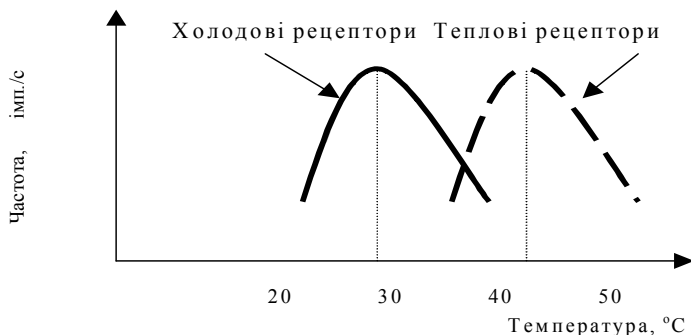


Рис. 2.39. Залежність частоти імпульсів холодкових і теплових рецепторів від температури

☑ Механорецепція або тактильна чутливість – це здатність реагувати на різні види механічних стимулів (дотик, тиск, вібрацію тощо).

Відчуття дотику сприймається чутливими рецепторами шкіри або глибших тканин. Деякі з цих рецепторів вкриті сполучнотканинною капсулою, інші перебувають у вільному стані. У шкірі людини розрізняють такі типи рецепторів:

- диски Меркеля;
- тільця Мейснера;
- тільця Руффіні;
- тільця Фатера–Пачіні;
- рецептори стрижня волосини.

Диски Меркеля – це вільні рецептори тактильної чутливості, розташовані у безволосих ділянках епідермісу. Тільця Мейснера – це капсульовані нервові закінчення. Вони знаходяться у дермі долонь, підшов, губ, повік, зовнішніх статевих залоз і сосків молочних залоз. Тільця Руффіні – це також капсульовані нервові закінчення, які реагують на дотик і тиск на шкіру та глибші тканини. Вони зустрічаються також у суглобах, де сприймають обертальні рухи. Тільця Фатера–Пачіні розміщені у глибоких шарах шкіри, стінці сечового міхура, суглобах і м'язах. Це великі капсульовані рецептори, які реагують на вібрацію і зміну тиску. Рецептори стрижня волосини представлені вільними нервовими закінченнями, що сприймають дотик і найменшу зміну положення кореня волосини.

Таким чином, сенсорна система – це складний комплекс аналізаторів, злагоджена робота якого забезпечує взаємозв'язок організму і навколишнього середовища.

Ендокринна система

Багатоклітинний організм не може функціонувати без систем, які б забезпечували внутрішній обмін інформацією. Крім вже розглянутої нервової системи, до таких способів комунікації відносять також ендокринну систему або залози внутрішньої секреції.

☑ Ендокринна система – це комплекс окремих органів внутрішньої секреції, які забезпечують хімічний зв'язок між окремими частинами організму, використовуючи для цього кровоносну систему.

На відміну від інших систем органів, ендокринна система не являє собою єдиного цілого. Ендокринну систему людини складають окремі органи, які називаються залозами внутрішньої секреції. Вони анатомічно і ембріологічно не зв'язані між собою. У єдине ціле їх об'єднує кровоносна система.

☑ Ендокринні залози (залози внутрішньої секреції) – це органи, тканини і клітини, які викликають специфічні зміни у роботі інших органів і впливають на метаболізм за допомогою хімічних речовин (гормонів), які вони виділяють прямо у кров.

До основних ендокринних залоз людини належать:

- гіпофіз;
- епіфіз (шишкоподібне тіло);
- щитоподібна залоза;
- прищитоподібні (паращитоподібні) залози;
- тимус (загрудинна залоза);
- надниркова залоза;
- острівці Лангерганса (внутрішньосекреторна частина підшлункової залози);
- внутрішньосекреторна частина статевих залоз.

Всі ендокринні залози тісно пов'язані між собою у єдину функціональну систему. Провідну роль у ендокринній системі відіграє гіпофіз. Ендокринні залози і секрети, які вони виділяють, виконують гуморальну регуляцію і знаходяться у тісному зв'язку з нервовою системою, утворюючи спільний інтеграційний механізм регуляції.

Гормони та механізм їх дії

Матеріальною основою ендокринної гуморальної регуляції є спеціальні речовини – гормони.

☑ Гормон – це хімічний агент, який виділяється у кров у незначних кількостях тканиною одного типу, доставляється кров'ю до тканин-мішеней і викликає специфічну біохімічну чи фізіологічну активність.

Відомо багато гормонів і кількість виявлених гормонів та гормоно-подібних речовин постійно зростає. Вони регулюють не лише обмін речовин, але й багато інших функцій – ріст клітин і тканин, ритм роботи серця, кров'яний тиск, роботу нирок, перистальтику кишечника, виділення травних ферментів, лактацію, розвиток і роботу статеві системи тощо.

За хімічною будовою гормони поділяють на три класи (табл. 2.16):

- пептидні – до цієї групи відносять поліпептиди, які містять від 3 до 200 амінокислотних залишків, білки і глікопротеїди;
- стероїдні – речовини ліпідної природи;
- аміни – низькомолекулярні водорозчинні речовини, які містять нітроген (аміни і йодтироніни).

Таблиця 2.16

Хімічна класифікація гормонів

Клас хімічних сполук	Приклади	
	Гормон	Основне джерело
Пептиди	Вазопресин	Задня доля гіпофіза
	Окситоцин	Там же
	Тиреотропін-релізінг-гормон	Гіпоталамус
	Гонадотропін-релізінг-гормон	Там же
	Соматостатин	Гіпоталамус
Білки	Інсулін	Острівці Лангерганса
	Глюкагон	Там же
	Соматотропін (гормон росту)	Передня доля гіпофіза
	Пролактин	Там же
	Паратиреоїдний гормон	Паращитоподібна залоза
	Адренокортикотропний гормон	Передня доля гіпофіза
	Гастрин	Шлунково-кишковий тракт
Глікопротеїди	Фоликулостимулюючий гормон	Передня доля гіпофіза
Стероїди	Тиреотропний гормон	Там же
	Естрогени	Яєчники
	Прогестерон	Жовте тіло, плацента
	Тестостерон	Сім'яники
Аміни	Глюкокортикоїди	Кора надниркових
	Норадреналін	Мозковий шар надниркових
	Адреналін	Там же
Йодтироніни	Мелатонін	Епіфіз
	Тироксин	Щитоподібна залоза
	Трийодтиронін	Там же

У крові гормони знаходяться у дуже низьких концентраціях – від 10^{-6} до 10^{-12} М. Для порівняння – концентрація глюкози у крові приблизно $4 \cdot 10^{-3}$ М. При стимуляції секреції гормону, його концентрація у крові виростає на декілька порядків. Після припинення секреції вона швидко повертається до початкової. Швидкість секреції гормонів залежить від наявності у крові субстратів, іонів, нейромедіаторів та інших гормонів. Спостерігаються відчутні добові коливання у концентрації деяких гормонів (наприклад, адренкортикотропного гормону, гормону росту). Концентрація інших гормонів залежить від періоду життя індивідууму (ембріональний розвиток, період статевого дозрівання, менструальний цикл тощо).

Швидкість відповіді на дію гормону може бути від декількох секунд до декількох годин і навіть діб від моменту виходу гормону у кров. Існують певні закономірності у тривалості дії речовин різних класів:

- нейромедіатори – мілісекунди;
- пептиди – від секунд до хвилин;
- білки і глікопротеїди – від хвилин до годин;
- стероїди – години;
- йодтироніни – від годин до діб.

Гормони розпізнаються клітинами-мішенями, які виступають у ролі приймача хімічного сигналу. Необхідно відмітити, що самі гормони не викликають хімічних реакцій у цих клітинах, а впливають на їх метаболічну активність. Вони призводять до запуску послідовних реакцій, які сумісно формують клітинну відповідь. Досить часто у відповідь на гормональний сигнал синтезуються гормоноподібні речовини – простагландини.

Гормони функціонують у межах закритих систем передачі інформації зі зворотнім зв'язком.

Це означає, що як тільки гормон починає діяти на чутливі до нього клітини, то одночасно виникає сигнал, який призупиняє його секрецію. Принцип зворотного зв'язку реалізується двома можливими шляхами:

- підвищенням концентрації іншого гормону;
- корекцією фізіологічного зсуву, який викликав активацію залози внутрішньої секреції.

Прикладом регуляції за допомогою інших гормонів є регуляція виділення гормонів щитоподібної залози (рис. 2.40). Підвищений рівень тироксину, пов'язаний з підвищеною гіпофізарною секрецією тиреотропного гормону, викликає виділення гіпоталамусом тиреотропін-релізінг гормону, який зменшує синтез тиреотропного гормону. У цьому випадку простежується взаємозв'язок між гормональною систе-

мою та нервовою регуляцією. Гіпоталамус, як частина центральної нервової системи, з'єднаний аферентними шляхами з спинним, довгастим і середнім мозком, таламусом, окремими полями кори та іншими частинами. Завдяки цьому до нього потрапляє інформація з зовнішнього середовища.

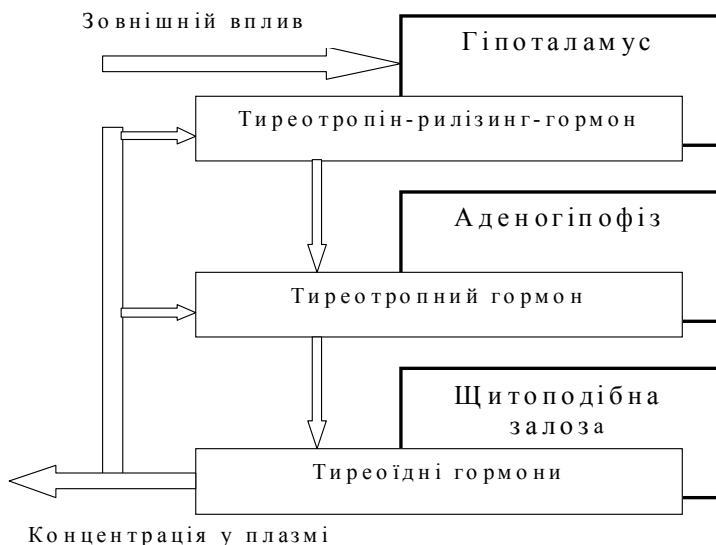


Рис. 2.40. Регуляція рівня тиреоїдних гормонів за принципом зворотного зв'язку

Але не всі ендокринні залози знаходяться під регулюючим впливом гормонів гіпофіза. Частина залоз, такі як, наприклад, паращитоподібна, ендокринна частина підшлункової та деякі інші, регулюються іншим шляхом. Це може бути регуляція впливом гормонів-антагоністів, або зміною концентрації метаболітів, рівень яких вони визначають.

Внутрішньоклітинний механізм біосинтезу гормонів залежить від їх хімічної природи. Пептидні гормони синтезуються на рибосомах шорсткого ендоплазматичного ретикулуму і транспортуються за межі клітини через везикули апарату Гольджі. Стероїдні гормони утворюються у гладенькому ендоплазматичному ретикулумі. Аміни і йодтироніни – це продукти метаболізму амінокислот.

Гормони не накопичуються і не відкладаються у тканинах. Окремі молекули гормонів безперервно інактивуються і виводяться з організму. Для компенсації цих втрат гормони повинні постійно синтезувати-

ся, особливо у періоди підвищеної потреби у цих речовинах. Процеси синтезу і секреції (виділення) гормонів тісно пов'язані, навіть тоді, коли вони розділені у часі. Єдина група гормонів, які можуть накопичуватися у ендокринних залозах, – це гормони щитоподібної залози. Зв'язуючись з глобулярним білком, вони концентруються у фолікулах залози, виділяючись при надходженні відповідних сигналів.

Простагландини

Крім гормонів, хімічними регуляторами метаболічних процесів у клітинах є простагландини. Ці речовини були відкриті у середині ХХ століття. Вперше виділив у чистому вигляді і дослідив хімічну природу простагландинів шведський дослідник С. Бергстрьом. Простагландини – це речовини ліпідної природи, похідні карбонових кислот, у вуглеводневих ланцюгах яких є п'яти- або шестичленні циклічні утворення.

☑ Простагландини – це біорегулятори, які синтезуються всередині клітини у відповідь на біологічний стимул і діють, головним чином, неподалік від місця утворення.

Відомо майже 10 типів простагландинів та 2 типи близьких до них тромбоксанів. Ці речовини широко розповсюджені у тваринному світі. Вони зустрічаються не лише у хребетних, але й у деяких безхребетних. У організмі людини вони беруть участь у багатьох фізіологічних процесах та підтриманні постійного внутрішнього середовища (гомеостазу).

Простагландини важливі для нормального функціонування серцево-судинної системи плода під час вагітності. Синтез простагландинів відіграє значну роль при родах. Ці властивості простагландинів широко використовують у акушерстві та гінекології. З їх допомогою можна стимулювати родову діяльність у випадку патологічних відхилень. У зв'язку з глобальною проблемою регуляції чисельності населення у деяких країнах є потреба у протизаплідних засобах. Саме на основі простагландинів створюються нові покоління протизаплідних засобів. Вони містять значно меншу, ніж гормональні таблетки, кількість діючої речовини, що робить їх менш шкідливими при тривалому вживанні. Простагландини використовують також у тваринництві для синхронізації статевого циклу сільськогосподарських тварин. Це має важливе значення при проведенні штучного запліднення.

Простагландини пригнічують секрецію шлункового соку, захищаючи клітини від соляної кислоти. Ця властивість використовується при лікуванні виразкових захворювань шлунково-кишкового тракту. Людям, які мають схильність до виразки шлунку або дванадцятипалої

кишки, не можна вживати ацетилсаліцилову кислоту (аспірин), тому що вона є інгібітором синтезу простагландинів.

Простагландини регулюють тонус непосмугованих м'язів. Особливо це важливо для нормальної роботи кровоносних судин. Встановлено, що простагландини знижують артеріальний тиск і мають виражену диуретичну (сечогінну) дію. Цю їх властивість використовують для лікування гіпертонії, особливо її ниркової форми. Простагландини, які є інгібіторами активації тромбоцитів, використовують при проведенні операцій, які вимагають штучного кровообігу, і при гемосорбції.

Крім того, вони відіграють важливу роль у підтриманні імунного статусу організму і можуть блокувати функції деяких імунокомпетентних клітин.

Розвиток багатьох патологічних станів організму також пов'язаний з простагландинами. Запалення, бронхіальна астма, ріст пухлин – це процеси, у розвитку яких простагландини беруть активну участь. Встановлено, що деякі простагландини виступають як сильні пірогени (речовини, які підвищують температуру тіла). Механізм жарознижуючої дії аспірину полягає у пригніченні синтезу цих речовин у організмі. Вважають, що саме простагландини відіграють певну роль у терморегулюючій функції центральної нервової системи.

Все, що сьогодні відомо про простагландини, дає можливість вважати їх “надгормонами”. Вони ефективні у наднизьких концентраціях (10^{-13} – 10^{-15} М). Це дозволяє припустити, що простагландини не просто локальні біостимулятори, а є речовинами, необхідними для регуляції функцій як цілого організму, так і його окремих частин.

Ендокринні залози

Ендокринні залози характеризуються тим, що вони виділяють речовини не через протоки у порожнини або назовні, а безпосередньо у кров, тому їх називають залозами внутрішньої секреції. Деякі практичні відомості з ендокринології відомі ще з давніх часів, але виникнення сучасної ендокринології відносять до 1849 року, коли Ф. Бертольд, пересаджуючи статеві залози птахам, показав, що сам'яники виділяють у кров речовину, здатну перетворити самку у самця.

Ендокринні залози добре іннервовані і тісно зв'язані з кровоносною системою. Порушення функціонального стану та діяльності залоз внутрішньої секреції призводить до ендокринних захворювань.

☑ При підвищенні функціональної активності ендокринної залози або при збільшенні її розмірів виділення гормонів у кров зростає (гіперфункція), а при зменшенні активності або розмірів виділення гормонів зменшується (гіпофункція).

У порушеннях нормального функціонування ендокринних залоз важливу роль відіграють стресові чинники, особливості дієти, процеси, що відбуваються у різні періоди росту та розвитку організму. Виявлення тих чи інших відхилень у роботі залоз внутрішньої секреції проводять за допомогою різних методів, які можна поділити на:

- суб'єктивні (загальний огляд нервово-психічного статусу);
- об'єктивні (визначення стану шкіри, волосся, розмірів кінцівок, особливостей розвитку скелета, безпосереднє вимірювання вмісту у крові гормонів та інших метаболітів).

Гіпофіз, розташований у головному мозку, є центральною залозою внутрішньої секреції.

Це ділянка головного мозку розміром у довжину 8–10 мм і у ширину 12–15 мм. Його маса близько 0,65 г. Провідна роль гіпофіза полягає у тому, що він виробляє гормони, які регулюють розвиток і функції інших ендокринних залоз. У гіпофізі розрізняють дві частки:

- аденогіпофіз (передня частка);
- нейрогіпофіз (задня частка).

Аденогіпофіз виробляє соматотропін (гормон росту), тиротропін (тиреотропний гормон), кортикотропін (кортикотропний гормон), фолітропін і лютропін (гонадотропні гормони) та пролактин (лактотропний гормон). Соматотропін впливає на синтез білка, ріст кісток у довжину та розвиток усього тіла. Тиреотропний, кортикотропний і гонадотропні гормони стимулюють ендокринну діяльність, відповідно, щитоподібної залози, кіркової речовини надниркових і статевих залоз. Пролактин підсилює секрецію молока у післяродовий період.

Гіперфункція аденогіпофіза, що проявляється у дитячому віці, призводить до гігантизму – посилення росту тіла у довжину. Ріст людини може досягати 2,5 метрів. У дорослих гіперфункція викликає акромегалію – непропорційне збільшення пальців і кісток, нижньої щелепи, язика, органів черевної і грудної порожнини. При гіпофункції в дитячому віці настає уповільнення або зупинка росту. Ці відхилення у розвитку пов'язані з порушеннями секреції гормону росту. Завдяки досягненням генетичної інженерії гормон росту людини отримують біотехнологічним шляхом – ввівши відповідний ген у геном *E. coli*.

Нейрогіпофіз разом з гіпоталамусом утворює гіпоталамо-нейросекреторну систему. У нейрогіпофізі нагромаджуються і перетворюються у активну форму вазопресин і окситоцин, які виникають у ядрах гіпоталамуса. Вазопресин посилює тонус м'язів кровоносних судин, що сприяє підвищенню артеріального тиску. Цей гормон також діє антидіуретично – збільшує реадсорбцію води у ниркових каналцях

і зменшує сечовиділення. Окситоцин підсилює скорочення м'язів матки і стимулює виділення молока.

Гіпофункція задньої частки гіпофіза викликає нецукровий діабет. Такі хворі споживають за добу до 40 літрів води, для компенсації її втрати.

☑ Епіфіз (шишкоподібне тіло) – це маленька залоза, розташована у середньому мозку.

Гормон епіфізу мелатонін активно впливає на пігментацію шкіри, контролює біоритми організму (сон і неспання), впливає на статевий процес і розвиток. Видалення епіфізу стимулює синтез гормону росту у гіпофізі.

☑ Щитоподібна залоза – найбільша за розмірами ендокринна залоза людського тіла.

Вона розташована на передній поверхні шиї і частково прилягає до щитоподібного хряща, звідси її назва. Її маса досягає 30–60 грамів. Щитоподібна залоза має форму метелика і складається з двох бокових часток і перешийка. Тканини щитоподібної залози представлені залозистими фолікулами, густо обплетеними капілярами, через які за годину протікає близько 4–5 літрів крові. Всередині фолікулів знаходиться драглистий колоїд, який містить глобулярний білок, здатний приєднувати тиреоїдні гормони. При гідролізі тиреоглобуліна виділяються два гормони – тироксин (тетрайодтиронін) і трийодтиронін. Вони активно впливають на обмін речовин у організмі людини, енергетичні процеси, збудливість нервової системи, процеси росту і розвитку.

При недостатчі тиреоїдних гормонів розвивається гіпофункція. У дитячому віці вона призводить до кретинізму (затримки росту і розумового розвитку). При недостатній функціональній активності щитоподібної залози у дорослому віці виникає мікседема. Вона проявляється у набряках шкіри і підшкірної клітковини, випадіння волосся, в'ялості, сонливості тощо. Основний обмін значно уповільнюється (на 30–40 %), знижується температура тіла.

Гормони щитоподібної залози містять йод. Тут концентрується 15 мг цього мікроелемента з 25 мг, які входять до складу організму. При недостатності йоду у раціоні розвивається компенсаторне збільшення тканин залози без порушень її функцій, яке називають зобом. Це захворювання тісно пов'язане з екологічними особливостями місцевості мешкання. Значна частина північної і західної території України збіднена на йод, тому питна вода, продукти харчування, вирощені у цих регіонах, також будуть містити понижені концентрації даного важливого мікроелементу. Для профілактики захворювання на зоб необхідно додатково вводити у їжу цей важливий мікроелемент.

Гіперфункція щитоподібної залози приводить до тиреотоксикозу або базедової хвороби, яка вперше була описана німецьким дослідником К. Базедовим. Вона супроводжується збільшенням залози, витрішкуватістю, тахікардією (прискоренням серцевого ритму), підвищенням рівня обміну речовин і, пов'язаним з ним, виснаженням, дратівливістю тощо.

☑ Паращитоподібні залози розташовані у тілі щитоподібної залози на її задній поверхні.

Їх дві пари. Щитоподібна і паращитоподібна залози мають різне ембріональне походження. Гормон паращитоподібної залози (паратгормон) регулює рівень кальцію і фосфору у плазмі крові. Гіпофункція цієї залози призводить до зниження рівня кальцію і підвищення рівня фосфору у плазмі крові, що викликає тривалі судоми (титанію) і може спричинити зупинку дихання. При гіперфункції паращитовидної залози настає крихкість кісток, руйнування скелету.

☑ Тимус (вилочкова залоза) розташований у верхній частині грудної клітки і функціонує лише у віці статевого дозрівання.

Максимум її функцій припадає на 10–14 років. У цьому віці вона важить 30–40 гр. У дорослих людей тимус поступово, вже в 25–27 років, замінюється жировою тканиною. Але навіть в зрілому віці функції вилочкової залози частково зберігаються. Досліди над тваринами показали, що при опроміненні іонізуючою радіацією у високих дозах вражається лімфатична система. Але у тварин з тимусом вона відновлюється, а у тварин з видаленим тимусом – ні. Було встановлено, що під дією гормону тимозину проходять дозрівання Т-лімфоцитів. Вилочкова залоза впливає на ріст організму і обмін кальцію.

☑ Надниркові залози (наднирковики) – це парні залози, розташовані над верхнім кінцем відповідної нирки.

Зовні вони вкриті щільною сполучнотканинною капсулою, пучки якої проникають у товщу залози і ділять її на дві частини:

- кіркову (зовнішній шар);
- мозкову (внутрішній шар).

У кірковій речовині наднирковиків утворюються стероїдні гормони, які поділяють на три групи:

- глікокортикоїди (гідрокортизон, кортизон і кортикостерон);
- мінералокортикоїди (альдостерон і дезоксикортикостерон);
- статеві гормони (андрогени, естрогени, прогестерон).

Глікокортикоїди впливають на вуглеводний, білковий і ліпідний обміни, виявляють значну протизапальну і антиалергічну дію, гальму-

ють ріст, розвиток і регенерацію кісток скелета, призводять до дистрофії і в'ялості шкіри, виникнення м'язової слабості тощо.

Мінералокортикоїди беруть участь у регуляції мінерального обміну, в першу чергу рівня натрію і калію у плазмі крові. Альдостерон впливає на реадсорбцію іонів натрію та хлору в каналцях нефронів і зменшує всмоктування іонів калію. Він підвищує артеріальний тиск.

Статеві гормони кори надниркових впливають на розвиток статевих залоз у дитячому віці, коли функція власне статевих залоз ще не виражена. Вони сприяють розвитку вторинних статевих ознак (ріст волосся на обличчі і тілі, тип оволосяння, розвиток і форма молочних залоз тощо).

Крайні форми недостатності функції кори надниркових (хвороба Аддісона) і гіперфункції (хвороба Кушинга) зустрічаються відносно рідко. Але досить часто діагностуються проміжні, менш виражені порушення у виділенні кіркових гормонів. Відомо, що наднирковики відіграють значну роль у адаптації організму до стресів, травм, важких інфекцій та інтоксикацій. Недостатність і надлишок кортикоїдних гормонів впливають на психофізичний стан людини. Так, наприклад, хворі на хворобу Аддісона часто відчують депресію, тривогу. Кортикоїдні гормони мають виражену протизапальну дію, тому їх використовують для лікування багатьох хвороб. Тривале застосування кортикостероїдів для лікування артритів чи інших захворювань може викликати стан ейфорії і навіть явний психоз у випадку передозування.

У мозковій речовині надниркових виробляються норадреналін і адреналін, які підтримують тонус симпатичної частини вегетативної нервової системи. Адреналін підвищує кров'яний тиск, прискорює серцевий ритм, збільшує концентрацію глюкози у крові, зменшує вміст глікогену у печінці і сприяє зсіданню крові. Норадреналін підвищує тиск, звужуючи артеріоли. Такі властивості цих гормонів дають можливість вважати їх стресовими гормонами. Ці гормони є нейромедіаторами, але вони не здатні проходити гемоенцефалічний бар'єр, тому адреналін і його аналоги виробляються також у головному мозку. Встановлено, що видалення мозкового шару надниркових не викликає порушень нормальної роботи організму. Адреналін виробляється штучно і застосовується у медицині для лікування бронхіальної астми, недостатності судин, гіпотонії.

Ендокринна частина екзокринної підшлункової залози представлена пучками особливих клітин, які називають острівцями Лангерганса.

На їх долю припадає лише 2% від всієї маси підшлункової залози. Ця залоза має як ендокринну (виділяє гормони), так і екзокринну (ви-

діляє травні ферменти) функції, тому її називають змішаною. Еволюційно ендокринна частина виникла раніше екзокринної, тому у низько організованих хребетних ці частини розділені. У людини кожен з острівців Лангерганса містить клітини трьох типів:

- альфа-клітини, які синтезують глюкагон;
- бета-клітини, які синтезують інсулін;
- дельта-клітини, які синтезують соматостатин.

Альфа-, бета- і дельта-клітини у острівцях Лангерганса розташовані з певною закономірністю. Альфа- і дельта-клітини окремими групами вкраплені на поверхні з шару бета-клітин. Середина острівця повністю складається з бета-клітин. У нормальних умовах роботи залози на долю бета-клітин припадає 60 %, альфа-клітин – 25 % і дельта-клітин – 10 % всієї клітинної популяції острівця. Базуючись на морфологічних і функціональних особливостях, вважається, що острівець Лангерганса – це орган, всі клітини якого скоординовано відповідають на різні стимули. Регуляція активності ендокринної частини підшлункової залози відбувається під дією вегетативної нервової системи та за рахунок впливу метаболітів у крові, особливо глюкози.

Інсулін – це білок з молекулярною масою близько 6000 Да. Він складається з двох поліпептидних ланцюгів, з'єднаних дисульфідними містками. Це перший білковий гормон, який вдалося синтезувати штучно. Глюкагон – поліпептид з молекулярною масою 3500 Да.

Головна функція панкреатичних гормонів – регуляція вуглеводного, білкового та ліпідного обміну (рис. 2.41).

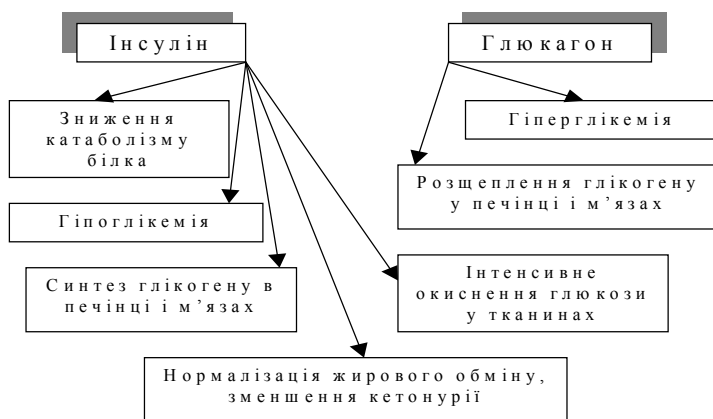


Рис. 2.41. Функції інсуліну і глюкагону

Інсулін – це гормон з широким спектром дії. Він відіграє провідну роль у синтезі вуглеводів, білків і жирів, стимулює метаболізм глюкози. Під впливом цього гормону зростає проникність для глюкози клітини міокарда, скелетних м'язів. Інсулін стимулює синтез глікогену з глюкози у печінці і м'язах, знижує синтез глюкози з амінокислот. Цей гормон впливає на жировий обмін, підсилюючи здатність клітин печінки до накопичення резервних тригліцеридів. Глюкагон є, певною мірою, антагоністом інсуліну. Його дія на метаболічні процеси відбувається у печінці. Крім альфа-клітин острівців Лангерганса, глюкагон виробляється також у слизовій оболонці кишечника. Гормони підшлункової залози – інсулін і глюкагон – регулюють обмін вуглеводів. Інсулін сприяє зниженню рівня глюкози в крові шляхом перетворення її в глікоген, а глюкагон – перетворенню глікогену в глюкозу. У зв'язку з важливою роллю глюкози у організмі тварин і людини, порушення нормальної роботи ендокринної частини підшлункової залози викликає важкі захворювання. Нормальна концентрація цього метаболіту у людини майже постійна і становить 80–120 мг у 100 мл крові.

☑ Підвищення вмісту глюкози називають гіперглікемією, а зниження – гіпоглікемією.

При гіпоглікемії спостерігається тахікардія, почуття голоду, збудження, може наступити втрата свідомості, кома і, навіть, смерть. Попередити такий стан можна введенням у кров глюкози або глюкагону.

Недостатнє виділення інсуліну призводить до підвищення рівня глюкози у крові (гіперглікемії) і розвитку захворювання, яке називається цукровим діабетом. Основними ознаками цього важкого захворювання є високий (до 800 мг) вміст глюкози у крові і виведення цього метаболіту з сечею (глюкозурія). У таких хворих спостерігається збільшення витрат білків і жирів як енергетичних речовин, нагромадження продуктів неповного окиснення жирів (кетонових тіл) у крові. Це змінює рН крові у кислий бік. При відсутності лікування діабет стає причиною смерті. Це важке захворювання відоме здавна. Саму назву – діабет – запропоновано було майже дві тисячі років тому, ще у 20-х роках нашої ери. Але лише на початку ХХ століття була з'ясована гормональна природа діабету. Він виникає при порушенні утворення інсуліну. З середини ХХ століття для нормалізації стану хворих було запропоновано регулярно вводити в організм цей гормон у вигляді ін'єкцій. Спочатку використовували інсулін тваринного походження. Завдяки досягненням генетичної інженерії вдалося отримати у промислових кількостях людський інсулін, який широко використовується у медицині.

Соматостатин – це пептид, утворений 14 амінокислотними залишками. Цей гормон виробляється не лише дельта-клітинами ostrivtsev Lantergansa, але й багатьма іншими органами (гіпоталамусом, щитоподібною залозою тощо). Він є антагоністом гормону росту. Крім того, соматостатин інгібує секрецію глюкагону, інсуліну, тиреотропного та багатьох інших гормонів. Він зменшує секрецію кислоти і бікарбонатів у шлунку, інгібує травні ферменти, зменшує всмоктування глюкози у кишечнику.

Ендокринна частина статевих залоз продукує статеві гормони.

Чоловічі і жіночі статеві гормони утворюються як у чоловіків, так і у жінок, але у різних кількостях. Чоловічі статеві гормони (андрогени) стимулюють ріст і розвиток статевих органів чоловіків, формування вторинних статевих ознак. Це тестостерон і андростерон. Під впливом андрогенів відбувається формування та виділення сперматозоїдів. Вони впливають на функціональний стан центральної нервової системи, збільшують утворення білка, особливо у м'язах, зменшують кількість жиру в організмі, підвищують основний обмін. Жіночі статеві гормони (естрогени) синтезуються у яєчниках, а саме, у зернистому шарі фолікулів і у їх внутрішній оболонці. У жовтому тілі, яке розвивається на місці фолікула, що лопнув, виробляється прогестерон. Естрогени стимулюють ріст і розвиток жіночих статевих органів, викликають розростання внутрішньої стінки матки, сприяють розвиткові вторинних статевих ознак за жіночим типом. Прогестерон забезпечує нормальний пробіг вагітності. Утворення статевих гормонів контролюється гормонами аденогіпофіза.

Крім спеціалізованих ендокринних залоз, гормональну активність мають також окремі органи і тканини.

Наприклад, подібну активність мають стінки шлунково-кишкового тракту. Найбільш дослідженими гормонами цієї системи є гастрин, секретин, холецистокінін. Молекулярна маса глюкагону, який виробляється оболонками шлунково-кишкового тракту, вдвічі більша, ніж у глюкагона, який синтезується у ostrivtsev Lantergansa. Крім названих речовин, епітелій травного тракту виробляє також інші речовини, які є хімічними регуляторами метаболічних процесів.

Тканинні гормони – це речовини, які виробляються стінками внутрішніх органів.

Серед них найважливішими є кініни – група подібних у хімічному відношенні пептидів, які впливають на фізіологічні процеси. Вони служать стимуляторами скорочень непосмугованих м'язів, діють на кишечник, вени і бронхи. Кініни регулюють кровоток, приймають участь у запальних процесах тощо.

Таким чином, хімічні продукти, які виробляються ендокринними залозами і тканинами, є важливою складовою частиною регуляції метаболічної активності організму і їх дія спрямована на збереження сталості існування організму – гомеостазу. Узгоджена дія ендокринної системи забезпечує ріст, розвиток і нормальне функціонування організму в цілому. Гуморальна (хімічна) регуляція знаходиться у тісному взаємозв'язку з роботою нервової системи.

Гомеостаз та імунітет

У XIX ст. видатний фізіолог К. Бернар зробив висновок, що для того, щоб організм нормально функціонував, конче необхідно, щоб всі його складові частини знаходилися у жорстко регульованих постійних умовах. Назву для такого стану запропонував у 1929 р. У. Кеннон – гомеостаз.

☑ Гомеостаз – це узгоджені фізіологічні процеси, що підтримують більшість стійких станів організму, і регуляторні механізми, які забезпечують їх протікання.

У поняття “гомеостаз” включаються такі системи як кров; лімфа; міжклітинна тканинна рідина; спинномозкова; суглобна; плевральна та інші внутрішні рідини. Гомеостаз – це невід’ємна універсальна властивість всього живого. Він специфічний для кожного індивідуума і обумовлений його генотипом. Це універсальна властивість всього живого. Гомеостаз виражається у відносно постійному:

- хімічному складі;
- осмотичному тиску;
- постійності фізіологічних функцій.

Регуляторні гомеостатичні механізми

Регуляторні гомеостатичні механізми функціонують на молекулярному, клітинному, органному, організменному і популяційному рівнях. Активну участь у становленні і підтриманні гомеостазу бере нервова система і залози внутрішньої секреції. Регуляція впливу цих систем відбувається за принципом зворотного зв’язку. Він може бути:

- негативним;
- позитивним.

У першому випадку забезпечується відновлення вихідного стану організму, а у другому функція все більше відходить від норми, що може викликати її порушення. Як приклад можна розглянути зміни кислотно-лужного балансу. Співвідношення іонів H^+ і OH^- у внутрішньому середовищі організму залежить від вмісту у рідинах організму (крові, лімфі, тканинній рідині) кислот (донорів протонів) і лугів (акцепторів протонів). Реакцію середовища оцінюють за шкалою рН (див. розд.1.2). Величина рН – це один з найстабільніших фізіологічних показників в організмі людини рН крові коливається в межах 7,32–7,45. Зміна рН на 0,1 за ці межі вже викликає порушення у роботі серця. Зміна величини рН на 0,3 може бути небезпечною для життя. Стабільність рівня рН підтримується карбонатною і фосфатною буферними системами, білками крові тощо. Буферні властивості, тобто здатність

до запобігання зрушення рН, має гемоглобін. Він зв'язує CO_2 , протидіючи його розчиненню у крові і перетворенню у карбонатну (вугільну) кислоту. Велику роль у підтриманні кислотно-лужного балансу відіграють нирки, які виводять з організму кислі продукти обміну. При зсуванні рН у кислую сторону (наприклад, при посиленому фізичному навантаженні), сигнали про це поступають у довгастий мозок, де знаходиться дихальний центр. Він посилає відповідний сигнал м'язам, які контролюють вдих. Внаслідок цього частота дихальних рухів зростає, посилюється вентиляція легень. Це приводить до зниження рівня CO_2 у крові і нормалізації рН.

Регуляція за принципом негативного зворотного зв'язку типова для ендокринної системи. У випадку гормональної регуляції: постійний рівень концентрації гормонів у крові підтримується за рахунок механізму так званої "плюс-мінус"-взаємодії, яку описав у 30-х роках ХХ століття відомий фізіолог Б. М. Завадовський. Зниження концентрації гормонів активізує роботу залоз внутрішньої секреції, а збільшення – уповільнює роботу залоз.

Важливу роль у збереженні гомеостазу відіграють вроджені і набуті форми поведінки. Функціональна система, необхідна для виконання адаптивної поведінки, складається з :

- рецепторного утворення, яке доводить інформацію з оточення до центральної нервової системи;
- робочої периферії, яка забезпечує виконання акту поведінки;
- між цими двома структурами існує синтетичний зв'язок (аферентний синтез).

Наприклад, нестача води, яка може викликати порушення гомеостазу, стимулює центр спраги у гіпоталамусі. Мотиваційне збудження, пов'язане з виникненням будь-якої потреби, викликає негативний емоційний стан, неспокій, мобілізує відповідну поведінку. Ці захисні реакції розвинулися у процесі еволюції, внаслідок взаємодії організму і середовища.

Запалення та імунний захист

Найвагомішим проявом гомеостазу є захист від проникнення у внутрішнє середовище організму інфекційних мікроорганізмів та продуктів їх життєдіяльності, який забезпечує імунна система. Імунна система людини складається з:

- центральної (червоний кістковий мозок і тимус);
- периферійної (лімфатичні вузли, лімфа, селезінка, мигдалини, апендикс).

В центральній частині імунної системи відбувається формування і дозрівання імунокомпетентних клітин лімфоцитів. Саме тут вони набувають здатності до імунної відповіді.

Розрізняють два види захисних реакцій організму – неспецифічний і специфічний захисти.

☑ Неспецифічний захист направлений супроти антигенів та ушкоджувальних агентів взагалі, а специфічний (імунний) захист направлений на боротьбу з конкретними збудниками.

Вторгнення в організм інфекційного мікроорганізму викликає місцеve запалення. Це прояв неспецифічної імунної відповіді. В ураженій ділянці організму збільшується кровонаповнення, підвищується температура. Ушкоджені тканини виділяють простогландини і гістаміни, внаслідок чого з'являється набряк та біль. У місце пошкодження надходять нейтрофіли та інші види лейкоцитів, які знищують інфекційні мікроорганізми та продукти їх життєдіяльності. Якщо місце запалення оточене мембраною, то виникає абсцес, тобто скупчення гною, який складається з загиблих клітин, знешкоджених мікробів і загиблих нейтрофілів. Така місцева реакція на хвороботворний агент може виявитися недостатньою. При поширенні інфекції загальна відповідь організму проявляється гарячкою, збільшенням кількості лейкоцитів у крові, набряканням лімфатичних вузлів тощо.

Швидка неспецифічна відповідь організму може виявитися недостатньою для подолання інфекції. Якщо інфекція стійка або поширюється, то активізується специфічний імунний захист – імунітет.

☑ Імунітет – це захист організму від усього, що несе у собі ознаки чужорідної генетичної інформації, спосіб збереження генетичної сталості клітин.

Таку чужорідну інформацію несуть бактерії, віруси, найпростіші, гельмінти, продукти їх життєдіяльності, а також білки і клітини багатоклітинних організмів, включаючи видозмінені клітини самого організму. Ці речовини в імунології називають антигенами.

☑ Антигени – це речовини, які сприймаються організмом як чужорідні і, при введенні в організм, здатні викликати імунну відповідь.

Антигенні властивості мають макромолекулярні компоненти всіх живих організмів. Антигени можуть бути:

- видовими – спільними для всіх особин даного виду;
- груповими – спільними лише для частини особин даного виду.

Імунність антигенів та форма імунної відповіді (толерантність, гуморальний і клітинний імунітет, алергія) залежать:

- від ступеню чужорідності антигену (філогенетичних відмінностей між видами);
- хімічної природи, конформації і жорсткості структури молекул;
- дози і форми введення.

Антигени, введені невеликими дозами, та антигени, філогенетично близьких видів, можуть викликати толерантність (стійкість, несприйняття антигену). Це не дуже типова реакція, адже чутливість організму до антигенів надзвичайно велика. Так, наприклад, імунна система ссавців здатна розрізняти до 10^6 видів антигенів.

Імунна відповідь на дію антигену – це складна захисна реакція. Розпізнавання чужорідних антигенів – універсальна властивість, присутня у всіх живих організмах і необхідна для підтримки їх цілісності. Імунітет можна класифікувати декількома способами (рис. 2.42):

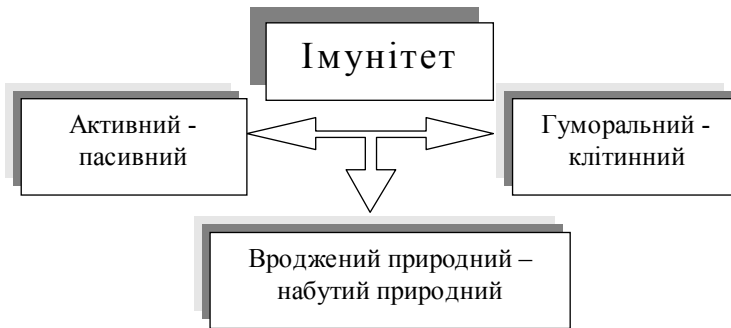


Рис. 2.42. Види імунітету

Гуморальний імунітет забезпечується специфічними макромолекулами, які функціонують у внутрішніх рідинах організму. У плазмі крові містяться спеціальні білки, які здатні знешкоджувати мікроорганізми та отруйні продукти їх життєдіяльності, які надходять у рідини організму. Він може загальним (неспецифічним) або бути специфічним для конкретних антигенів. Прикладами системи гуморального імунітету є утворення інтерферону та антитіл.

Інтерферон – неспецифічний фактор противірусного імунітету, який виробляється у клітинах організму і виділяється у плазму крові. Це білок з молекулярною масою 25000 – 110000 Да. Він забезпечує загальну імунну відповідь, знешкоджуючи дію усіх вірусів та їх токсинів.

Крім загального білкового захисту є ще направлений. Він відбувається за рахунок того, що в організмі існують спеціальні білки, які ді-

ють лише проти певних збудників хвороб. Вони називаються антитілами.

☑ Антитіла – специфічні глобулярні білки, які виділяються в організмі у відповідь на конкретні антигени і здатні з ними специфічно з'єднуватися.

Антитіла утворюються та виділяються спеціальним типом лейкоцитів, які є в крові та лімфі. Зв'язування антигена з відповідним антитілом призводить до утворення імунного комплексу. Ця реакція зумовлена комплементарністю взаємодіючих структур і відбувається під дією гідрофобних, водневих та інших зв'язків. Ознакою утворення комплексу антиген–антитіло є зсідання (аглотинація, преципітація), нейтралізація токсинів, іммобілізація бактерій тощо.

Крім захисту на рівні спеціальних макромолекул, існує також захист на клітинному рівні – клітинний імунітет. Головну роль у цьому відіграють білі кров'яні клітини – лейкоцити. Захисні функції лейкоцитів переконливо довів російський біолог І. І. Мечников. Він встановив, що лейкоцити, завдяки здатності до амебоїдного руху, поглинають хвороботворні мікроорганізми і перетравлюють їх. Це явище відбувається за механізмом фагоцитозу (від грецьк. phagos – пожирати).

☑ Лейкоцити, які мають здатність до фагоцитозу, називають фагоцитами.

Фагоцити неспецифічні, крім знищення інфікованих клітин, вони також знешкоджують відмерлі клітини, мікроорганізми і чужорідні тіла. Найбільшу фагоцитарну здатність серед лейкоцитів мають нейтрофіли і моноцити.

Інші імунні клітини – Т-лімфоцити, що розвиваються у тимусі (вилочковій залозі), відповідають за знищення тільки певного виду мікроорганізмів або залишків антигенів. Механізм дії Т-лімфоцитів досить складний, а самі вони поділяються на декілька видів (кілери, хелпери, супресори).

Імунітет може виникати не залежно від втручання людини (природний імунітет), а може бути наслідком штучної імунізації (штучний імунітет). В залежності від походження, розрізняють:

- природний вроджений імунітет;
- природний набутий імунітет;
- штучний активний імунітет;
- штучний пасивний імунітет.

У випадку природного вродженого імунітету антитіла присутні у організмі від народження. Набутий природний імунітет може виникнути після перенесення деяких захворювань. Так, наприклад, людина, яка перенесла кір, вітряну віспу, коклюш, як правило, повторно не хворіє.

Імунна система “запам’ятовує” мікроорганізм-збудник і протидіє наступному інфікуванню.

Штучну імунізацію проводять для профілактики захворювань або для їх лікування. Активний штучний імунітет виникає внаслідок щеплення – введення в організм вакцини (від лат. *vaccinus* – коров’ячий).

☑ Вакцина – це ослаблені чи вбиті хвороботворні мікроорганізми або продукти їх життєдіяльності.

На введення вакцини виробляються антитіла, як і при інфікуванні, але захворювання не виникає через недостатню силу збудника. Утворені антитіла захищають організм від проникнення інфекції. Вперше вакцинацію провів у кінці XVIII століття англійський лікар Е. Дженер для запобігання захворювання на віспу. Для цього він використав препарат від хворих корів (звідки і походить термін „вакцина”). Активний імунітет діє багато років, але іноді вакцинацію потрібно проводити у декілька етапів.

У випадку, коли людина вже захворіла і хворому потрібна негайна допомога, йому вводять лікувальну сироватку.

☑ Лікувальна сироватка – це біологічний препарат, який містить готові антитіла.

Лікувальну сироватку одержують з плазми крові тварин або людей, що перехворіли на певну інфекцію. Сироватку, що містить необхідні антитіла, попередньо обробляють і вводять хворому. Кожне антитіло атакує інфекцію і допомагає організму-реципієнту здолати захворювання. У цьому випадку власні антитіла не утворюються, тому такий імунітет називають пасивним.

Розлади імунної системи

Імунна система захищає внутрішнє середовище організму, але іноді її робота порушується. Розрізняють два види імунних розладів:

- надмірну реакцію організму (алергія, автоімунні захворювання);
- недостатню реакцію організму (імунодефіцитний стан).

Алергія (від грецьк. *allos* – інший та *ergon* – дія) за механізмом прояву подібна до імунної реакції. Це неадекватна відповідь імунної системи на повторне надходження в організм сполуки (алергену), яка для більшості людей нешкідлива. Алергени для даного організму є антигенами. В залежності від походження, їх поділяють на:

- екзоалергени (зовнішні);
- ендоалергени (внутрішні).

До першої групи відносять деякі харчові продукти (шоколад, цитрусові, яйця тощо), різні хімічні речовини (пральний порошок, агрохімікати тощо), лікарські препарати, пилок квітів та інші. Внутрішні

алергени – це власні тканини організму, в яких відбулися певні видозміни внаслідок патологічних процесів. Такі токсичні речовини, наприклад, утворюються в тканинах, ушкоджених опіками або обмороженням.

Алергени зумовлюють виділення специфічних антитіл (імуноглобулінів). Вони прикріплюються до поверхні особливих клітин – мастоцитів, локалізованих у шкірі, слизових оболонках шлунково-кишкового тракту та органів дихання. Повторне введення алергену спричиняє його приєднання до імуноглобулінів. Наслідком такого перехресного зв'язування є виділення у кров простагландинів і гістамінів, які зумовлюють алергічну реакцію. Алергія може мати різноманітні прояви – висипи на шкірі, порушення дихання тощо. До алергічних реакцій належить діатез у немовлят, деякі види бронхітів та астми. Спровокувати алергічну реакцію може незадовільний стан навколишнього середовища – забруднення хімічними та біологічними забруднювачами атмосфери, питної води, ґрунту.

Іноді органи імунної системи утворюють антитіла проти власних тканин. На відміну від ендоеалергенів, які виділяють ушкоджені тканини, автоімунні розлади не пов'язані з деструкцією і розпадом тканини. Помилкова реакція може бути спрямована як на окремих орган, так і на весь організм. Прикладом автоімунних захворювань є вітиліго (відсутність темного пігменту на деяких ділянках шкіри), інсулінозалежних цукровий діабет, який розвивається у людей похилого віку тощо. Лікування автоімунних захворювань надзвичайно ускладнене.

Імунодефіцитний стан може бути наслідком радіоактивного опромінення, особливо при ураженні червоного кісткового мозку. В умовах радіоактивного забруднення середовища такий стан призводить до зростання частоти і чисельності різноманітних інфекційних захворювань, зниження здатності організму протистояти гострим респіраторним вірусним інфекціям тощо. Важкою формою імунодефіциту є захворювання на СНІД (синдром набутого імунодефіциту), яке викликається внаслідок ураження вірусом імунодефіциту людини (ВІЛ). Цей вірус руйнує один з типів лейкоцитів, що призводить до зниження функції імунної системи. Вважається, що протягом 10 років після інфікування людина може померти. Причиною смерті є загострення або неадекватне протікання інфекційних захворювань. ВІЛ передається через кров і деякі рідини організму, а зараження може відбутися при переливанні крові і деяких кров'яних препаратів, при користуванні нестерилізованим інструментарієм у лікарнях і перукарнях, при статевих зносинах тощо. Нажаль, ліків від цього страшного захворювання ще немає.

Порівняльна анатомія людини і тварин

Походження людини від тварин у сучасних біологів не викликає сумнівів. Спеціалісти притримуються різних поглядів на родинні зв'язки серед людиноподібних мавп та між ними і людиною. Сучасні молекулярні технології дозволяють проводити реконструкцію еволюційного дерева не лише на підставі аналізу та порівняння викопних решток. На перше місце виходять такі методи, як порівняння послідовностей нуклеотидів у ДНК, аналіз амінокислотних послідовностей гемоглобіну, імунологічна сумісність тощо. Дослідження ДНК дозволили виявити і побудувати еволюційне дерево, яке відображає не лише послідовність, але і час розходження окремих гілок приматів (рис. 2.43).

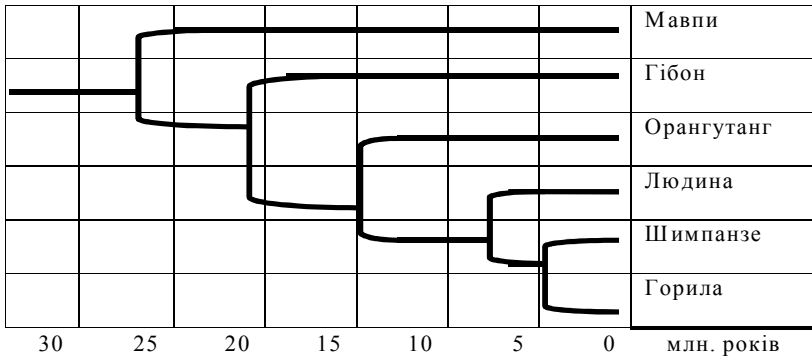


Рис. 2.43. Еволюційне дерево приматів Старого світу

Тваринне походження не могло не вплинути на характер будови людського тіла. Схема побудови скелета у людини і всіх інших ссавців практично однакова, але у процесі еволюції скелет людини зазнав значних змін. Вони пов'язані з прямоходінням, розумовим розвитком і працею.

- Порівняння особливостей анатомії сучасної людини з анатомією людиноподібних мавп без сумніву вказує на те, що тіло людини таке ж, як тіло людиноподібної мавпи, тільки пристосоване до прямоходіння на двох ногах.

Людиноподібні мавпи можуть стояти на двох ногах лише зігнувши ноги і ходити, хитаючись у різні сторони. Людина рухається вертикально абсолютно вільно.

Еволюційні зміни, пов'язані з прямоходінням, відбулися у всіх відділах скелета. У зв'язку з прямоходінням хребтовий стовп набув S-подібної форми. У дитини, що щойно народилася, хребет прямий. У

віці приблизно до одного року внаслідок набуття нових навичок формуються вигини хребтового стовпа: піднімання і утримання голови; сидіння; стояння і ходіння. Таким чином маленька дитина начебто повторює еволюційний шлях від ходіння на чотирьох кінцівках до сучасного ходіння на двох ногах. Через зміну положення тіла у просторі у людини, як і у людиноподібних мавп, пропав хвіст, який виконує головним чином функції руля і рівноваги у тварин, які пересуваються на чотирьох кінцівках.

Частково з прямоходінням зв'язані і зміни додаткового скелета. Загалом верхні кінцівки людини мало відрізняються від таких у шимпанзе. Але скелет верхніх кінцівок набагато тонший і легший від скелета нижніх кінцівок. Відмінності у будові верхніх і нижніх кінцівок у людини пов'язані головним чином з функціональним поділом. Верхні кінцівки у людини стали органом праці, а нижні – органом руху. Особливо це вплинуло на розвиток кисті та кісток пальців. Великі пальці набагато довші, ніж у мавп. Взагалі, кисть і пальці стали більш рухомими і чутливими, здатними до тонких складно скоординованих рухів. Нижні кінцівки у процесі пристосування до вертикального руху набули значних відмінностей. У зв'язку з прямоходінням у людини змінилася форма стопи – утворилося склепіння стопи. Великий палець ноги, на відміну від мавп, розташований паралельно іншим пальцям. Це допомагає під час ходьби переносити масу тіла. Таз у людини став ширшим і коротшим. Це важливо для виношування і народження потомства. Стегнова кістка у людини знаходиться під кутом всередину, а у людиноподібних мавп – назовні.

Ходіння на двох ногах, більш розвинений інтелект і більш різноманітна їжа – все це сприяло появі відмінностей у будові черепа, мозку, щелеп і зубів у людини і мавп. Серйозних змін зазнав череп. Головним чином це виразилося у збільшенні об'єму мозкового відділу порівняно з лицьовим. Лицьовий відділ не лише зменшився, але й став значно легшим. Череп у людини вертикально збалансований на хребті. У людиноподібної мавпи череп розташований попереду спинного хребта і має кістяний гребінь, який підтримує масивну щелепу і м'язи шиї. Людині, яка харчується спеціально обробленою їжею, не потрібні міцні щелепи. Взагалі, зубна система значно відрізняється. У людини зуби розташовані по параболі а у мавп – U-подібно. Крім того, ікла у мавп значно більші, а коронки корінних зубів значно вищі, ніж у людини. Зуби тварин вкриті більш товстим шаром емалі, вони більш міцні. Відмінності у будові язика і глотки між людиною і людиноподібними мавпами дають можливість нам створювати більш різноманітні

звуки. А ось робота м'язів у людини і, наприклад, шимпанзе практично не відрізняється.

Ще однією особливістю людини є практично повне зникнення волосяного покриву на тілі. Це також результат еволюційних змін.

Досить значної зміни у людини, у порівнянні з іншими ссавцями, зазнала нервова система. Головний мозок людини значно більший по відношенню до інших частин, ніж у високоорганізованих тварин. Крім того, лише у людини сформована велика за об'ємом та складна за функціями кора великих півкуль. Завдяки складності безумовних та умовних рефлексів у людини виникло таке складне психофізіологічне явище, як свідомість. Саме це призвело до того, що сучасна людина – це не лише біологічна, але і соціальна істота. Саме про це писав один з основоположників Академії Наук України, соратник В.І. Вернадські, академік О.М. Гіляров: „Суспільний соціальний устрій закладений у самій нашій істоті. Для розуміння нашого життя необхідно брати людину в її суспільному середовищі...” Соціальні функції дозволили людській спільноті завоювати чільне місце у сучасному органічному світі.

Незважаючи на вказані відмінності людини від людиноподібних мавп, людина – представник хребетних тварин, який займає конкретне систематичне положення (рис. 2.44). Протягом тривалого періоду становлення і розвитку людина зберегла особливості біології, властиві тваринам, але набула нових рис, які стали результатом соціальної еволюції. Людина – могутня, але гармонійна частина навколишнього світу.

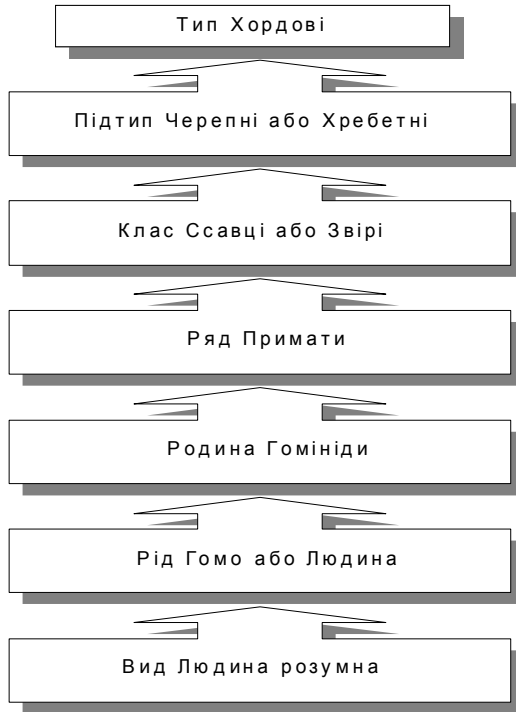


Рис. 2.44. Систематичне положення сучасної людини