

Лекція №6
з курсу «Фізіологічна екологія»
на тему:
«Еколого-фізіологічна
характеристика аналізаторів слуху
та рівноваги»

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

Григорова Наталя Володимирівна

ПЛАН

- 1. Еволюція слуху.**
- 2. Будова вуха у ссавців.**
- 3. Механізм сприйняття звуків.**
- 4. Роль слухового аналізатора в формуванні реакцій на зовнішнє середовище.**
- 5. Еволюція гравітаційних сенсорних систем.**
- 6. Будова вестибулярного аналізатора.**

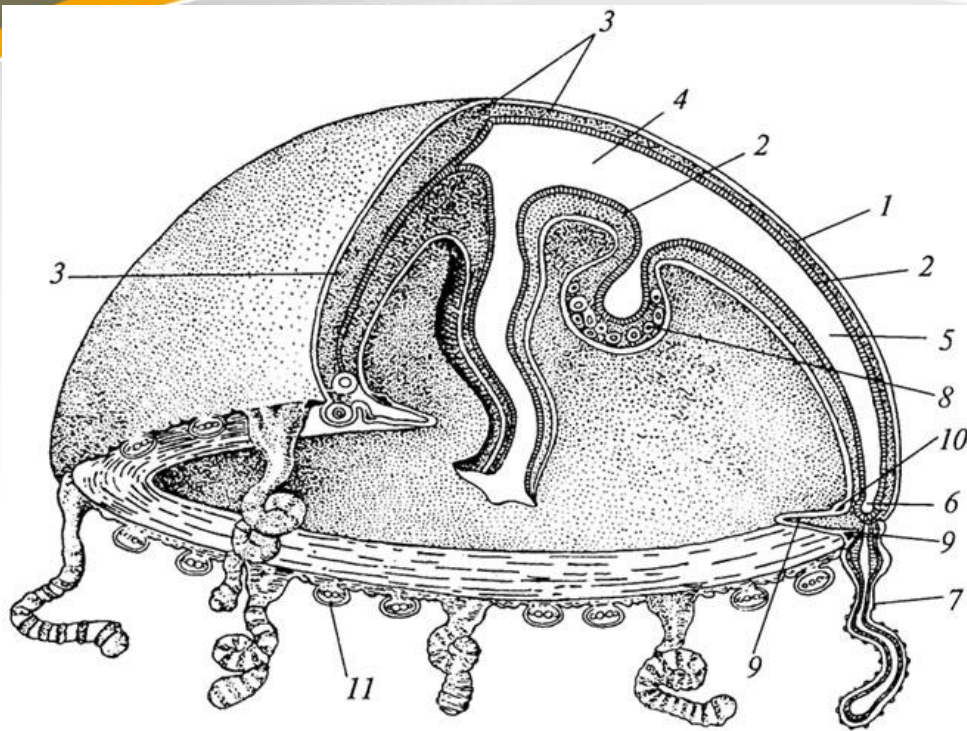
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

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 Гайтоном 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.
7. Фізіологія людини і тварин (фізіологія нервової, м'язової і сенсорних систем) / М. Ю. Клевець та ін. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 304 с.

1. Еволюція слуху

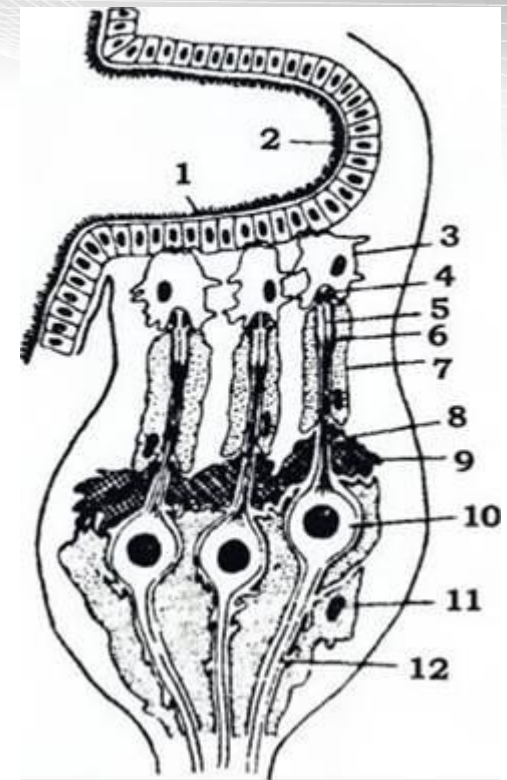
У процесі еволюції звукосприймальні органи з'явилися дуже рано. У медуз функцію слухової регуляції виконують статоцисти, у комах – волоскові сенсили, тимпанальні органи голови, черевця, кінцівок. Орган слуху у всіх хребетних, починаючи з найпримітивніших круглоротих, знаходиться у лабіринті внутрішнього вуха, в якому є волоскові сенсорні клітини (плями). У риб від мішечка лабіринту відходить тяж – **лагена** (попередник завитки ссавців). Роль резонатора виконує плавальний міхур (діапазон сприймання звуків – 4-6 кГц). У амфібій з'являється барабанна перетинка, у рептилій – зовнішній слуховий хід. Слуховий стовпчик (**колумелла**) у них з'єднує барабанну перетинку з внутрішнім вухом (діапазон сприймання звуків – до 10 кГц).

У деяких птахів та усіх ссавців, за винятком китових, є зовнішнє вухо, що дає їм змогу сприймати напрям звуку. У ссавців розвивається справжня завитка, яка має від 0,25 (качкодзьоб) до 4 (свиня) обертів. Людина сприймає звуки в діапазоні 18 Гц – 20 кГц (у ссавців у середньому – 50 Гц – 140 кГц).

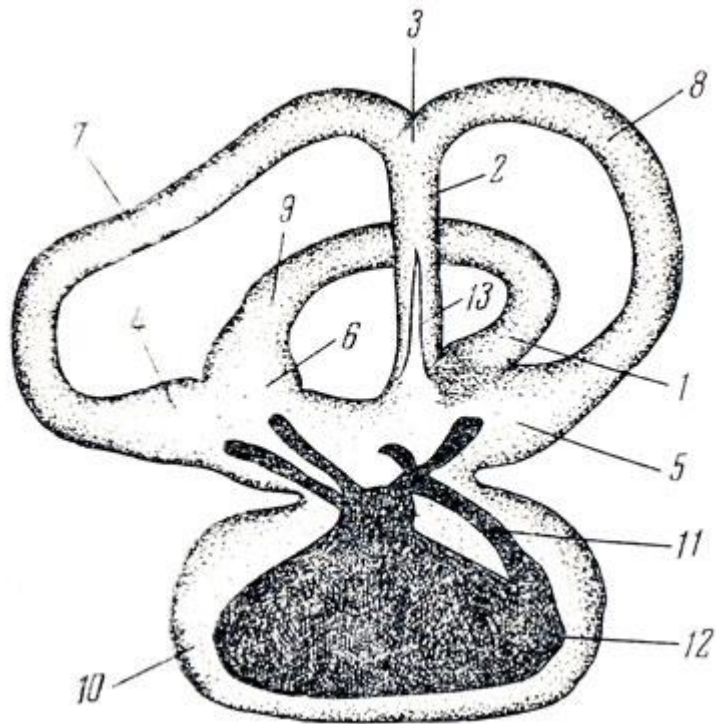


Будова гідроїдної медузи.

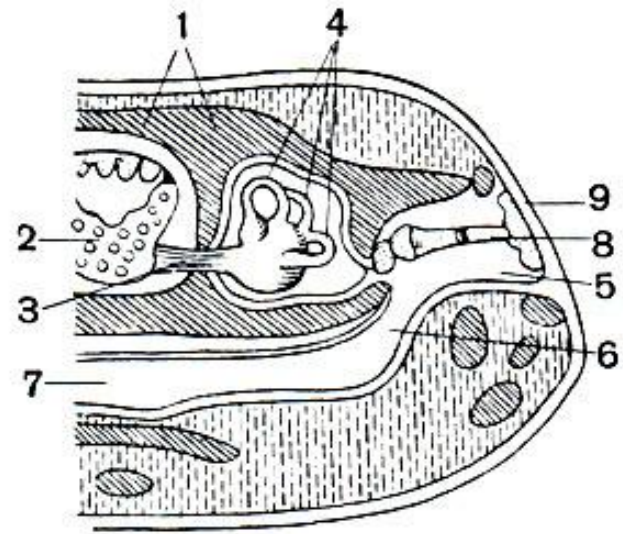
Гідроїдна медуза з вирізаною чвертю парасольки: 1 - ектодерма; 2 - ендодерма; 3 - мезоглея; 4 - центральна частина гастральної порожнини; 5 - радіальні канали; 6 - кільцевий канал; 7 - щупальця; 8 - гонада; 9 і 10 - зовнішнє і внутрішнє нервові кільця; **11 – статоцисти.**



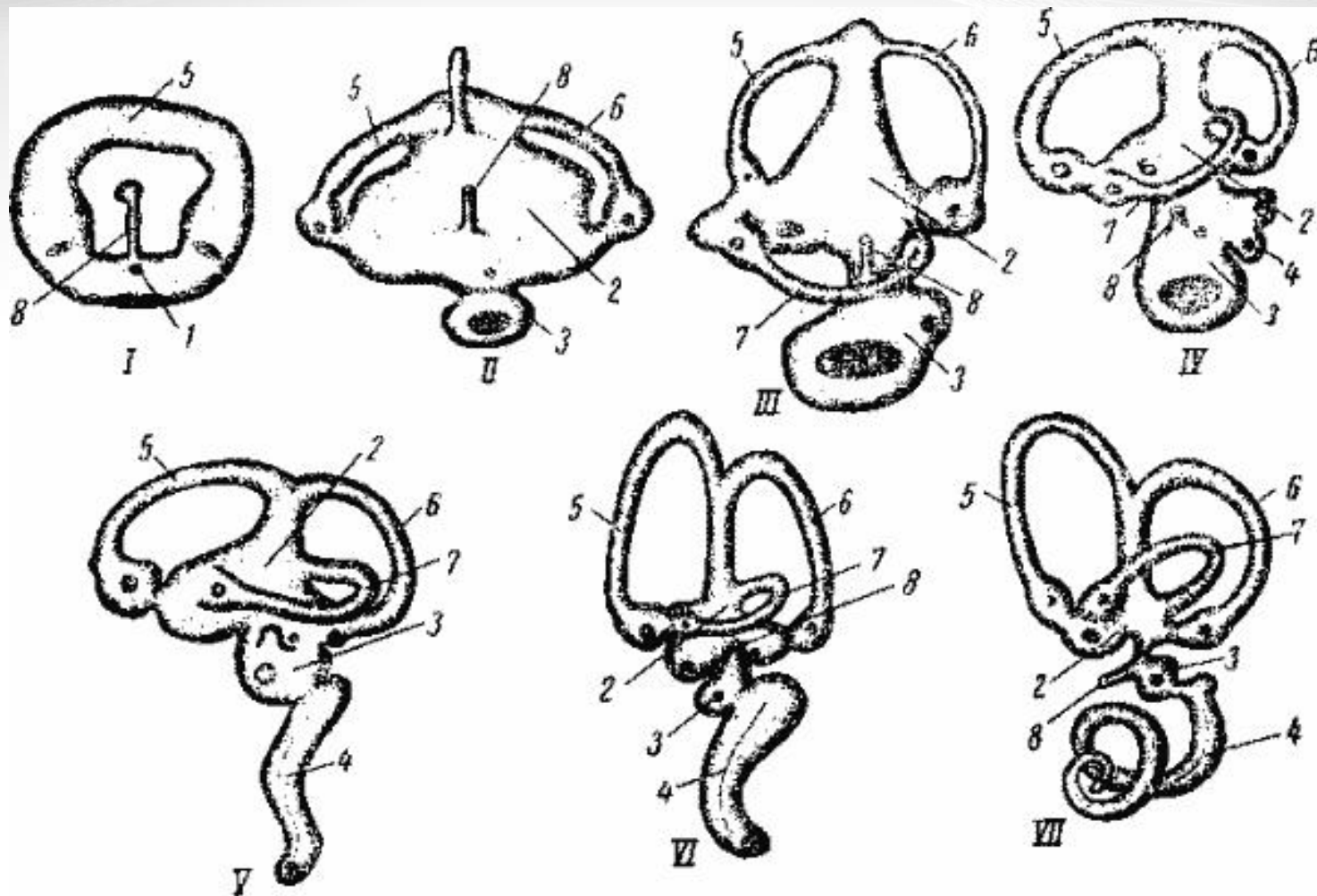
Група із трьох сколопідіїв у тимпанальному органі сарани: **1 - тонка й жорстка ділянки тимпанальної мембрани; 2 - товста й м'яка ділянки тимпанальної мембрани;** 3 - шапочкова клітина; 4 - шапочка; 5 - нерухомий джгутик; 6 - сколопс; 7 - облямовуюча клітина; 8 - дендрит чутливої клітини; 9 - фіброзна клітина; 10 - чутлива клітина; 11 - гліальна клітина; 12 - аксон чутливої клітини



Орган слуху окуня: 1 - овальний мішечок, 2 - верхній синус мішечка, 3 - верхівка мішечка, 4, 5 і 6 - ампули півколових каналів, 7, 8 і 9 - півколові канали, 10 - круглий мішечок, 11 - гілки слухового нерва, 12 - отоліт, 13 - ендолімфатична протока



Поперечний розріз через голову жаби: 1 - черепна коробка; 2 - довгастий мозок; 3 - слуховий нерв; 4 - півколові канали; 5 - порожнина середнього вуха; 6 - евстахієва труба; 7 - глотка; 8 - стремінце; 9 - барабанна перетинка.



Лівий перетинчастий лабіринт хребетних, збоку (по Нілу і Ренді).

I - міксина; II - мінога; III - костиста риба; IV – жаба; V - крокодил;

VI - птах; VII - ссавець: 1 - присінок + мішечок, 2 – присінок, 3 - мішечок,

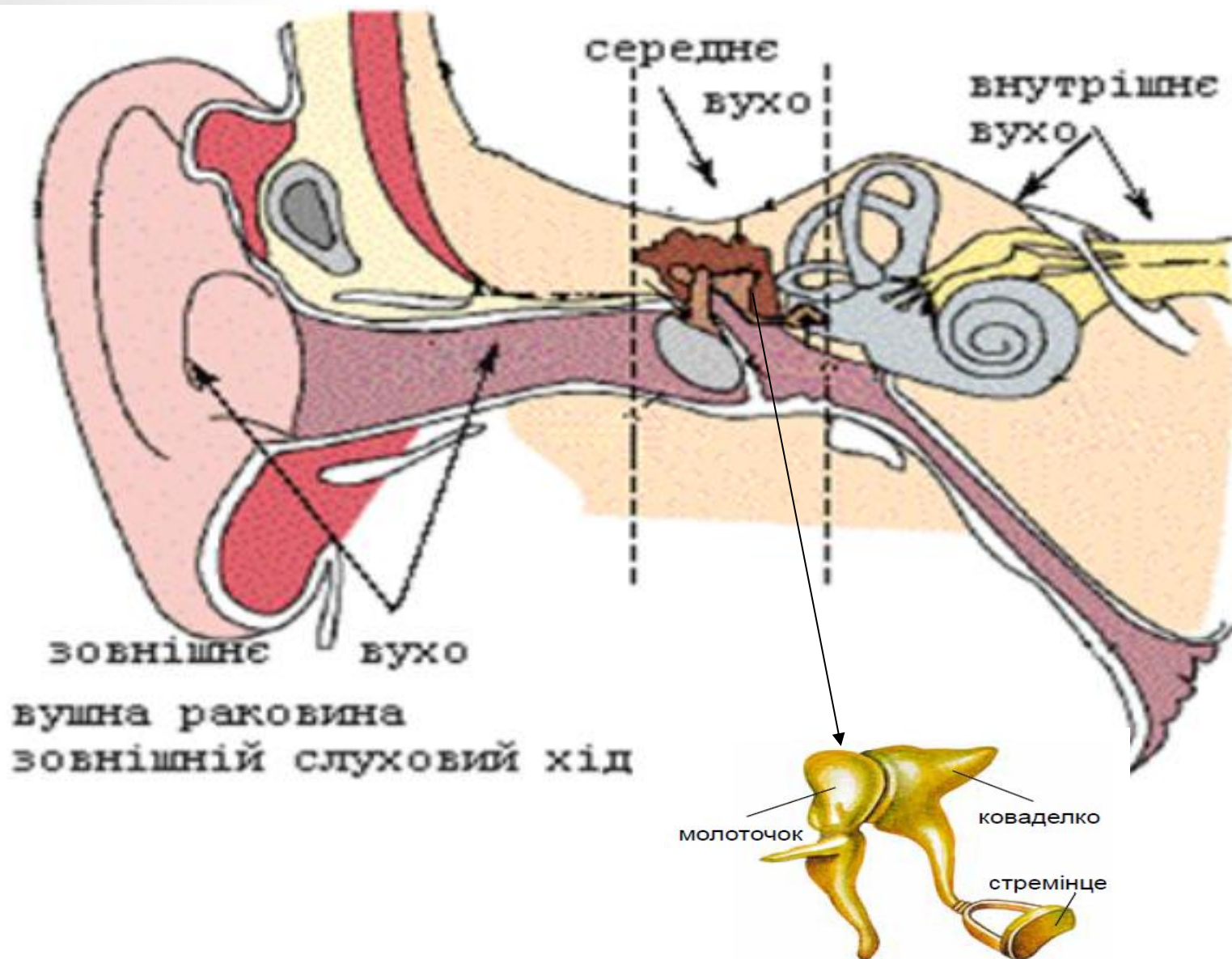
4 - завитка, 5, 6, 7 - передній, задній, бічний півколові канали,

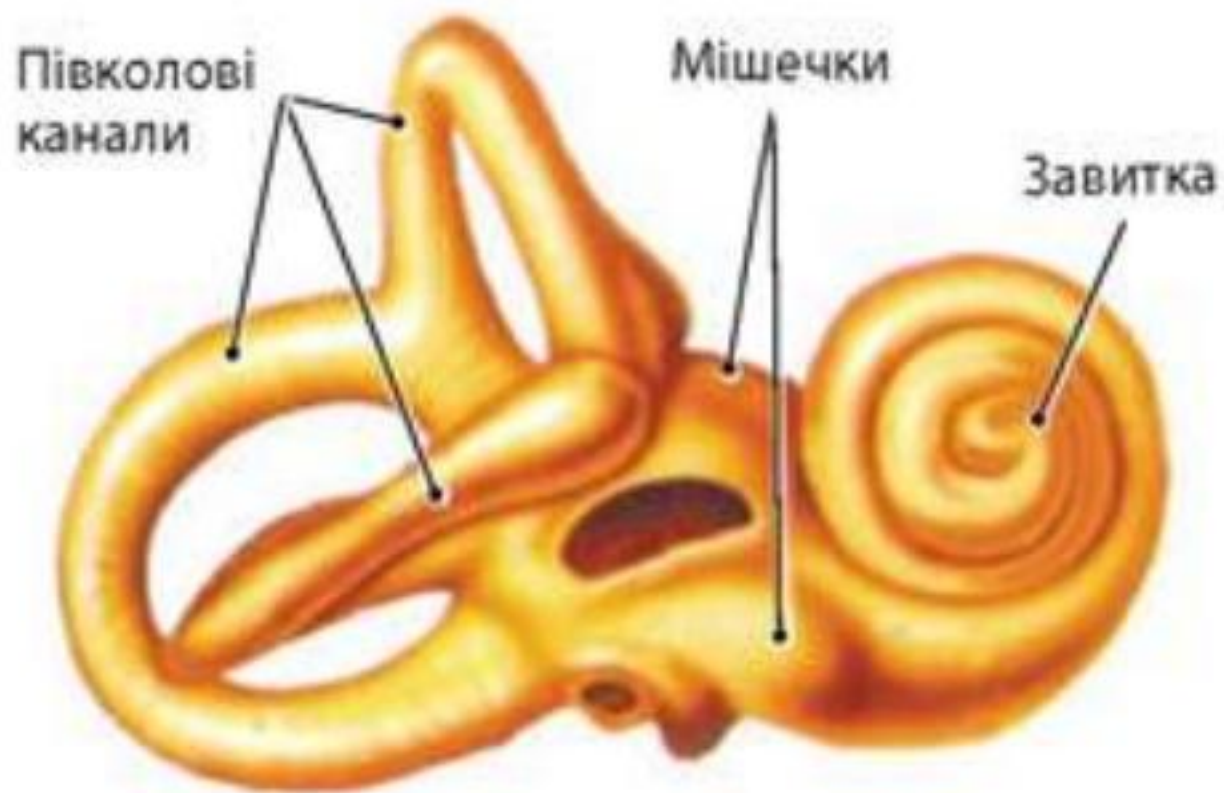
8 - ендолімфатична протока.

2. Будова вуха у ссавців

Вухо ссавця складається з відділів **зовнішнього, середнього та внутрішнього з рецепторним апаратом**. Функція у двох перших відділів полягає в сприйнятті звукового тиску та в передаванні його на рецепторні клітини. **Зовнішнє вухо** складається з вушної раковини та зовнішнього слухового ходу. Звукові коливання, які сприймає вушна раковина, передаються по зовнішньому слуховому ходу на барабанну перетинку, що відмежовує зовнішнє вухо від середнього. **Середнє вухо** складається з барабанної перетинки, соскоподібних придатків, слухових кісточок зі зв'язками та м'язами. Коливання барабанної перетинки передаються за допомогою слухових кісточок, з'єднаних між собою – молоточка, коваделка, стремінця.

Внутрішнє вухо розташовано в піраміді скроневої кістки та складається з кісткового й вставленого в нього перетинчастого лабіринтів.





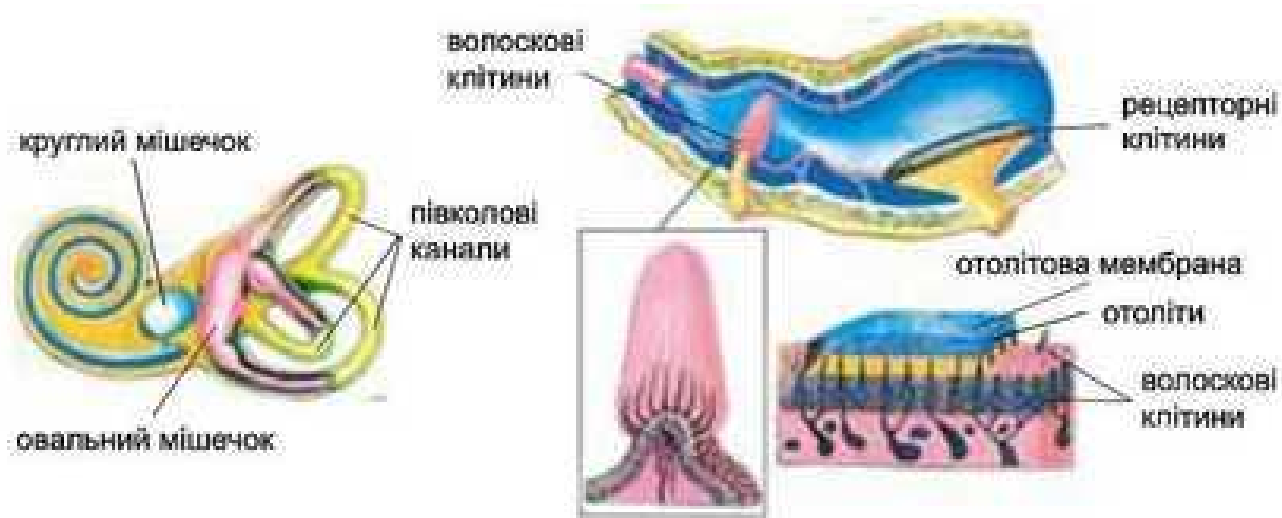
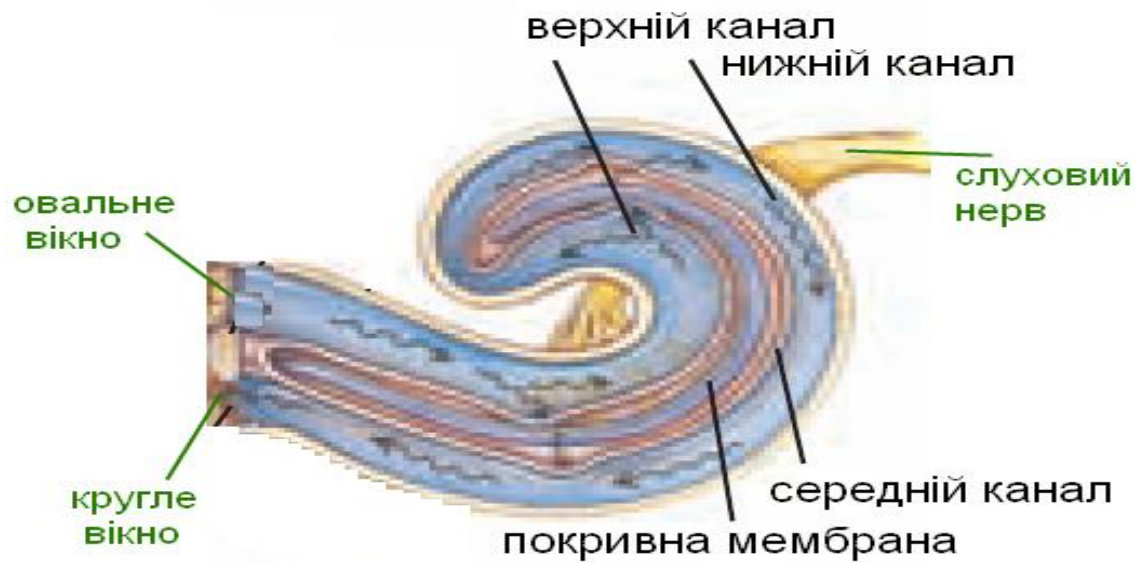
Кістковий лабіринт

У кістковому лабіринті розрізняють **присінок**, попереду від якого знаходиться **завитка**, а позаду – **півколові канали**.

На бічній поверхні кісткового лабіринту знаходяться 2 **вікна**: **кругле й овальне**. Завитка – передня частка кісткового лабіринту, має вигляд спірального каналу, всередині розташований перетинчастий простір, заповнений рідиною – **перилімфою**. Порожнина перетинчастого лабіринту заповнена рідиною – **ендолімфою**.

Ця порожнина зветься **завитковою протокою** (початок у присінку, кінець сліпо в куполі завитка). По всій довжині кісткового спірального каналу проходить кісткова спіральна пластинка, поверхня якої вкрита сполучнотканинною базальною (основною) перетинкою. Остання вкрита чутливими та підтримуючими клітинами.

Спіральну пластинку і базальну перетинку з чутливими клітинами називають **спіральним органом**. Між спіральним органом і стінками завиткової протоки є вузькі отвори – спіральні протоки, заповнені перилімфою. У куполі завитка протоки об'єднуються між собою отвором завитка. Чутливі волоскові клітини за допомогою синаптичних контактів сполучаються з нейронами, аксонами в складі **присінково-завиткового нерву** йдуть до **ядер довгастого й проміжного мозку**. Тут відбувається перемикання на інші нейрони, інформація спрямовується в **скроневу частку кори півкуль великого мозку**.



верхній,
середній,
нижній канали

кортіїв
орган

поперечний
переріз завитки

покровна
мембрана

опорна клітина

слуховий
нерв

волоскова клітина

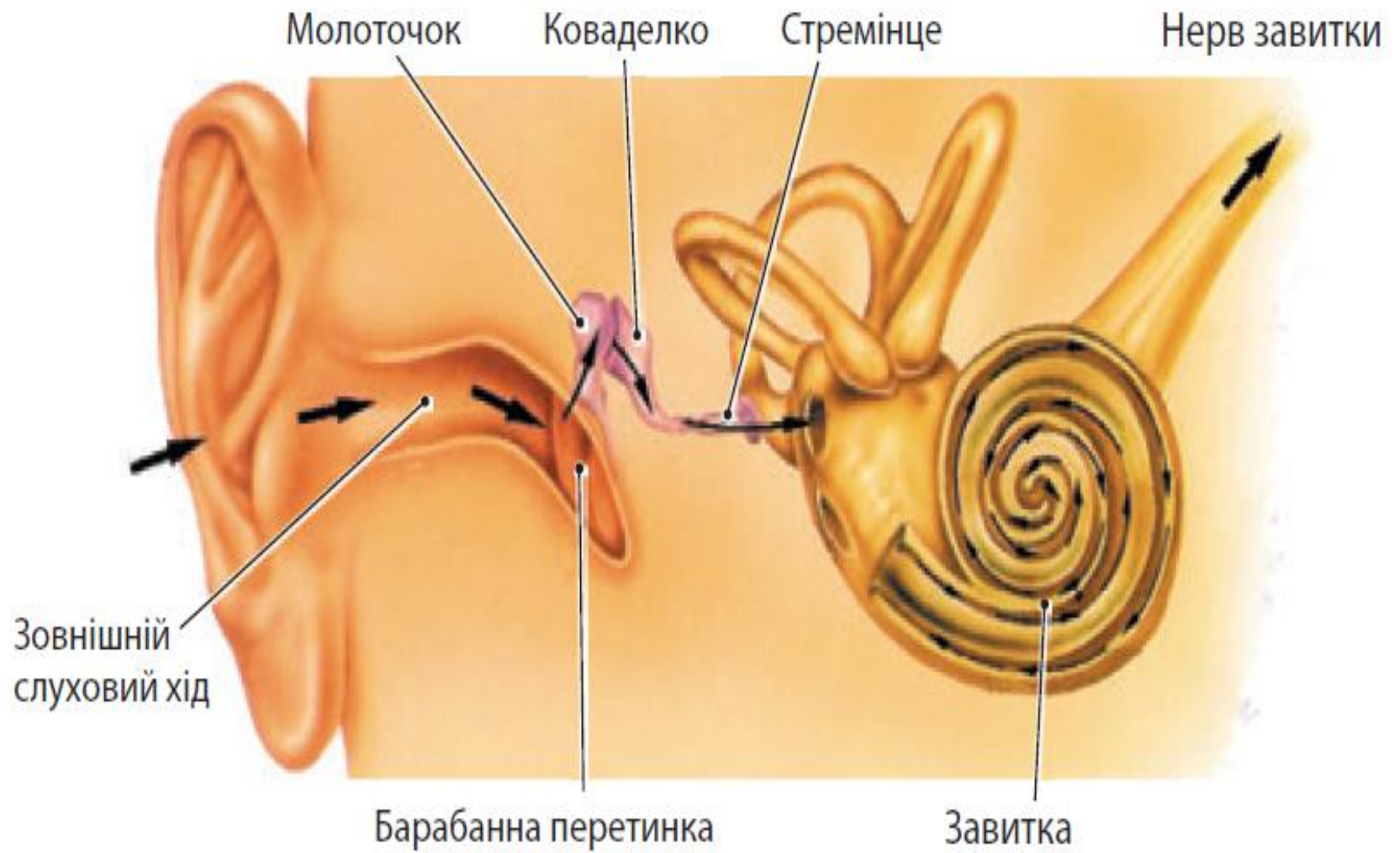


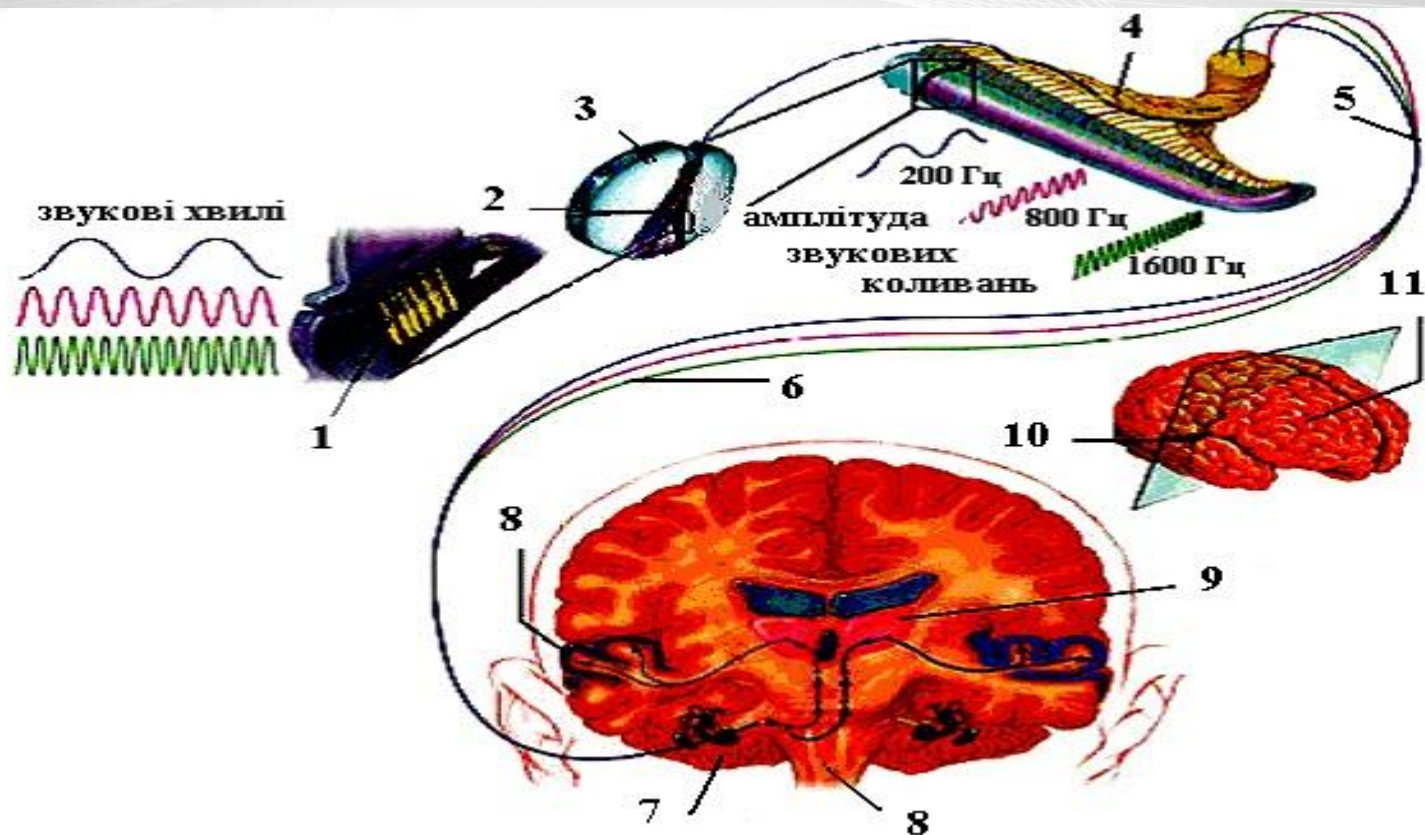
3. Механізм сприйняття звуків

Звукові хвилі, потрапляючи в зовнішній слуховий хід, підсилюється в 2-2,5 рази та викликають коливання барабанної перетинки, тиск якої передається на перетинку овального вікна за допомогою слухових кісточок, діючих як важелі, зменшуючи амплітуду коливань і збільшуючи їх силу (в 50 разів). Коливання перетинки овального вікна викликають вібрацію спірального органу, внаслідок чого чутливі волоскові клітини збуджуються.

Базальна перетинка ширше й тонше на верхівці, ніж у основи. При низьких частотах вона не коливається, при великих – коливається. У другому випадку частота коливань повітря відповідає частоті коливань рідини внутрішнього вуха, тому ПД, що виникають, точно відповідають по частоті звукових коливань (**мікрофонний ефект**).

Збудження чутливих клітин відбувається не тільки тоді, коли коливання базальної мембрани досягається звичайним повітряним шляхом (**повітряна провідність**), але й при виникненні коливань у кістковому лабіринті внаслідок коливань кісточок черепа (**кісткова провідність**). Цей механізм передачі звукових коливань важливий при пірнанні людини під воду.





Механізм сприйняття звуку: 1 – рецептор (волоскова клітина); 2 – закрутка (у розрізі); 3 – базилярна мембрана закрутки; 4 – закрутка (у розкрученому вигляді); 5 – волокна слухового нерва; 6 – волокна слухового нерва, які закінчуються на нейронах (налаштованих на різні частоти звуків); 7 - мозочок ; 8 – стовбур мозку; 9 - таламус; 10 – слухова кора; 11 – моторна (рухова) кора.

Людина сприймає звуки частотою від 18 до 20 тис Гц. 1-3 тис Гц – частоти людської мови. Якщо різко підвищувати рівень звукового тиску, то може виникати відчуття болю. Інтенсивність звуку визначається в белах, на практиці – у децибелах. Тихий шепіт – 10 дБ, тиха мова – 40 дБ. Звукові травми можуть виникати при силі тиску до 130 дБ, а при тривалому впливі звуків – навіть при інтенсивностях 90 дБ. Якщо не використовувати навушників і беруші, то через декілька років виникне туговухість.

4. Роль слухового аналізатора в формуванні реакцій на зовнішнє середовище

Слуховий аналізатор представляє винятковий інтерес при аналізі еколого-фізіологічних відносин. При звукових подразненнях також можна спостерігати як неспецифічні відповіді, так і високоспеціалізовані реакції.

Неспецифічні відповіді – це зрушення в обміні речовин під впливом подразників різної інтенсивності, орієнтовний рефлекс.

Високоспеціалізовані реакції – це звуки біотичного походження (стадні звуки): звуки, які відповідають акту харчування, оборонній реакції, агресії, статевим реакціям, а також ті, що об'єднують дитинча та мати.

Границя слуху та чутливості слухового аналізатора в різних видів ссавців у відомій мірі залежить від величини периферичного кінця аналізатора – завитка. Як правило, дрібні тварини мають більшу чутливість до високої частоти коливань, великі – до більш низької частоти.

Відмінності у верхній границі сприйняття слухових коливань обумовлює той факт, що у собак і хижаків взагалі сприйняття зовнішнього середовища відбувається головним чином за участю слухового аналізатора, а у приматів, включаючи й людину, – зорового.

В окремих отрядах ссавців спостерігається переважання слухового аналізатора при формуванні умовних рефлексів і складнорефлекторної діяльності. При цьому багато нічних форм відрізняються переважанням слуху над зором.

5. Еволюція гравітаційних сенсорних систем

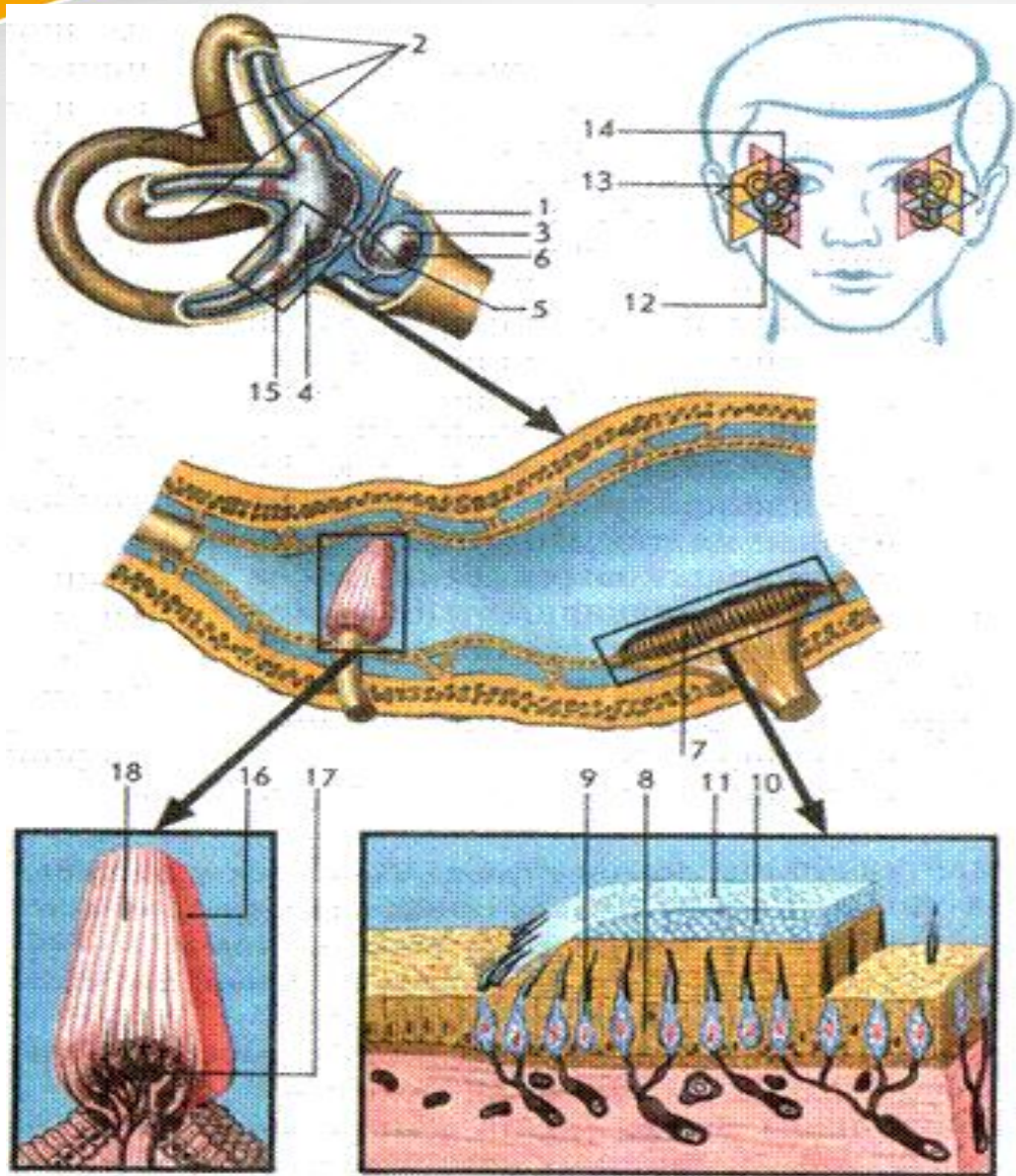
Усе живе на земній кулі перебуває під постійним впливом сил гравітації, і тому необхідність орієнтації у гравітаційному полі Землі спричинилася до розвитку гравітаційних рецепторів – волоскових сенсорних епітеліоцитів присінкового лабіринту. Такі рецептори з'явилися у кишковопорожнинних (медузи), їх мають майже всі безхребетні й хребетні тварини, за винятком комах.

Це багатоклітинні утвори – **статоцисти**, заповнені рідиною невеликі закриті або сполучені із зовнішнім водним середовищем порожнинами. Всередині цих порожнин містяться дрібні тверді часточки (піщинки, кристалики кальцію карбонату) – **статоліти**, **отоліти** або **статоконії**. Статоцисти є статичними – сприймають силу гравітації, тобто один із видів лінійного прискорення. У тварин, що ведуть активний, рухливий спосіб життя (головоногі молюски) виникають також динамічні рецептори – вони сприймають не силу гравітації, тобто один із видів лінійного прискорення, а кутове прискорення, тобто зміну швидкості обертального руху.

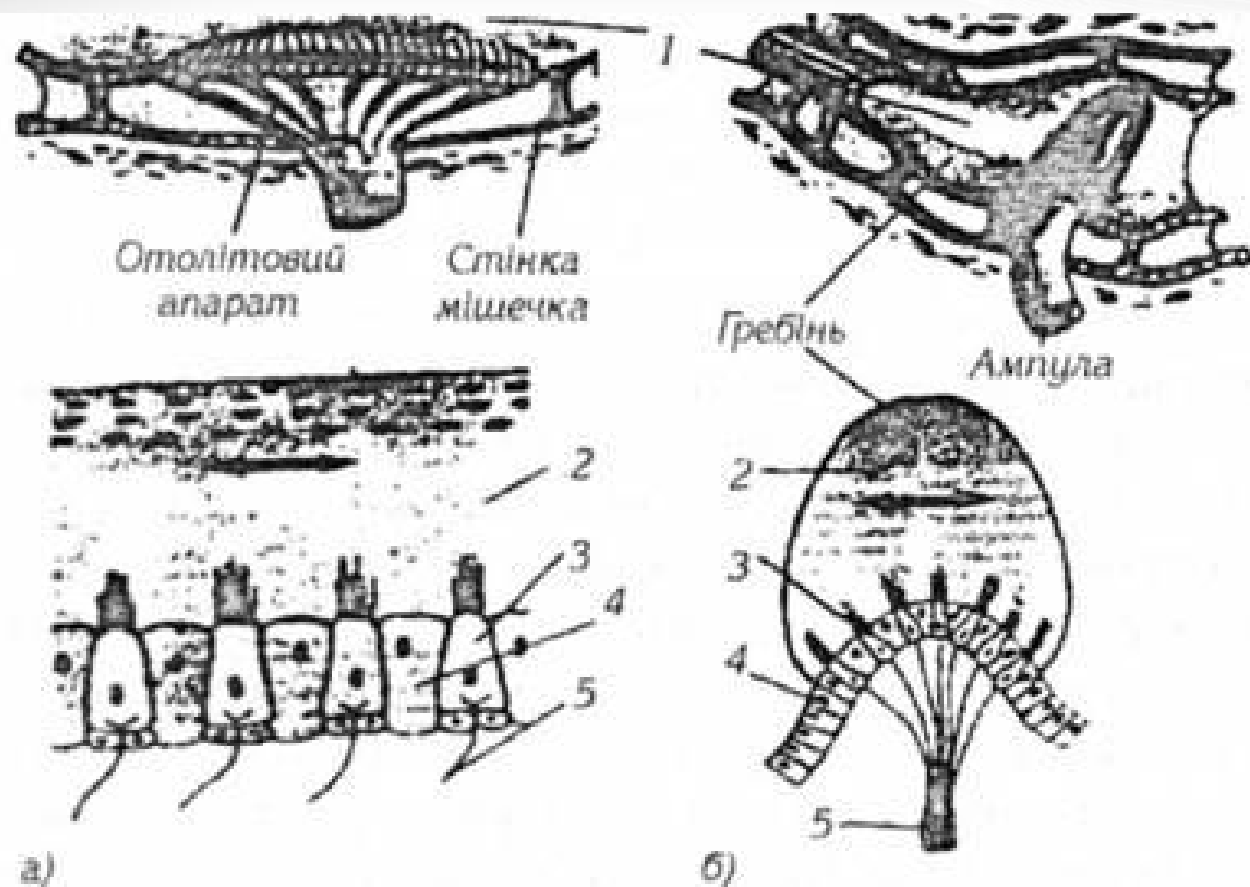
У комах статоцист немає, їх роль виконують спеціалізовані сенсорні клітини – **сенсили**, розміщені на поверхні суглобів. Для сприйняття кутових прискорень під час польоту двокрилі комахи використовують **дзизкальця**.

6. Будова вестибулярного аналізатора

У хребетних тварин вплив гравітації сприймається присінковим (вестибулярним) апаратом, який є частиною присінково-завиткового органа в товщі скроневої кістки. Складається з **присінка, трьох півколових каналів, перетинчастих мішечків** й **овального каналу**. Мішечки заповнені ендолімфою й вистелені всередині чутливими рецепторними клітинами, війки яких занурені в драглисту оболонку, в якій знаходяться неорганічні вкраплення – статичний пісок. Мішечки розташовані в півколових каналах, фіксовані відносно черепа. При будь-якому положенні дія сил тяжіння приводить до переміщення оболонки статичного піску. Деформація волосків – причина виникнення електричного потенціалу. Півколові канали відкриті двома кінцями в овальні мішечки. На одному з кінців кожний канал має ампулу, що містить рецепторний орган. При зміні положення голови, а також при горизонтальних і вертикальних прискореннях виникає потік ендолімфи, що заповнює канали, а це призводить до переміщення оболонки статичного піску. Деформація волосків – причина виникнення електричного потенціалу. Так як півколові канали розташовані в трьох взаємоперпендикулярних площинах, то їх рецепторний апарат регулює на зміни кутових прискорень у будь-якому напрямку.



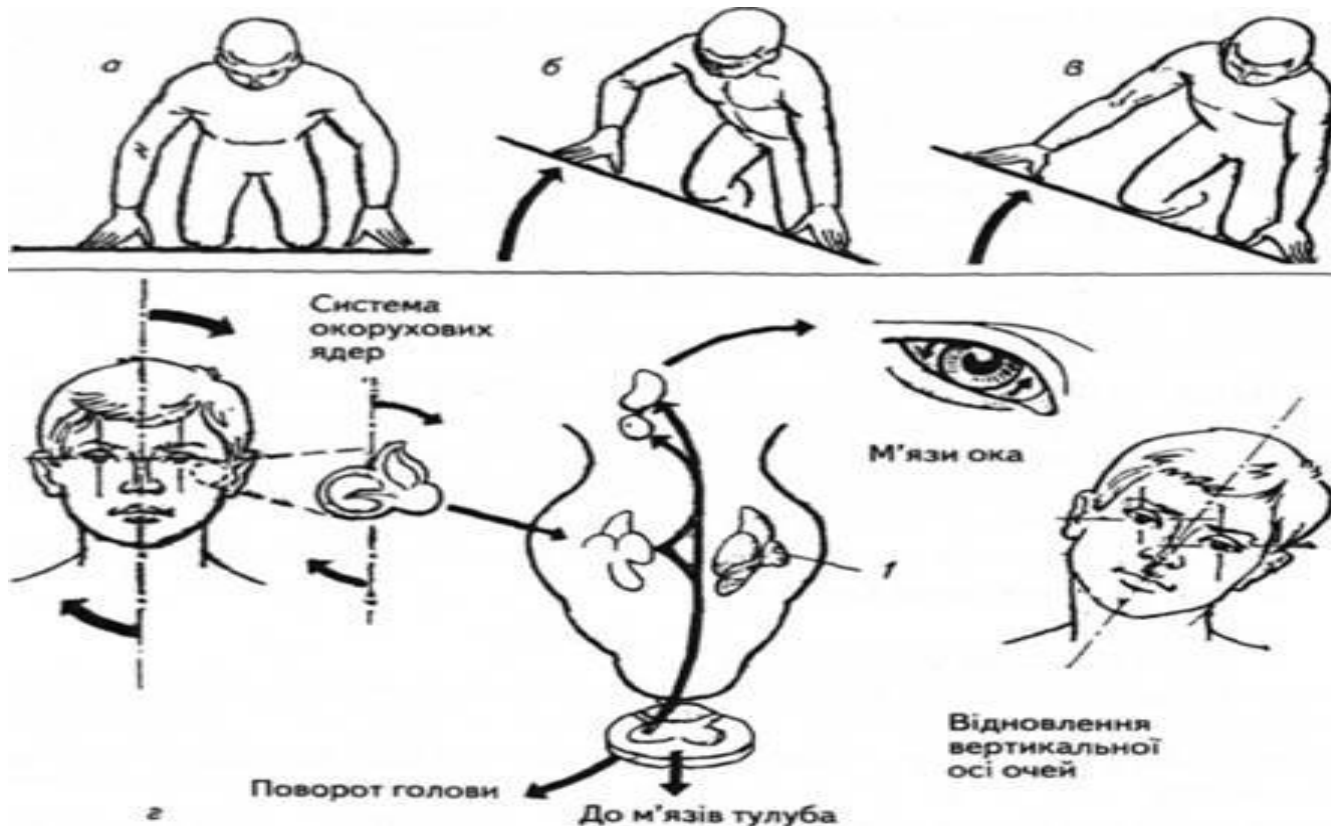
1 – присінок,
 2 – півколові канали,
 3 – сферичний мішечок,
 4 – еліптичний мішечок,
 5 – ендолімфатична протока, 6 – пляма сферичного мішечка,
 7 – отолитовий апарат,
 8 – підтримуючі клітини,
 9 – волоскова сенсорна клітина, 10 – статоконії,
 11 – мембрана статоконії,
 12 – латеральний (бічний) півколовий канал,
 13 – передній півколовий канал, 14 – задній півколовий канал,
 15 – ампула, 16 – ампулярний гребінець, 17 – волоскові сенсорні клітини,
 18 – купол.



Рецептори рівноваги та їхнє розміщення у вестибулярному апараті:

а — рецептори присінку; б — рецептори півколових каналів); 1 — ендолімфа; 2 — драглиста маса; 3 — волоскові чутливі клітини; 4 — опорні клітини; 5 — волокна вестибулярного нерва

При вібрації, качці, трясці відбувається зниження чутливості вестибулярного апарату. Сильні й тривалі навантаження на вестибулярний апарат викликають у деяких людей патологічний симптомокомплекс **“морська хвороба”**: зміни серцевого ритму, тону судин, підсилення моторики шлунково-кишкового тракту, салівація, нудота, блювота.



ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!