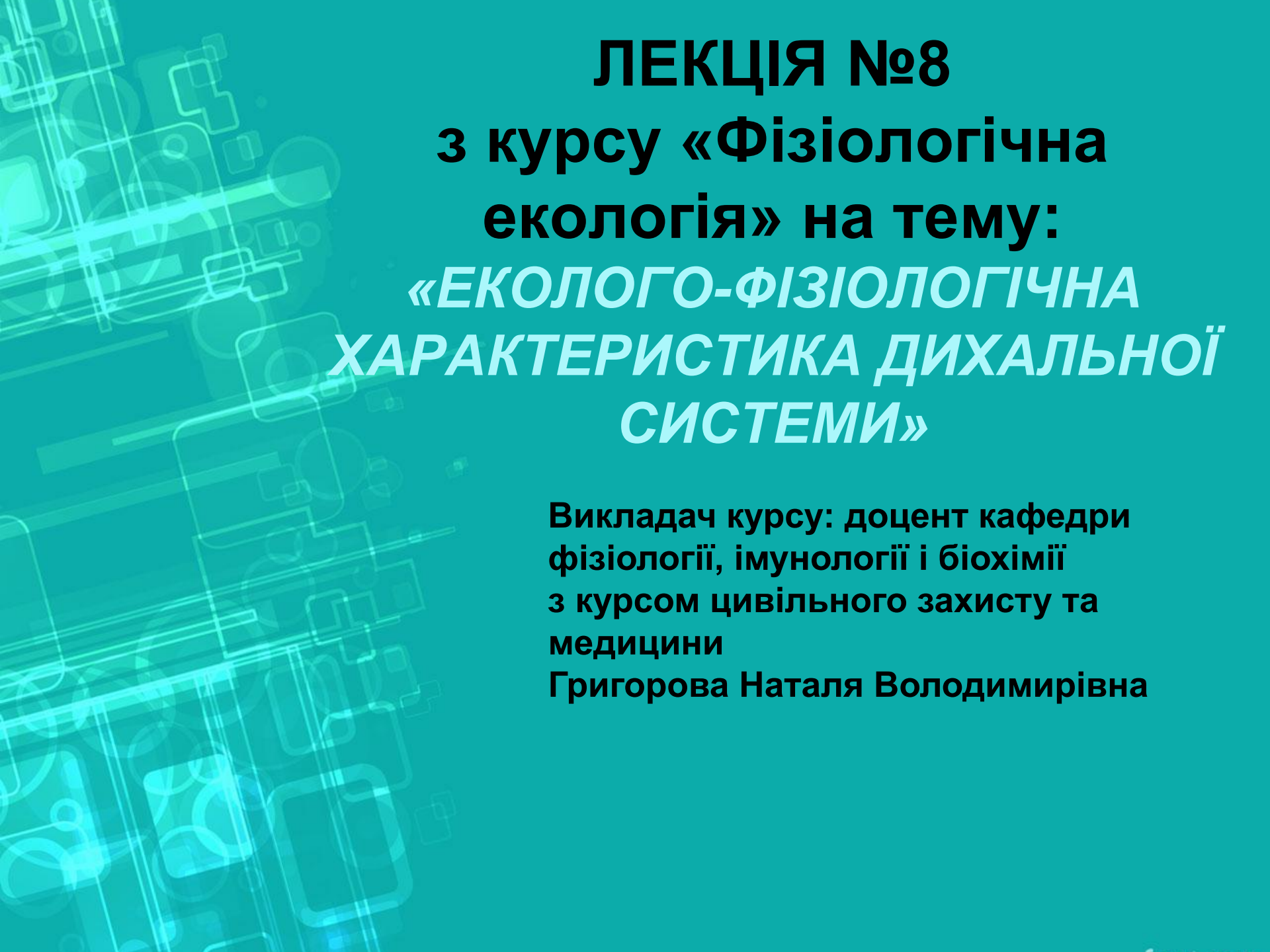




ЛЕКЦІЯ №8

з курсу «Фізіологічна екологія» на тему:

«ЕКОЛОГО-ФІЗІОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ»

**Викладач курсу: доцент кафедри
фізіології, імунології і біохімії
з курсом цивільного захисту та
медицини
Григорова Наталя Володимирівна**

ПЛАН

1. Біологічна необхідність дихання.
2. Водне та повітряне дихання у безхребетних.
3. Дихання комах.
4. Дихання риб.
5. Дихання земноводних.
6. Дихання рептилій.
7. Дихання птахів.
8. Дихання ссавців.
9. Дихання при фізичному навантаженні.
10. Дихання при пониженому атмосферному тиску.
11. Дихання при високому атмосферному тиску.
12. Газообмін у пірнаючих тварин.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : підручник. Суми : Університетська книга. 2023. 400 с.
2. Екологічна фізіологія людини : навч. посіб. для студентів спеціальності 091 Біологія, освітньо-професійних програм Біологія, Лабораторна діагностика / укладачі : Т. Ф. Поручинська, І. Ф. Пасичнюк, А. І. Поручинський. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2021. 272 с.
3. Мазуркевич А. Й., Карповський В. І., Камбург М. Д., Федорук І. С. Фізіологія тварин. Вінниця : Нова книга, 2012. 424 с.
4. Медична фізіологія за Ґайтоном і Голлом [Текст = Guyton and Hall. Textbook of Medical Physiology : підруч.: пер. з англ. 14-го вид. : у 2 т. / Дж. Е. Голл, М. Е. Голл ; наук. ред. пер.: К. Тарасова, І. Міщенко. Київ : ВСВ Медицина, 2022. Т. 1. 634 с.
5. Пашко К. О., Кашуба М. О., Лотоцька О. В. Гігієна та екологія : підручник. Терновіль : Укрмедкнига, 2022. 528 с.
6. Фізіологія : підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. IV рівня акредитації / за ред. В. Г. Шевчука. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2021. 448 с.

1. Біологічна необхідність дихання

Нормальна життєдіяльність усіх живих організмів, за винятком деяких мікроорганізмів, здійснюється за рахунок аеробних процесів, пов'язаних з безперервним поглинанням O_2 з довкілля та виділенням CO_2 .

Сукупність процесів, які забезпечують обмін цих газів між організмом і зовнішнім середовищем, зветься диханням. У біологічному плані **дихання** – це процес біологічного окислення, який відбувається в тканинах. Окислювальні процеси забезпечують енергією всі функції організму. У диханні виділяють два самостійні процеси: **тканинне дихання** – обмін газів внаслідок біологічного окислення та **зовнішнє дихання** – обмін газів між організмом і довкіллям. З екологічної точки зору значний інтерес представляє зовнішнє дихання: саме ця функція в максимальному ступені залежить від різноманітності умов середовища, що впливають на забезпечення організму киснем.

Найважливішим фізичним механізмом обміну газів є **дифузія**, тобто пасивне переміщення молекул газу з ділянки високої концентрації у ділянку низької. Для дифузії молекул газу не потрібна енергія макроергічних сполук. Реакція між молекулами може відбуватися тільки тоді, коли вони наближаються одна до іншої на відстань магнітного поля електрона. Тому обмін газів між організмом і довкіллям за допомогою дифузії може забезпечити життя тільки в тому випадку, коли розміри організму будуть не більше 1 мм. У тварин з розміром тіла більше 1 мм обмін газів здійснюється за рахунок **конвекційного транспорту**, тобто переносу молекул газу в потоці довкілля. Для цього в процесі еволюції сформувались спеціальні органи, що забезпечують активне переміщення довкілля (води або повітря) відносно організму, або в середині самого організму. Система органів, яка забезпечує активний транспорт повітря, складає **дихальну систему**.

2. Водне та повітряне дихання у безхребетних

У **водних безхребетних** функції, які обслуговують дихання, з'являються навіть у одноклітинних. Так, у прісноводної раковинної амеби в бідному на O_2 середовищі утворюються в протоплазмі кисневі пухирці, що дозволяє їй спливати в більш окислені шари води. Спеціалізовані органи дихання (зябра та легені), яку б форму вони не приймали, в більшості випадків виникають як частина травного тракту. Так, у багатьох безхребетних, наприклад поліхет, це дихальні порожнини, що вдаються в тіло, або навпаки, вирости, що значно полегшують доставку O_2 до тканин. У багатьох видів зустрічаються різні пігменти, що беруть участь у транспорті газу. До них належать хлорокруорини, гемеретрини, гемоціаніни та гемоглобіни (еритрокруорини). Гемоглобіни круглих, плоских, кільчастих черв'яків, деяких членистоногих, які живуть у воді, а також молюсків і голкошкірих мають високу спорідненість до O_2 зв'язку з мешканням у бідному O_2 середовищі, але вони не тільки беруть участь у переносі O_2 , але й можуть слугувати своєрідним буфером, який захищає тканини від прямої дії O_2 . До інших дихальних властивостей крові водних безхребетних слід віднести й появу в ній карбоангідрази, що сприяє зв'язуванню та віддачі CO_2 , й одночасно малу буферну ємність, обумовлену легкістю дифузії CO_2 у водне середовище.

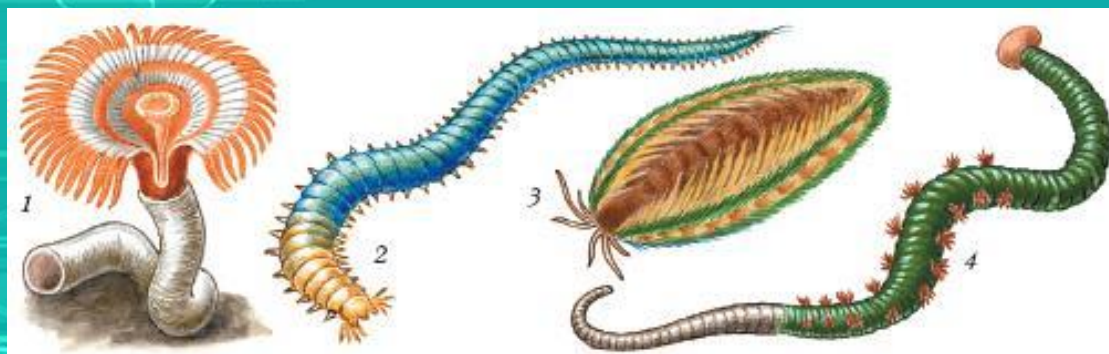
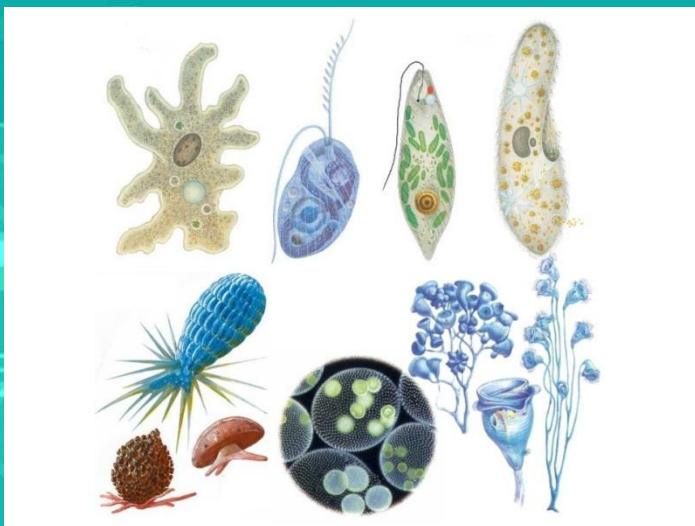


Рис. 63. Разнообразные многощетинковые кольчатые черви: 1 — «сидячий» морской червь; 2 — нереис; 3 — морская мышь; 4 — пескожил



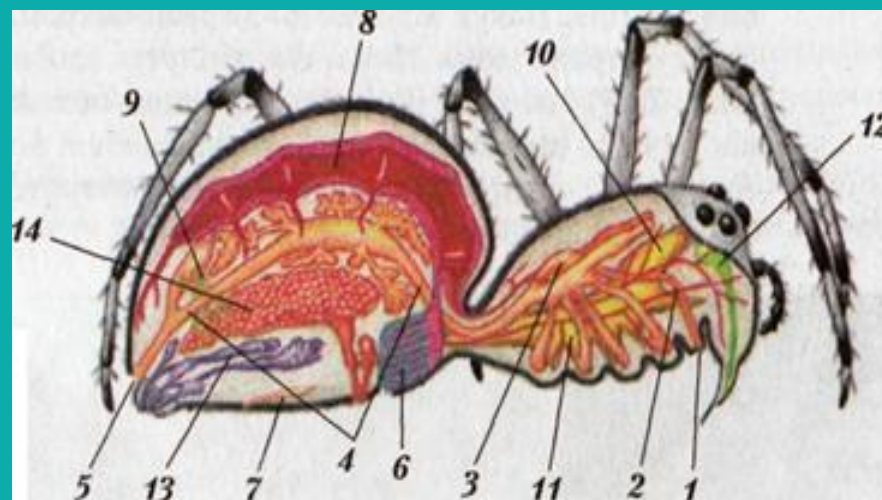
Водні безхребетні тварини

У наземних безхребетних вихід на сушу був проявом еволюційної тенденції до захоплення нових ареалів, у даному випадку середовища, що відрізняється великою доступністю молекулярного O_2 . Безпосередньою ж причиною, що спонукала деяких тварин переходити до наземного способу життя, були, з одного боку, несприятливі зміни в середовищі мешкання, в тому числі збідніння води O_2 , періодичне обміління (відливи) або пересихання водоймищ, а з іншого – поступове збільшення PO_2 в атмосфері. В силу того, що перехід до повітряного дихання не усунув механізму, в якому між зовнішнім і внутрішнім середовищем відбувається дифузія газів у їх розчинному стані, газообмінні поверхні наземних тварин звичайно зволожені.

Розрізняють три основних механізми газообміну в повітряному середовищі: 1) через загальну поверхню тіла, звідки O_2 переноситься до тканин; 2) через трубки, що проводять повітря прямо до клітин тіла; 3) через легені та систему циркуляції.

Перший з наземних типів дихання зустрічається в кільчастих червив (дощові черві). Газообмін у них відбувається через шкірний покрив, який складається з одношарового епітелію, зволоженого секретом слизових залоз, головним чином через його тонкі ділянки. Пристосуваннями до умов середовища слугують: 1) наявність резервуара O_2 у вигляді HbO_2 , який дозволяє у випадках припинення доступу цього газу ззовні підтримувати протягом деякого часу окислювальний процес у тканинах, поки організм не буде вимушений перейти на анаеробний механізм дихання; 2) своєрідна поведінка дощового черв'яка: він мешкає в ґрунті з досить інтенсивною аерацією (P_{O_2} – 110-150 мм рт. ст.). Під час дощу доступ O_2 через ґрунт утруднюється, і P_{O_2} в ньому швидко падає; це й викликає масовий вихід тварин на поверхню. У них вперше вдається відмітити **«дихальні» рухи.**

У легеневих молюсків (садовий равлик) дихання здійснюється через мантийну порожнину, що відкривається ззовні отворами – **пневмостомами**. Це так звана дифузійна легеня, де газообмін відбувається виключно шляхами дифузії газів. Відкриття й закриття пневмостом можуть регулюватися в залежності від P_{O_2} і P_{CO_2} , об'єма повітря в легені, вологості та температури. З усх «вищих» безхребетних тільки членистоногі завоювали сушу в повному сенсі слова. Перехід від водного дихання до повітряного можна спостерігати у представників різних класів даного типу тварин. Еволюція проходила тут двома шляхами. У одних членистоногих (сухопутні краби з ракоподібних, павуки з павукоподібних) органи водного дихання (листоподібні зябра, пов'язані з кінцівками) були перетворені в мішкоподібні структури – **дифузійні легені**. З таких легень O_2 постачається тканинам через незамкнену кровоносну систему, з потоком гемолімфи, що проштовхується трубчастим серцем. Але у більшості наземних членистоногих (павуки та скорпіони з павукоподібних, багатоніжки) утворились зовсім нові дихальні органи – так звані **трахеї**, які являють собою систему повітроносних трубок, що проникають більш або менш глибоко в тіло тварини.



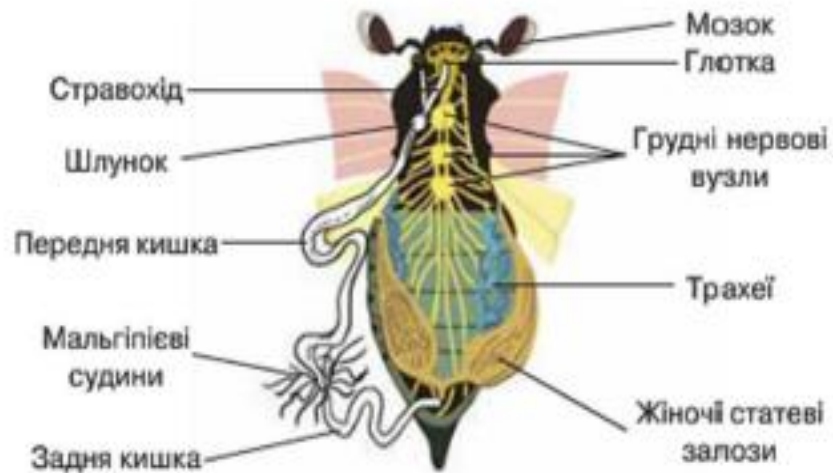
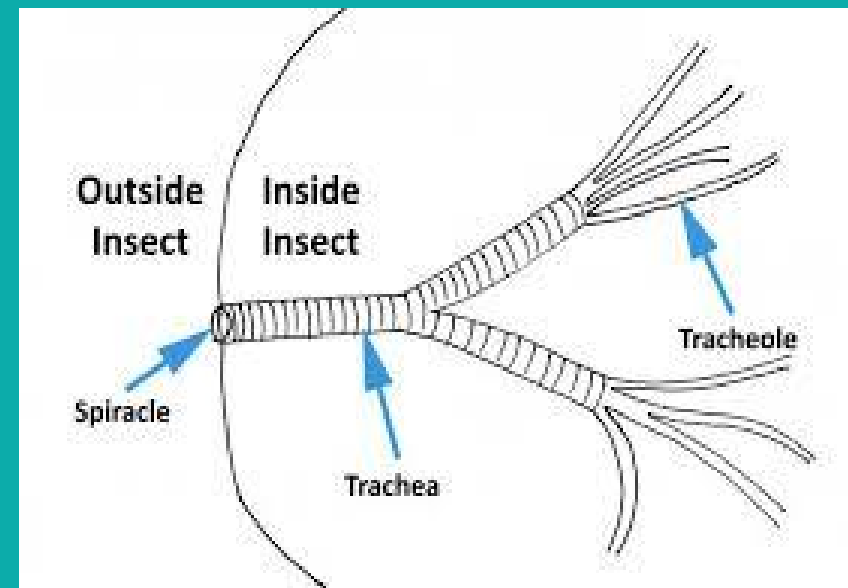
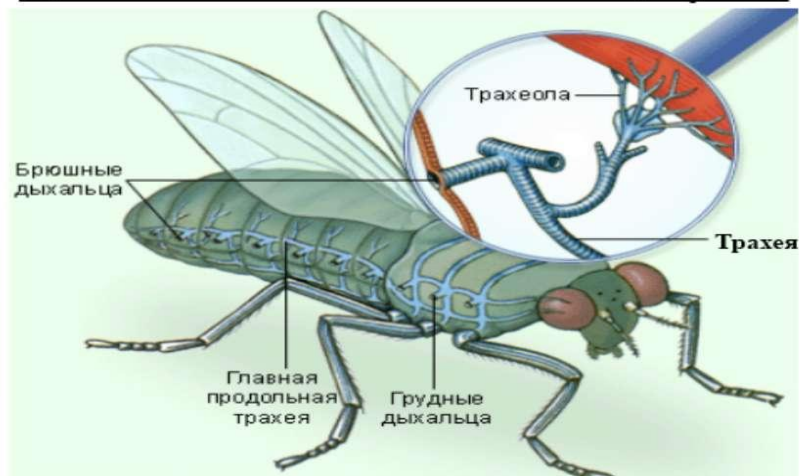
Внутрішня будова павука: 1 - рот; 2 - стравохід; 3 - шлунок; 4 - кишечник; 5 - анальний отвір; 6 - **легеневий мішок**; 7 - **трахеї**; 8 - серце; 9 - мальпігієві судини; 10 - головний мозок; 11 - вузли черепного нервового ланцюжка; 12 - отруйна залоза; 13 - павутинні залози; 14 - статева система

3. Дихання комах

Формування потужної трахейної системи обумовлено: 1) економією води в умовах сухої атмосфери; 2) інтенсифікацією газообміну, пов'язану з високими енерговитратами; 3) несуттєвою роллю в транспорті газів гемолімфи комах. Лише дуже дрібні комахи, наприклад попелиця й личинки, користуються шкірним диханням: їх покрив у деяких місцях проникний для газів. Типове ж для більшості комах трахейне дихання забезпечує в основному транспорт O_2 . CO_2 дифундує в значному ступені через шкірні покриви. При цьому CO_2 видаляється у вигляді газу, а не в гідратованому, як у хребетних вигляді. Це підтверджуються відсутністю карбоангідрази в гемолімфі та трахеях.

Дихальна система комах сполучається з атмосферним повітрям за допомогою **дихалець** – 10 пар отворів, кожне з яких веде в атріальну порожнину. Від останньої відходять трахейні трубочки, багаторазово розгалужуються, сполучаючись між собою та закінчуючись тонкими трахеолами діаметром менше 1 мкм. Дихальця мають фільтруючий і замикаючий апарати, за допомогою яких повітря очищується від пилу, а також здійснюється регуляція надходження повітря з киснем в організм. Звичайно під час польоту замикаються широко відкриті всі грудні дихальця, деякі дихальця черевця відкриваються та закриваються синхронно з рухами крил.

Дихальна система комах (мухи)



Мал. 66. Схема будови тіла хруща

Види, які мешкають у вигляді водних тварин, але використовують для дихання атмосферний кисень, мають пристосування для захоплення повітря. До них належать: 1) **«фізичні зябра»** (жук-плавунець) – спеціальні повітряні камери під надкрилами; 2) **трахейні зябра** (веснянки, личинки, німфи) – тонкостінні вирости тіла у вигляді трубок або пластин, іноді рухливих; 3) **дихальцеві зябра** (лялечки) – тонкі нитки голови, з яких O_2 потрапляє в розгалуження трахей. У деяких випадках джерелом O_2 для комах слугують пухирці повітря, що плавають у спіненій воді, яка знаходиться на листках і стеблах рослин. Під час діапаузи, що супроводжується майже повним припиненням обміну речовин, припиняється й дихання; так організм отримує можливість пережити холод. У стані аноксигібозу у личинок, що мешкають у мулі або вологому ґрунті, O_2 з довкілля майже не надходить, а продукується за рахунок розщеплення глікогену та жирів.



Жук-плавунець
(«фізичні зябра»)



Веснянки
(трахейні зябра)

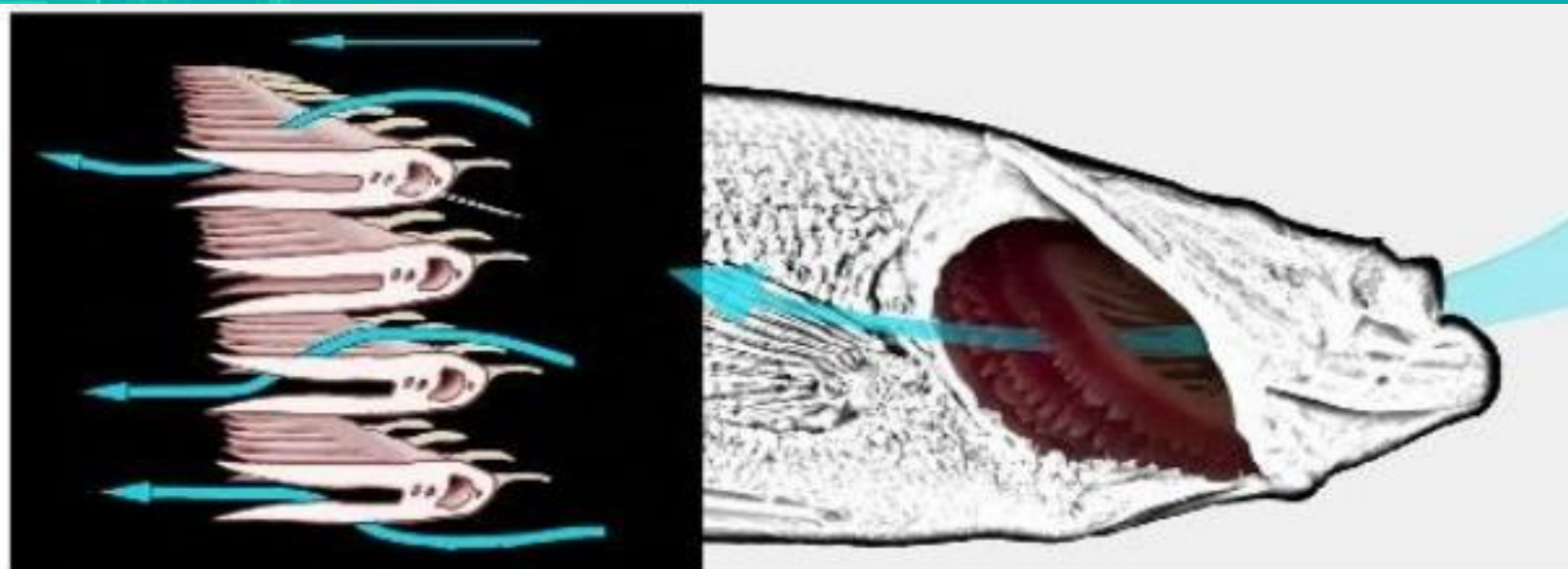
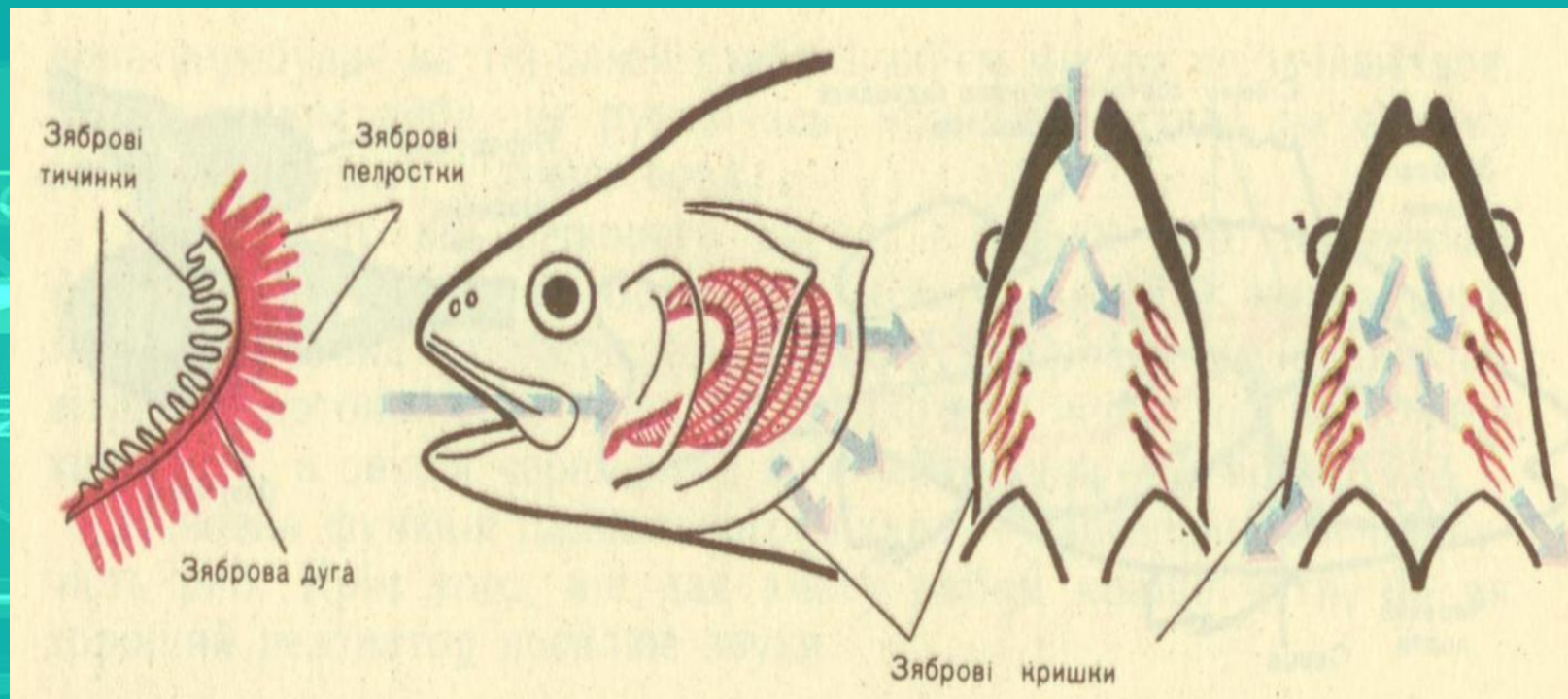


Лялечка
(дихальцеві зябра)

4. Дихання риб

У воді риби використовують для дихання зябра.

Зябровий апарат риб – найбільш ефективний орган газообміну серед хребетних. Висока ефективність зябрового дихання покликана компенсувати великі енерговитрати на вентиляцію зябер водою. Функціонування за принципом безперервного противотоку, коли кров у зябрових капілярах тече назустріч воді, що омиває зябра, дозволяє риbam добувати з води O_2 найбільш економним шляхом. Основну роль в регуляції дихання риби відіграє O_2 , хоча доведений і стимулюючий вплив CO_2 . Риби, як і інші хребетні, мають розвинену систему транспорту газів; при цьому у переважній їх більшості Hb еритроцитів – основний переносник O_2 . Але киснева ємність кров у риб відносно невелика.



У багатьох риб водне дихання спорадично доповнюється повітряним. Серед **кісткових риб**, головним чином **тропічних**, багато видів, представники яких при зниженні O_2 у водоймищі піднімаються до його поверхні та зрошують свої зябра більш окисненою водою або ковтають і пропускають через зяброві щілини повітря. Ці риби ще не мають спеціалізованих структур, які слугують для повітряного дихання.

У **тропічних прісноводних риб** є спеціалізований орган повітряного дихання – **лабіринт** – ригідні вирости однієї із зябрових дуг, розташовані в окремій порожнині з щільною сіткою капілярів у стінках і відкриваються назовні клапанним отвором. Це дозволяє тваринам здійснювати нічні переходи по суші й навіть влізати на дерева.

Часто риби (відкритоміхуреві) використовують для повітряного дихання плавальний міхур, який сполучається **пневматичною протокою** зі стравоходом або шлунком, звідки в нього при ковтанні надходить атмосферне повітря.

У так званих **двоєкодихаючих (дводихаючих)**, або **легеневих риб**, в основі глотки, розташовується одна чи дві легені, що відкриваються в стравохід і гомологічні легеням наземних хребетних. Легені цих риб по суті новий, високоспеціалізований орган повітряного дихання.



Сазан



Арапаїма



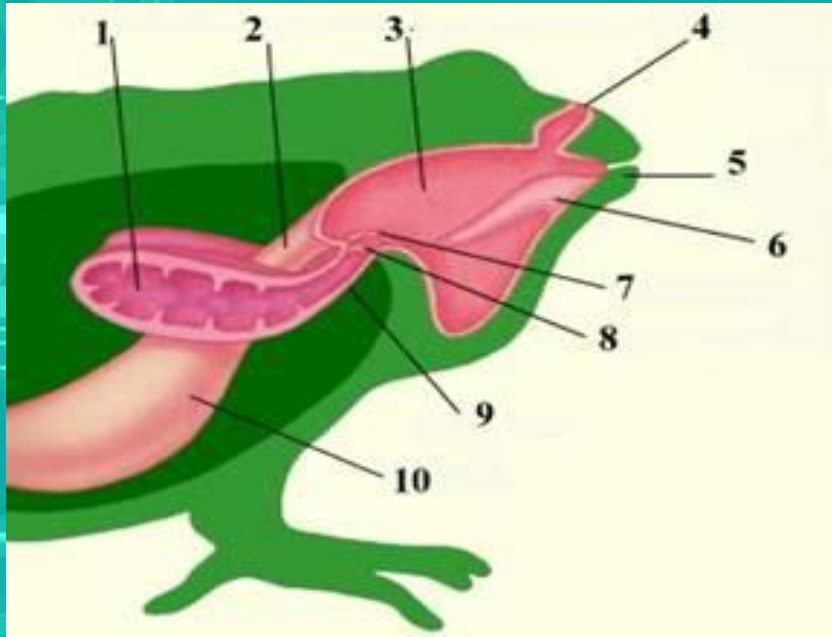
Протоптер



Австралійський рогозуб

5. Дихання земноводних

Земноводні мають слаборозвинені **легені**, що виконують не тільки дихальну, але й гідростатичну функцію, сприяючи спливанню тварин, але не забезпечують повністю газообміну організму. Деяка частка поглинаємого O_2 та більша частка виділяємого CO_2 дифундують через шкіру. Шкірні покриви амфібій у зв'язку з цим багато васкуляризовані та споряджені слизовими залозами, тому що потребують змочування. Окремі види саламандр позбавлені легень та обходяться одним шкірним газообміном. Найбільш примітивні легені в хвостатих амфібій. У протея, наприклад, одинична легеня у вигляді гладенькостінного мішка. У найбільш високоорганізованих земноводних легені мають комірчасту будову. З'являються прості (у саламандр), а потім і складні (у жаб) перегородки. Це значно підвищує газообмінну поверхню легень, хоча вона залишається поки порівняно невеликою: у жаби – 20 см^2 на 1 см^3 об'єма, а у людини – $300 \text{ см}^2/\text{см}^3$. Легені амфібій вже містять **сурфактант** – речовину, що запобігає злипанню альвеол, – але в менших, ніж у ссавців, концентраціях. Кров земноводних містить крупні ядерні еритроцити. Концентрація Нв коливається від 6 до 32% на 100 мл, киснева ємність крові відносно невелика: 2-12%.



Дихальна система земноводних:

1 – **легені**, 2 – стравохід,
 3 – **глотка**, 4 – **зовнішні ніздрі**,
 5 – нижня щелепа, 6 – язик,
 7 – **голосова щілина**, 8 – **голосові зв'язки**, 9 – **бронхи**, 10 – шлунок.



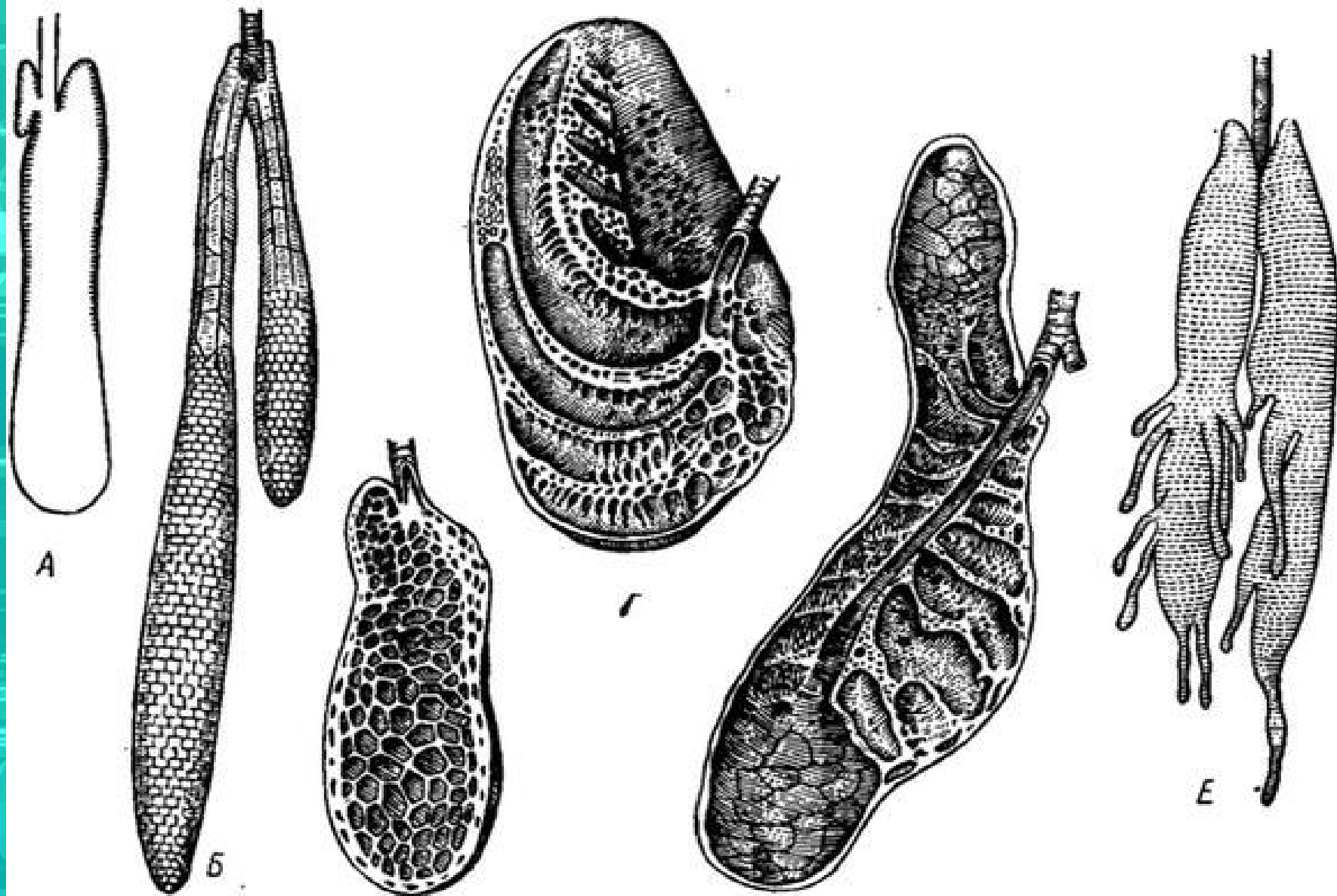
У звичайних умовах у земноводних вентилюється в швидкому темі тільки щічно-глоткова порожнина. Час від часу ці рухи перериваються координованими скороченнями певних м'язів роту та гортані, що забезпечують нагнітання повітря в легені та зворотне його відсмоктування. Дихальні рухи земноводних керуються дихальним центром довгастого мозку в принципі подібним до так самого у риб, але який функціонує вже як центр ротоглоткового дихання. Дихання амфібій регулюється у відповідності до коливань газового складу й активної реакції внутрішнього, а в деякій мірі й зовнішнього середовища. Так як газообмін через шкіру залежить від умов дифузії у даному середовищі, але головним чином регуляції дихання амфібій слугують їх поведінкові реакції. До кінця дня вміст O_2 у воді досягає максимуму, вміст CO_2 – мінімуму, а до сходу сонця настають зворотні зсуви, спостерігаються відповідні добові міграції цих тварин (саламандр).

Інтенсивність газообміну земноводних змінюється в зв'язку зі здібністю організму добувати O_2 з довкілля. Жаби зиму проводять у воді, в стані гібернації. При цьому їх низький метаболізм повністю забезпечується дифузією газів через шкіру.

6. Дихання рептилій

Фізіологія дихання рептилій знаменує собою перехід газообміну у вологому зовнішньому середовищі до «сухої» вентиляції, механізм якої вже майже такий самий, як у ссавців. Рептилії втрачають шкірне дихання, за винятком ящірок і видів, що пристосувалися до життя у воді. Практично увесь газообмін у них здійснюється легенями. Останні мають складну мережу перегородок, які утворюють дрібні комірочки, де і здійснюється дифузний газообмін між повітрям і кров'ю. Повітроносні шляхи представлені гортанню, трахеєю та двома бронхами. У багатьох змій трахеї і бронхи беруть участь у газообміні. Кров рептилій ще бідна на Нв (6-10 г на 100 мл), невелика і її киснева ємність: 6-13%.

Дихальні рухи плазунів містять ротоглоткову вентиляцію, властиву риbam і амфібіям. У рептилій зберігається й періодичний, як у амфібій, характер вентиляції легень, але з'являється й суттєва відмінність: легені заповнюються не шляхом нагнітання, а засмоктуванням повітря. У відповідь на зниження вмісту O_2 в середовищі дихальні рухи плазунів підсилюються.

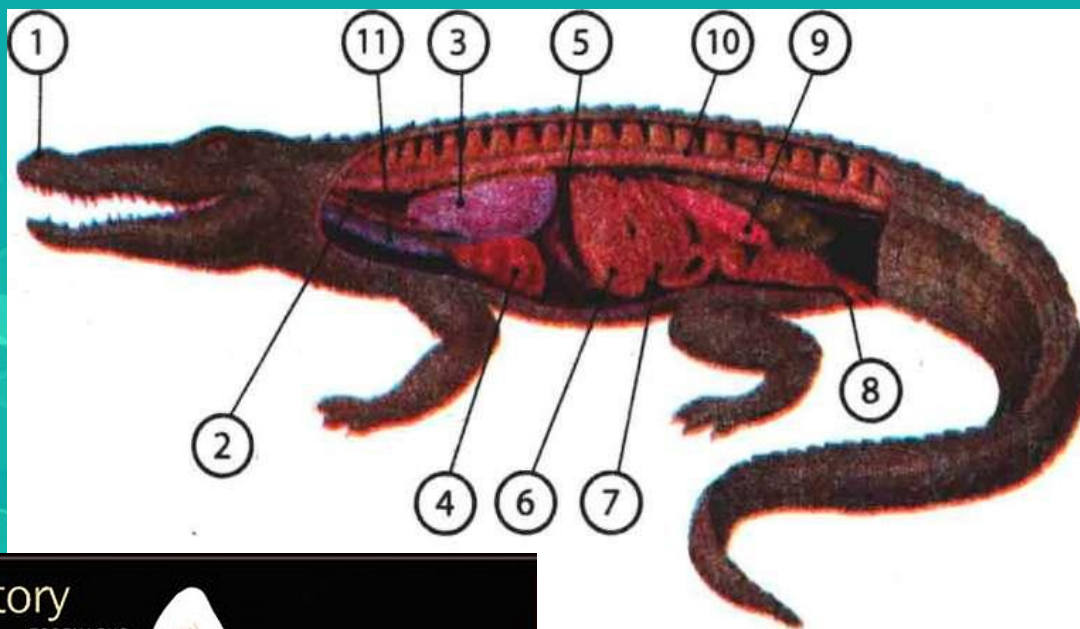


Легкие пресмыкающихся (по Ритчелу):

А — амфисбены (разрез); Б — анаконды (вид сверху); В — гаттерии (разрез), Г — варана (разрез), Д — аллигатора (разрез), Е — хамелеона (вид снизу; отростки — подобие воздушных мешков)

Викликають інтерес особливості дихання черепах, пов'язане з їхнім способом життя. Вони здібні довго перебувати під водою в стані апное. У добре окисненої воді вони можуть залишатися необмежений час. У цих умовах O_2 надходить у кров через шкіру, котра у черепах достатньо проникна, а завдяки щічно-глотковим дихальним рухам – і через ротову порожнину. Вихід з рота в глотку у черепах зачиняється розвиненою піднебінною завіскою, тому наповнення ротової порожнини водою не заважає диханню.

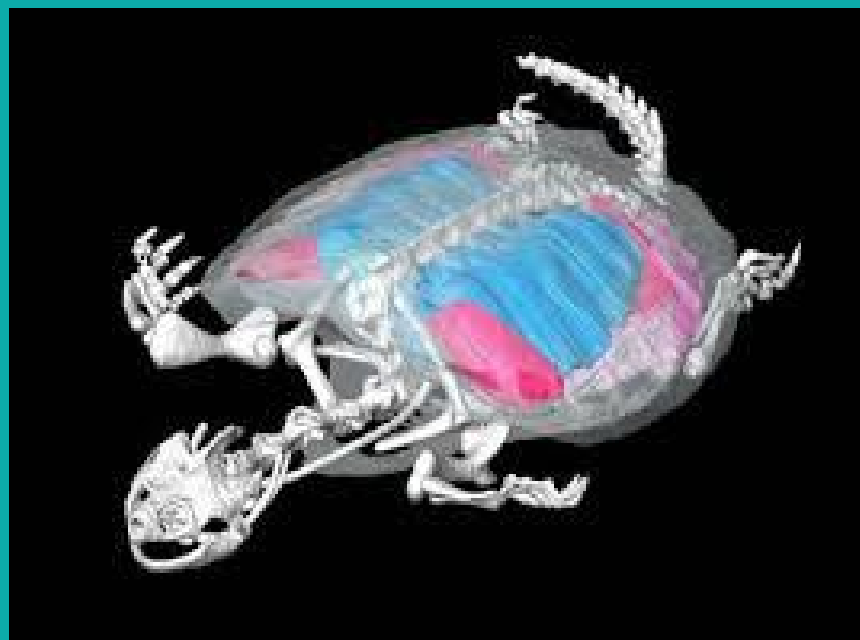
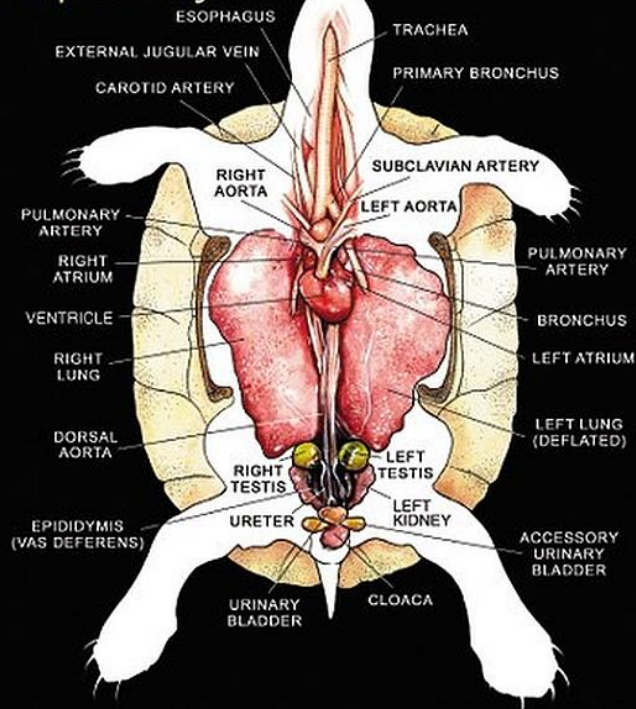
У крокодилів вдих відбувається через ніздрі, що височіють на кінці морди та можуть бути підняті над водою при зануренні тварини. Звідси повітря надходить в особливу камеру, відокремлену від ротової порожнини, а потім вже в гортань. У дихальному акті у крокодилів бере участь не тільки реберна, але й діафрагмальна мускулатура. В умовах занурення вдих потребує підсиленню скорочення цих м'язів, проте видих стає пасивним.



■ Схема внутрішньої будови плазуна:

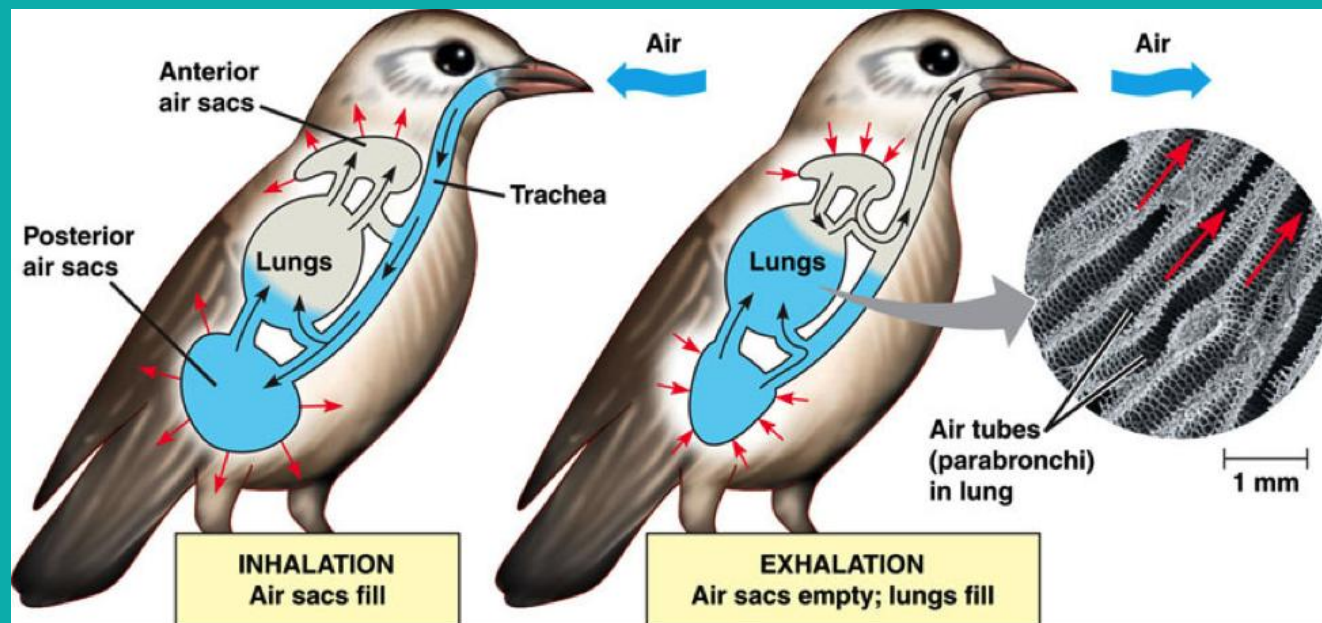
- 1 — ніздрі
- 2 — стравохід
- 3 — легені
- 4 — серце
- 5 — печінка
- 6 — шлунок
- 7 — кишечник
- 8 — клоака
- 9 — статеві залози
- 10 — хребет
- 11 — трахея

Respiratory



7. Дихання птахів

За будовою та функцією дихальної системи птахи, з одного боку, нагадують деяких плазунів (ящірки, черепахи, крокодили), з іншого – явно пристосовані до специфічних особливостей свого способу життя, пов'язані з польотом. Гортанна щілина веде в трахею, в ділянці біфуркації якої є розширення (**співоча гортань**), що містить голосовий апарат. Звідси починаються два головних (первинних) **бронхи**, що проходять крізь легені. **Легені** птахів невеликі та компактні. Вони жорстко зрощені з дорсальними ребрами та нижче розташованою горизонтальною діафрагмою. Від **первинних бронхів** відходять **вторинні**, а від них – **третинні бронхи**. Кожний такий бронх являє собою вісь респіраторної одиниці: від нього в усі боки відходять **повітряні капіляри** – вузькі трубочки діаметром 10-20 мкм. Деякі гілки вторинних бронхів, пронизуючи легеневу тканину, відкриваються в **повітряні мішки**, що утворюють багато дивертикулів. Задні повітряні мішки сполучаються через зворотні з третинними бронхами.



Вдих і видих супроводжуються активними рухами ребер із віддаленням і приближенням грудини відносно хребта та відповідно розтягненням і спаданням повітряних мішків. Вентиляцію легень і повітряних мішків можна пояснити схемою:

Вдих

вдихаємий газ



Легені



задні
повітряні
мішки



передні
повітряні
мішки

Видих

задні
повітряні
мішки



Легені



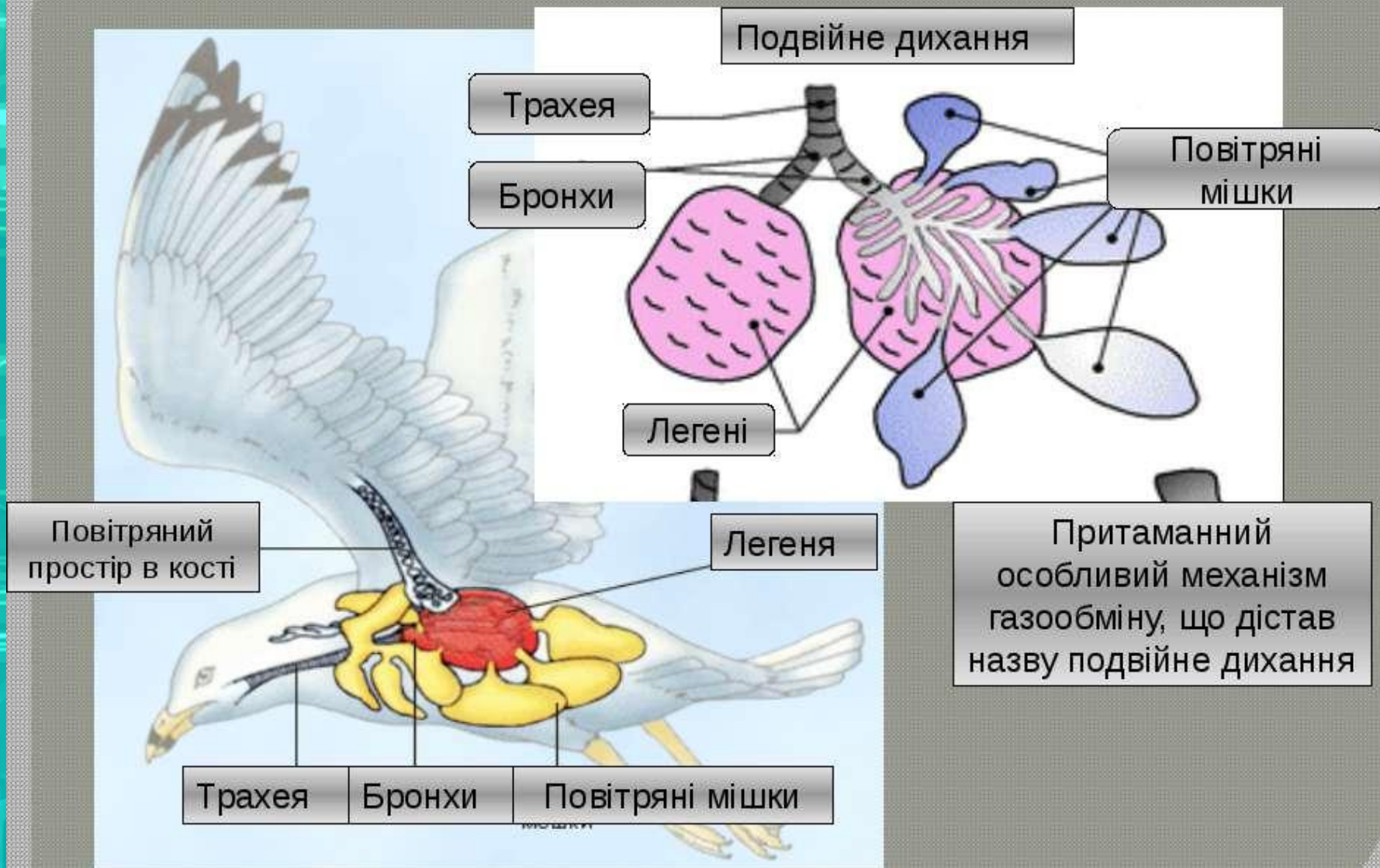
передні
повітряні
мішки



видихаємий газ

Отже, легені птахів вентиляються як при вдиху, так і при видиху, при цьому потік повітря через систему третинних бронхів у обох фазах спрямований односторонньо. Повітряні мішки діють як міха, забезпечуючи значну частку вентиляції легень. Газообмін тільки за рахунок дифузії. У цілому дихальний апарат птаха працює дуже економно. Це забезпечується особливостями вентиляції і дифузії у легенях, а також малими дихальними об'ємами (у голуба ДО – 38 мл, а ЧД – 30-35 циклів).

Дихальна система



Найбільш характерна для дихання птахів його пристосованість до умов польоту. Тут насамперед змінюється біомеханіка вентиляцій легень. Під час польоту грудина жорстко фіксується м'язами, а легені втрачають рухливість. Роль насосу при цьому виконують тільки повітряні мішки. Проте під час підйому крил їх функція у польоті різко підсилюється, мішки розпрямляються та засмоктують повітря. Опускання крил викликає різке підвищення тиску та виштовхування повітря з мішків. Звичайно початок вдиху співпадає з серединою або кінцем змаху догори, а початок вдиху – з кінцем опускання крил.

Під час польоту теплопродукція збільшується в 8 разів, а хвилинний об'єм дихання – в 20 разів (за рахунок гіпервентиляції повітряних мішків з дивертикулами). Важливим шляхом віддачі надлишкового тепла у птахів стала підсилена вентиляція дихальної системи – **поліпноє**. Дихальному центру, розташованому в довгастому мозку, властивий, як і у інших хребетних, ритмічний характер активності. Ця активність складається з послідовного збудження інспіраторних і експіраторних нейронів, які гальмують один одного. Домінуюча роль виконується інспіраторними нейронами. Множинний характер механо- та хеморецепторних механізмів регуляції дихання птахів забезпечує гнучкість і адекватність їх дихальних реакцій як на зсуви метаболізму, так і на зміни умов вентиляції легень.

8. Дихання ссавців

Важливими риси будови та функцій системи дихання у ссавців:

- 1) тораколумбальний характер дихальних рухів за участю діафрагми як важливішого інспіраторного м'яза (цим досягається відносна незалежність дихання від локомоцій та автономне управління легеневою вентиляцією);
- 2) альвеолярна будова легень, які підтримуються в більш або менш розтягнутому стані за рахунок негативного тиску в оточуючій їх плевральній щілині: у зв'язку з цим в альвеолах постійно зберігається певний об'єм повітря майже сталого складу – своєрідна «внутрішня атмосфера», що забезпечує рівномірний альвеолярно-капілярний дифузійний обмін газів, у той час як вентиляція дихальної системи переривиста, різноспрямована;

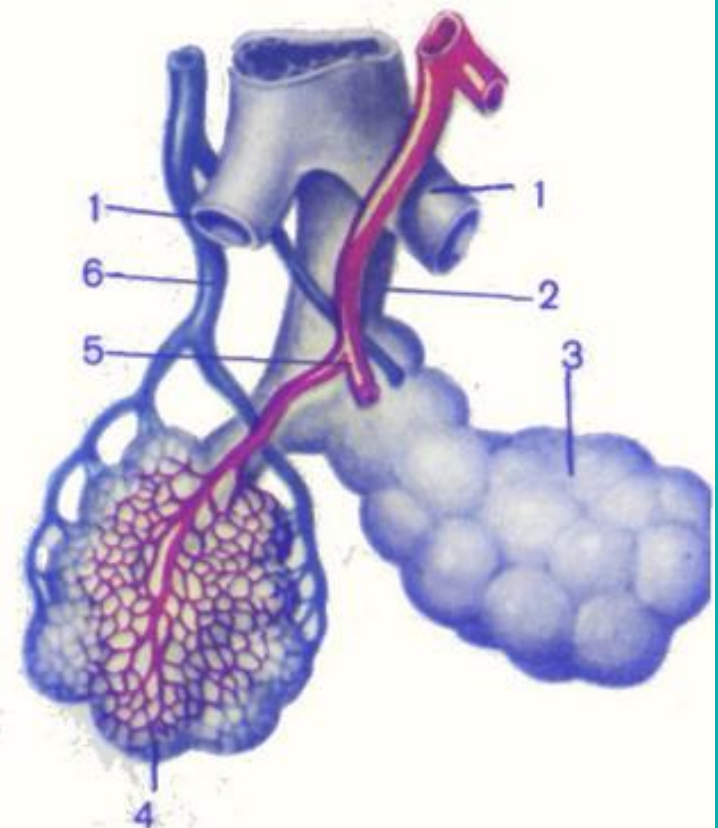
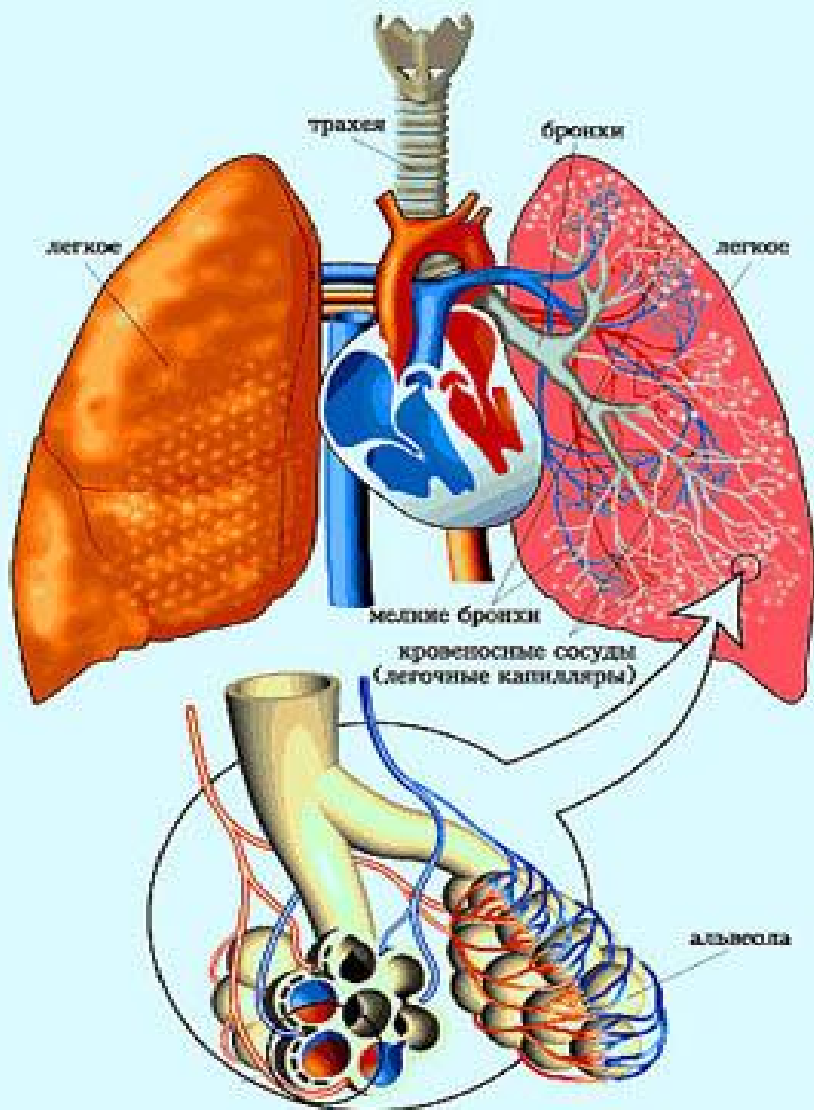


Схема будови ацинуса легень:
 1- бронхи; 2- бронхіола; 3 - альвеола; 4 - капілярна сітка; 5 - артерія; 6 - вена.

- 3) домінуюча роль центральних хемочутливих структур і гіперкапнічного стимулу в управлінні диханням, що робить останнє надзвичайно чутливим до змін P_{CO_2} і pH внутрішнього середовища, особливо середовища, що безпосередньою контактує з тканиною мозку;
- 4) схильність дихального центру до регулюючого впливу з боку вище розташованих відділів головного мозку, що забезпечує швидку перебудову дихання при зрушеннях метаболізму (м'язова діяльність) і впливі інших факторів збурення;
- 5) стійке функціонування системи транспорту дихальних газів в організмі, чому сприяє велика киснева (в 2 рази більше, ніж у риб) і буферна ємність крові.

Амфібія



Рептилія



Величина газообмінної поверхні легень, прямо пропорційна споживанню O_2 , відносно більше у малих тварин. У них вище й дифузійна здібність легень. У підсумку газообмінна ефективність легень мишей у 15 разів вище за людську. Загальна ємність легень різних тварин майже постійно залежить від маси та складає 10-15% об'єму тіла. Але відношення ФЗЄ до ЖЄЛ більше у крупних тварин з більш рідким диханням, наприклад у слона.

Якщо порівняти механіку дихання окремих представників класу ссавців, то з'ясовується, що вони, незважаючи на відмінності в будові дихальної системи, вентилюють легені в оптимальному режимі. Іншими словами вдих і видих у них поєднується з мінімальною витратою енергії на одиницю об'єму повітря, що вентилюється.

9. Дихання при фізичному навантаженні

Під час виконання фізичної роботи м'язами необхідна велика кількість O_2 . CO_2 -продукція та споживання O_2 зростає при фізичному навантаженні в 15-20 разів. Забезпечення організму киснем досягається сполученим зусиллям функції дихання та кровообігу. Вже на початку м'язової роботи вентиляція легень швидко збільшується внаслідок гіперпноє, що забезпечується складним комплексом нервових і гуморальних механізмів.

Інтенсифікація кровообігу проявляється у підвищенні ЧСС з 70 до 150-200 в 1 хв, CO – з 70 до 200 мл, ХОК – з 4-5 л до 25-30 л за 1 хв. Різко зростає кровопотік через працюючі м'язи внаслідок розширення в них судин (робоча гіперемія). Підсилення постачання працюючих м'язів киснем у значній мірі забезпечується підвищенням дисоціації оксигемоглобіну внаслідок дуже низького напруження кисню в них. Дисоціація оксигемоглобіну зростає також внаслідок підвищення напруження CO_2 , зниження рН і підвищення температури в працюючих м'язах. Внаслідок при фізичній роботі коефіцієнт утилізації кисню підвищується з 30-40 до 50-60%. Під час фізичної роботи збільшується напруження CO_2 у венозній крові, тому що у великих кількостях цей газ дифундує з м'язів у кров, а з неї за межі організму виводиться за рахунок підвищення ХОК і вентиляції легень.

10. Дихання при пониженому атмосферному тиску

Найбільш часто зустрічається природна ситуація, що зменшує ефективність газообміну і полягає у зниженні загального атмосферного тиску, а з ним парціального тиску O_2 у високогір'ї (**гірська хвороба**). Висотні адаптації особливо добре вивчені у ссавців. Типи пристосувальних реакцій можна поділити на дві групи: «боротьба за кисень» і адаптації до гіпоксії. Під **адаптаціями до гіпоксії** розуміють реакції, як протікають на тканинному рівні та забезпечують стійкість до недостатнього постачання тканин O_2 . Сюди відноситься неспецифічна реакція підвищення тканинної стійкості до гіпоксії, а також підсилення анаеробного гліколізу, що дозволяє здійснювати енергетичні процеси при недостатньому надходженні O_2 до тканин.

Група реакцій, яка характеризується як **«боротьба за кисень»**, за своєю екологічною спрямованістю представляє собою компенсаторні реакції, націлені на підтримання нормального постачання тканин O_2 в умовах утрудненого надходження його в кров.

Найбільш швидко вмикаються механізми пришвидшення дихання та серцебиття – реакцій, спрямовані на компенсацію недостатнього надходження O_2 в кров підсиленням легеневої вентиляції і циркуляції крові в організмі. Такі реакції виникають при підйомі в гори. Паралельно з цими реакціями нерідко спостерігається й підсилення кисневої ємності крові шляхом збільшення кількості циркулюючих еритроцитів, а відповідно й кількості гемоглобіну. При більш стабільній дії висотної гіпоксії «термінові» реакції типа гіпервентиляції та підсилення серцевої діяльності змінюються більш стійкими, серед яких відмічається підвищення й кількості еритроцитів і загальної кількості гемоглобіну в крові. При цьому підвищення кількості еритроцитів визначається вже не використанням депонованих клітин, а загальної перебудови системи еритропоезу. Крім того спостерігається підвищення щільності капілярів у тканинах, збільшення їх довжини та звивистості, підвищення стійкості клітин, особливо нервових, до гіпоксії. Одним з механізмів, які дозволяють горцям в умовах гіпоксії підвищити віддачу кисню тканинам і зберегти вуглекислоту, є здібність до утворення в них метаболізму глюкози – 2,3 дифосфогліцерату, що знижує спорідненість гемоглобіну до кисню.

11. Дихання при високому атмосферному тиску

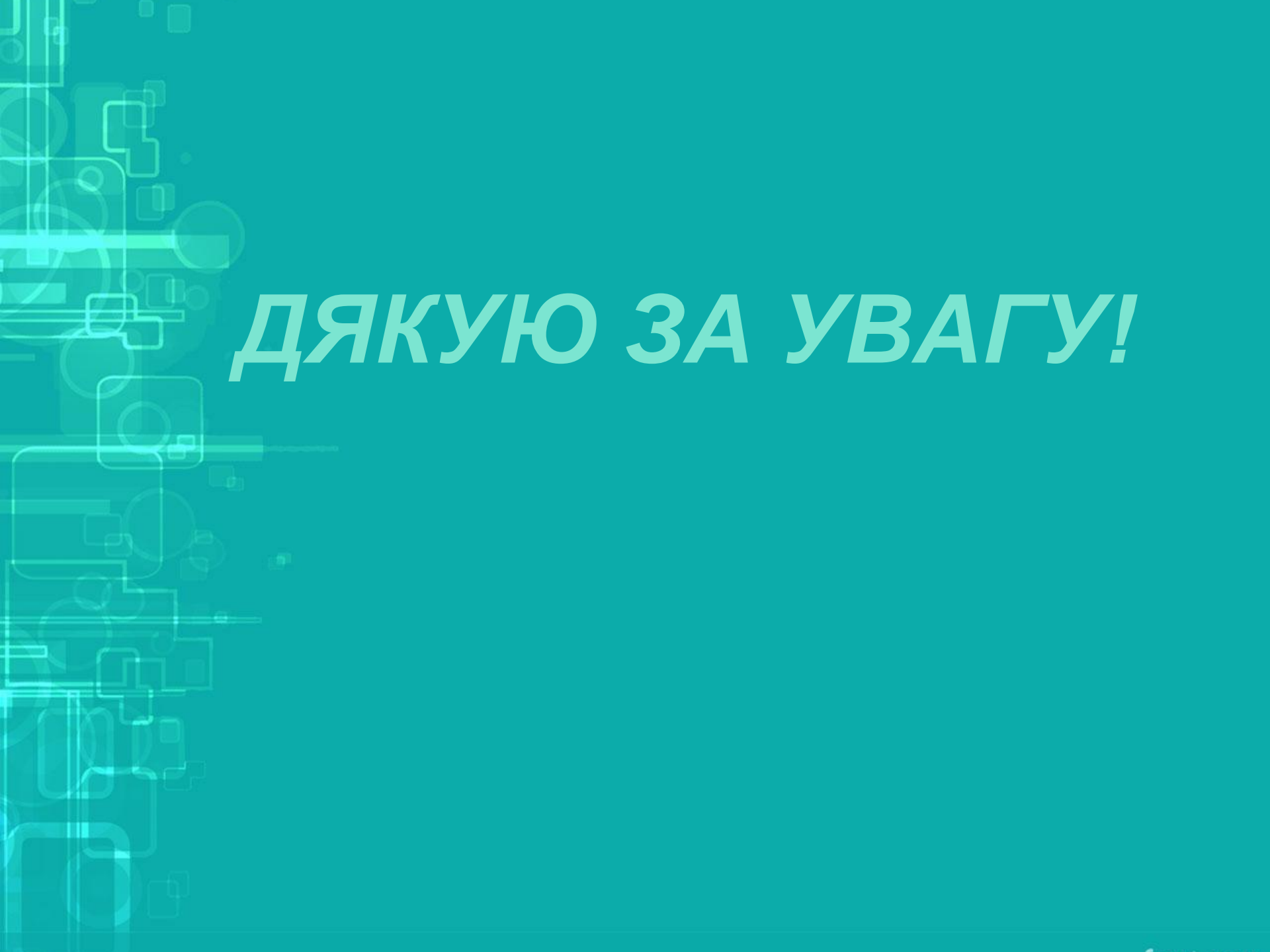
Під час водолазних і кесонних робіт людина знаходиться під тиском вище атмосферного на 1 атм на кожні 10 м занурення. У цих умовах збільшується кількість газів, розчинених у крові, й особливо азоту. При швидкому підйомі водолаза на поверхню фізично розчинені в крові та тканинах гази не встигають виділитися з організму й утворюють пухирці – кров «закипає». O_2 і CO_2 швидко зв'язуються кров'ю та тканинами. Особливу небезпеку проявляють пухирці азоту, що розносяться кров'ю та закупорюють дрібні судини (газова емболія), що супроводжується тяжкими ушкодженнями ЦНС, органів зору, слуху, сильними м'язовими та суглобовими болями, втратою свідомості. Такий стан, який виникає при швидкій декомпресії, зветься **кесонною хворобою**. Постраждалого необхідно знову помістити в середовище з високим тиском, а потім поступово проводити декомпресію. Вірогідність виникнення кесонної хвороби може бути значно знижена при диханні спеціальними газовими сумішами (гелієво-киснева). Гелій майже нерозчинний в крові, він швидко дифундує з тканин.

12. Газообмін у пірнаючих тварин

Своєрідні умови газообміну утворюються у наземних тварин, які вторинно перейшли до водного способу життя або екологічно пов'язані з регулярним пірнанням або (як багато хто з птахів) зануренням голови в воду. Усі ці види мають легеневий тип дихання, у всіх процес зовнішнього газообміну відбувається в нормальних атмосферних умовах. Але під час перебування під водою різко змінюються умови постачання тканин киснем: надходження його в організм припиняється й виникає стан функціональної асфіксичної гіпоксії. У найбільш спеціалізованих пірначів зупинка дихання може бути досить тривалою, хоча у переважної більшості видів тривалість перебування під водою не перевищує декількох хвилин.

Пірнання викликає досить швидке зменшення вмісту O_2 та зростання концентрації CO_2 , у кров. Стійкість пірнаючих тварин до такої функціональної гіпоксії визначається рядом фізіологічних адаптацій, спрямованих, з одного боку, на збільшення запасів O_2 в організмі перед пірнанням, а з іншого – на більш економне витрачання цих запасів під час занурення.

Запаси O_2 звичайно пов'язують з накопиченням його в крові та м'язах, тому що запас O_2 в легенях, можливо, невеликий. Багато хто з пірнаючих тварин уходять у воду на видиху, що більш вигідно, так як знижуються плавучість і витрати енергії на занурення. Для глибокопірнаючих тварин це, крім того, запобігає виникненню **«кесонної хвороби»**. Ефективність шляху запасання O_2 в крові визначається загальною кількістю крові, вмістом гемоглобіну, числом і сумарною поверхнею еритроцитів. Запасання O_2 в м'язах відбувається шляхом зв'язування O_2 з міоглобіном, який має спорідненість до O_2 приблизно в 10 разів більшу, ніж гемоглобін. Кількість міоглобіну в мускулатурі пірнаючих тварин може бути дуже великою. Пристосування до економного витрачання запасів кисню виражається розвитком серцево-судинних адаптацій у вигляді виникнення брадикардії і перерозподілу току крові. Останнє забезпечує нормальний АТ незважаючи на брадикардію, а також подачу O_2 , запасеного в крові, тільки до органів, які активно працюють у зануреному стані. Інші органи (в першу чергу мускулатура) використовують запаси O_2 у вигляді оксигемоглобіну, а частково перемикаються на анаеробні процеси, про що свідчить під час значне підвищення рівня молочної кислоти як у самих м'язах, так і після всплиття в крові. Складна система адаптивних реакцій пірнаючих тварин контролюється ЦНС на рівні довгастого мозку.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!