

Орган на слуха и равновесието

1. Филогенеза и онтогенеза на ухото
2. Външно ухо
3. Средно ухо
4. Вътрешно ухо – костен лабиринт



Organum vestibulocochleare

■ ухо, *auris* (Gr. *us*, *otos*):

✓ *auris externa* –

- ушна мида
- ушен канал

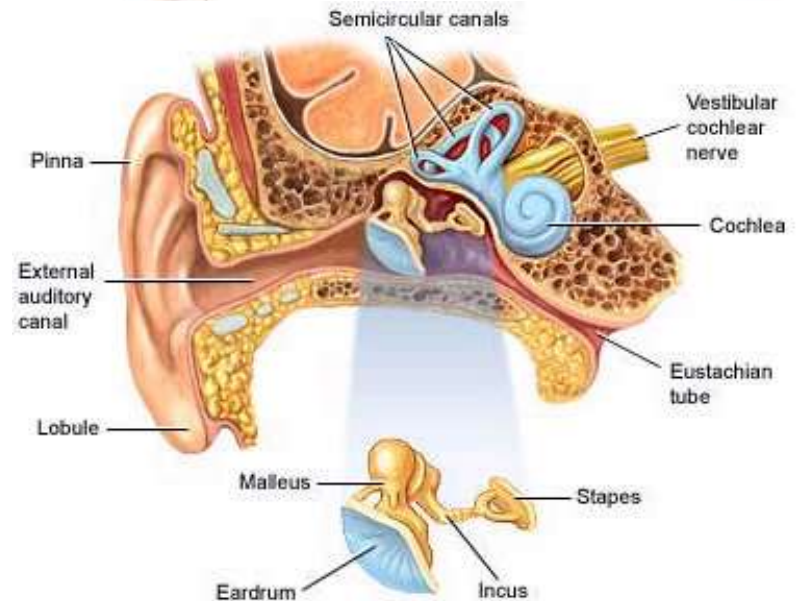
✓ *auris media* –

- тъпанчева мембрана
- тъпанчева кухня
- слухова тръба
- слухови костици

✓ *auris interna* –

слухова и равновесна част

- костен лабиринт
- ципест лабиринт



Тайните на човешкото ухо

Николай Лазаров

Добре известен е фактът, че ухото е орган на слуха. Но чрез него също се поддържа баланса на тялото и координацията на движенията на главата и очите. Този забележителен орган възприема слуховите дразнения и сигналите за ориентация на тялото ни в триизмерното пространство и ги предава на мозъка, където те се осъзнават като звукови и равновесни усещания. За тази цел човешкото ухо е изключително сложно проектиран и комплексно устроен дистантен орган.

Слухът е едно от петте основни сетива, което, наред със зрението, ни ориентира за обстановката и промените около нас и така ни позволява да усетим пълноценно живота и да се насладим на околния свят. Ето защо с право той е определен като бо-

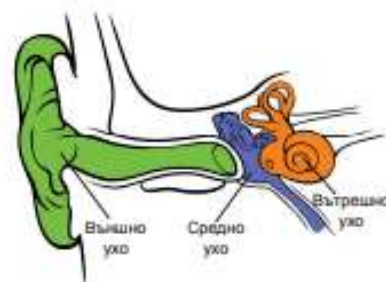
жествено сетиво, което ни дава възможност да усетим музиката на живота, невероятното изкуство на вселената. Слухът е и социално сетиво, той е необходим за общуването и е изключително важен за пространствената ориентация и обучението. Неслучайно ухото е първата появила се сензорна структура в развиващия се човешки зародиш, то е напълно оформено и готово да работи още при раждането. Нещо повече, ухото функционира дори и по време на

сън, макар че тогава мозъкът игнорира звуците от околната среда.

Ухото е изградено от три отделни части, наречени външно, средно и вътрешно ухо, всяка от които има различна структура и специфична функция.

Външното ухо е първо звено на звуководящия апарат. То служи да улови и насочи звуковите вълни към тъпанчевата мембрана. Състои се от ушна мида и външен слухов проход, наречен ушен канал.

Ушната мида (раковина) има форма на приплесната фунция със сложен релеф, изградена е от еластичен хрущял и е покрита с тънка кожа. Движи се от няколко малки, рудиментарни мускула. Способността на някои индивиди да движат ушите си се смята за проява на



Части на човешкото ухо. (Източник: <https://teachmeanatomy.info>)

атавизъм. Дължината на ушната мида е близка до общата дължина на носа. Изследванията на британския общопрактикуващ лекар Джеймс Хийткот (James Heathcote), публикувани в престижното списание British Medical Journal, са установили, че след 30-годишна възраст ушната мида у мъжете нараства с около два милиметра на десетилетие. За това си откритието той е удостоен през 2017 година с Нобеловата (пародия на Нобеловата) награда за анатомия, присъждана ежегодно за най-абсурдните научни „постижения“. Още от древността изглежда, пропорциите и формата на ушната мида са били мерило за степента на развитие на интелекта и са се свързвали с различие на определени наклонности и дарби, по нея се е съдело за характера на индивида. Ушната мида е и изключително деликатно място, нейната форма се оприличава на ембрион в майчината утроба и върху нея са разположени множество точки, в които се проектират основните органи в човешкото тяло. По тази причина тя е таргетна структура за някои манипулации, използвани в традиционната китайска медицина – акупунктура и акупресура. Ушната висулка е богато кръвоснабдена и служи за източник на капиларна кръв у деца. Тя обаче е бедна на нервни окончания

ния и е слабо болкочувствителна, за радост на любителите на пийрсинга.

Външният слухов проход е с дължина около 2.5 см и диаметър 6 – 8 мм. Той започва с овален външен слухов отвор и достига до тъпанчевата мембрана. Каналът е разделен на външна, около 6 – 8 мм дълга, хрущялна част, която обхваща една трета от общата дължина на канала, и вътрешна костна част, която е дълга 15 – 17 мм и представлява двете трети от целия канал. Ушният канал има S-образно извит ход с отворен напред и надолу ъгъл от 140° между двете части, на прехода на които се намира най-тъсната му част, наречена провлак. В дъното му се намира тъпанчевата мембрана, която е достъпна за директно наблюдение при отскопния след изтеглване на ушната мида назад и нагоре. Ушният канал е покрит с тънка и нежна кожа с множество прави фини косми, (tragi). В стената на ушния канал се намират два вида жлези – мастни жлези, дрениращи се в космените фоликули и видоизменени потни жлези, т.нар. церуменилни жлези, разположени във външната трета на канала. Последните произвеждат жълтеникав секрет, който се смесва със секретите на мастните жлези



Схема на външното ухо с ушна мида и ушен канал. (Източник: <https://www.oaha.gov>)

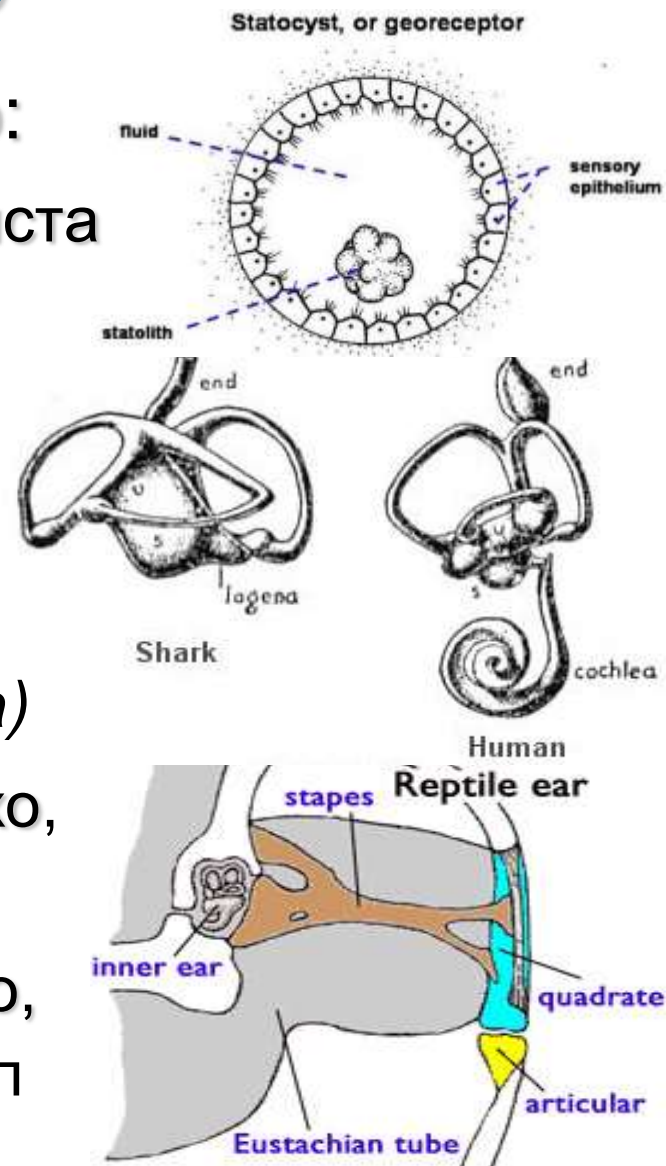
Филогенеза на ухото

- орган на равновесието:

- ✓ безгръбначни – статоциста
- ✓ гръбначни – поява на полуокръжни канали

- орган на слуха:

- ✓ риби – вътрешно ухо, първичен охлюв (*lagena*)
- ✓ земноводни – средно ухо, звукопроводящ апарат
- ✓ бозайници – външно ухо, ушна мида и ушен канал

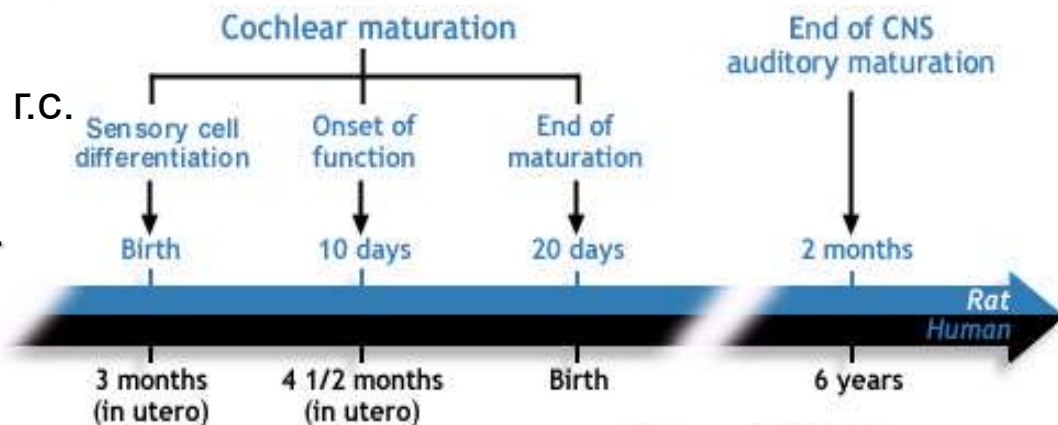


Онтогенеза на ухото

- първата сензорна структура в развиващия се зародиш
- 3 г.с. – кожна ектодерма ⇒ ушна плакода ⇒ отоциста:

✓ вътрешно ухо:

- *ductus endolymphaticus* – 4 г.с.
- три полуокръжни канала
- ципест лабиринт – I-III л.м.
- зачатък на охлюва – 5 г.с.
- костен лабиринт – VI л.м.



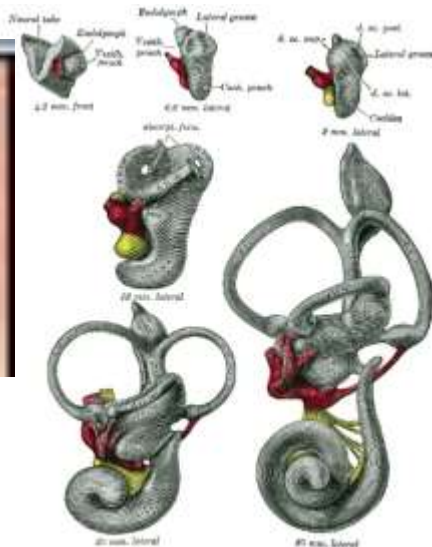
- главов мезенхим:

✓ средно ухо:

- тъпанчева кухина и слухова тръба – от I хрилно джобче през I л.м.
- слухови костици – I и II висц. дъга

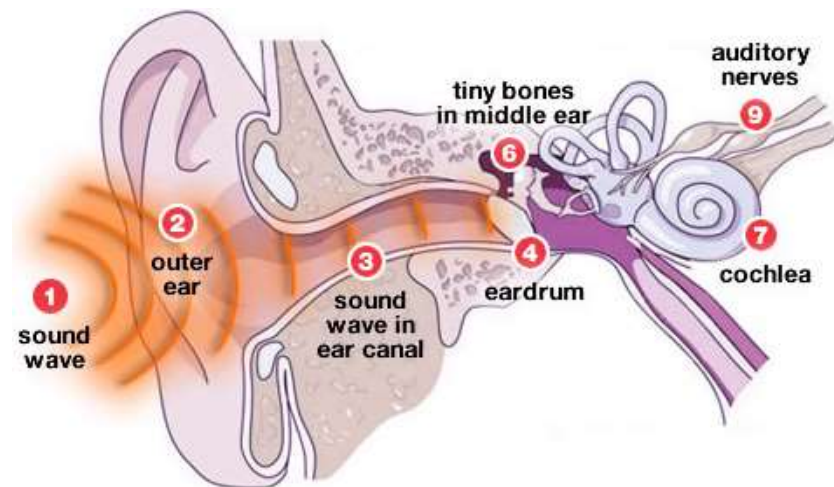
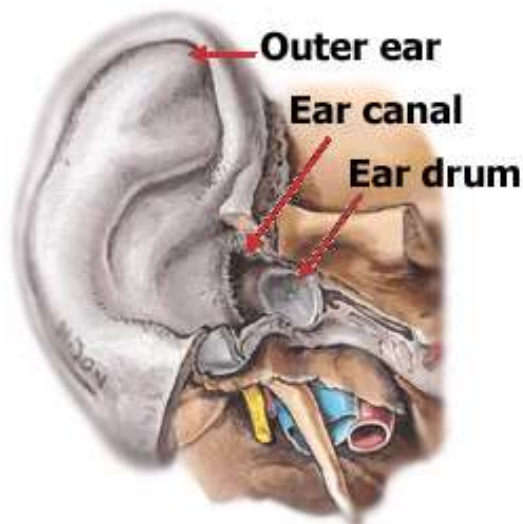
✓ външно ухо – I и II хрилна дъга

- ушна мида – 6 мезенхимни хълмчета
- външен слухов проход – начало на развитие: 8 г.с.

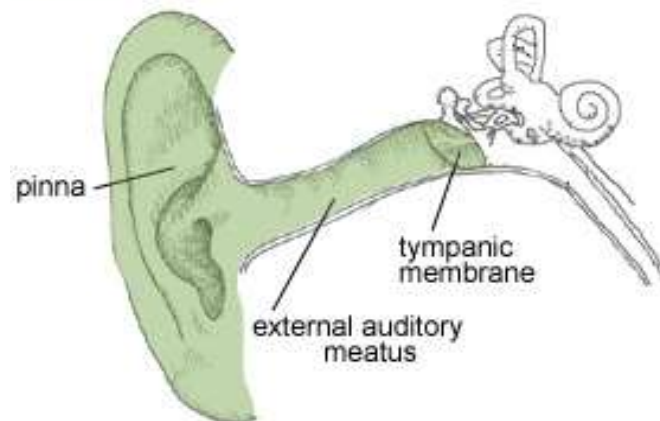


Външно ухо, *auris externa*

- първо звено на звукопроводящия апарат – приема и насочва звуковите вълни към тъпанчевата мембрана



Outer Ear

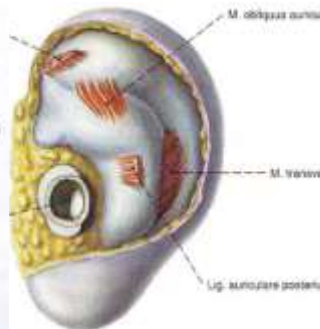
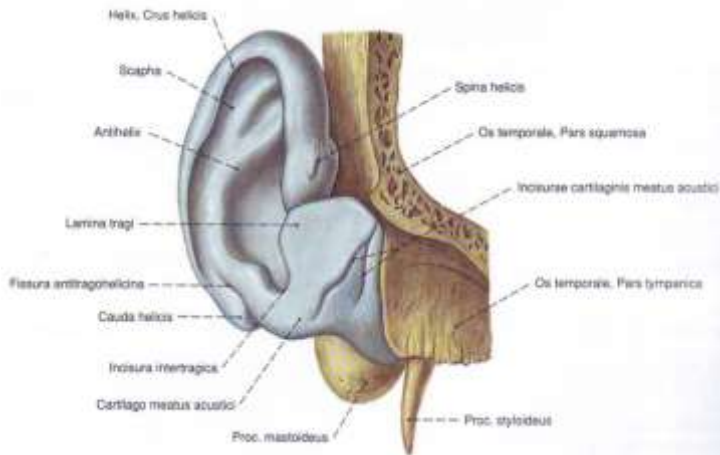
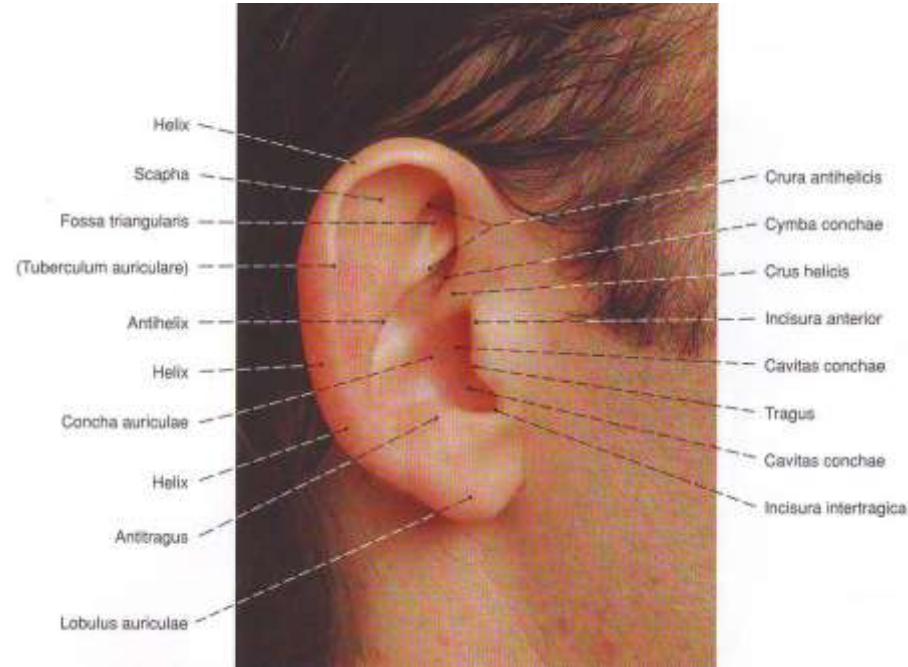
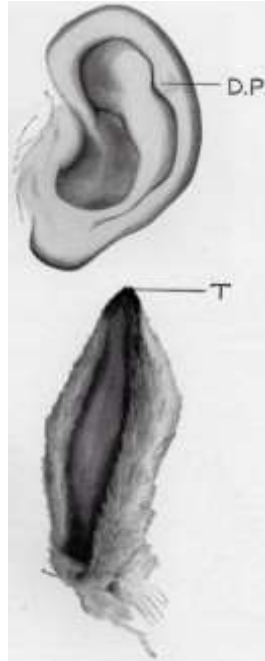


- ✓ ушна мида – *auricula*
- ✓ външен слухов проход (ушен канал) – *meatus acusticus externus*

Ушна мида, *auricula*

ушна мида – строеж:

- ✓ ТЪНКА КОЖА
- ✓ *cartilago auriculae*
- ✓ *lobulus auriculae*
- ✓ *tuberculum auriculae* (*Darwini*)
- ✓ *ligg. auricularia, anterius et posterius*
- ✓ *mm. auriculae* – рудиментарни, *n. facialis*



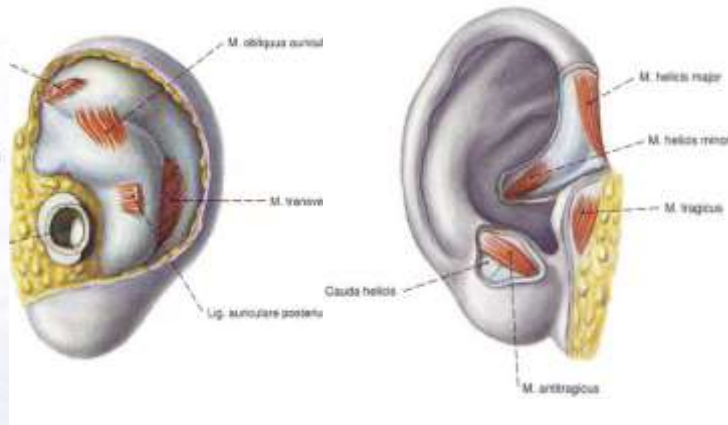
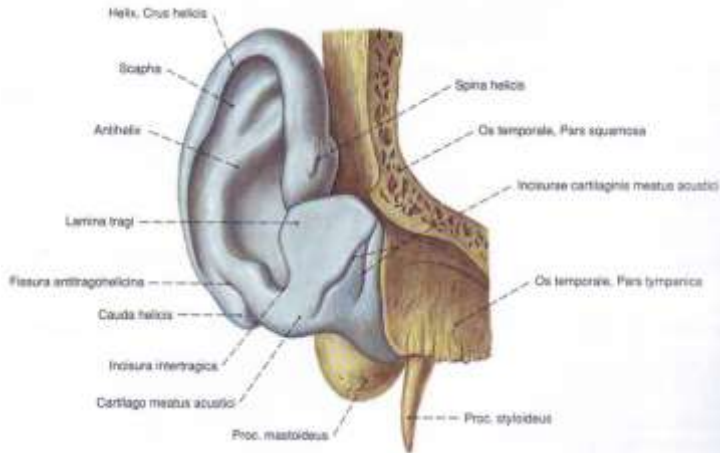
M-6.2 Sensible Innervation der Ohrmuschel



Ушна мида, *auricula*

ушна мида – строеж:

- ✓ ТЪНКА КОЖА
- ✓ *cartilago auriculae*
- ✓ *lobulus auriculae*
- ✓ *tuberculum auriculae (Darwini)*
- ✓ *ligg. auricularia, anterius et posterius*
- ✓ *mm. auriculae* – рудиментарни, *n. facialis*



Защо старите мъже имат големи уши?

Д-р Джеймс Хийткоут (James Heathcote), общопрактикуващ лекар от Кент, получава т.нар. Шнобелова (пародия на Нобелова) награда 2017 за изследвания на големите уши.

Той измерва дължината на повече от 200 пациенти на възраст от 30 до 93 години и открива че старите мъже имат по-дълги уши, установявайки че при тях за всяко десетилетие след 30-годишната им възраст те увеличават размера си с около два милиметра (0.08 инча).

Ушите на жените също нарастват с възрастта, но техните уши са по начало по-малки, а при мъжете големите уши се открояват по-лесно, тъй като те имат по-малко коса с напредване на възрастта.



3D биопринтиране на ушна мида

- ✓ изработване на умалено копие на човешко ухо на основата на човешки стволови клетки;
- ✓ 2012 – изготвяне от титаниева сплав на гъвкава матрица на човешкото ухо, имплантирана под кожата на плъхове с потиснатата имунна система – преживяемост два месеца;
- ✓ 2018 – чрез съвременни дигитални технологии успешно е създаден и опечатан триизмерен компютърен модел на ушната мида от живи клетки и биоразградими полимери;
- ✓ с помощта на 3D софтуер здравото ухо се сканира, обръща се огледално, отпечатва се с принтер и върху това скеле се култивира хрущял от недоразвитото ухо.



Човешка ушна мида, имплантирана под кожата на плъх-донор

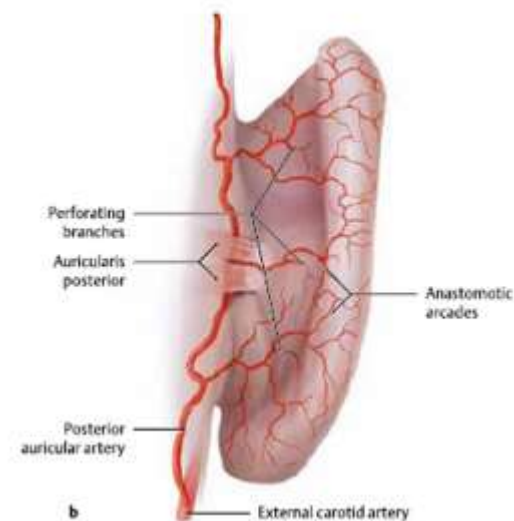
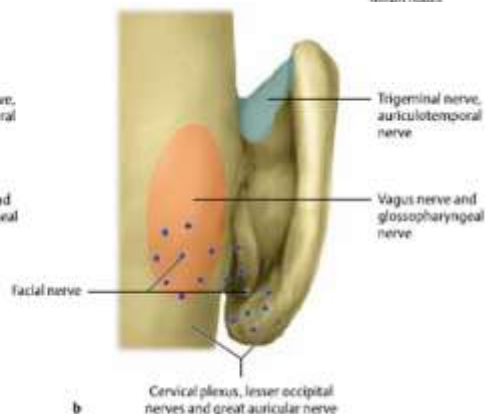
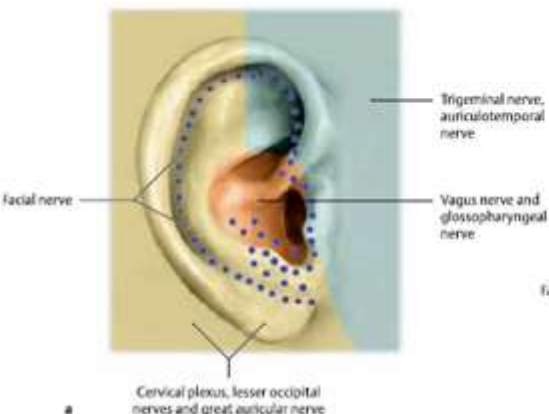
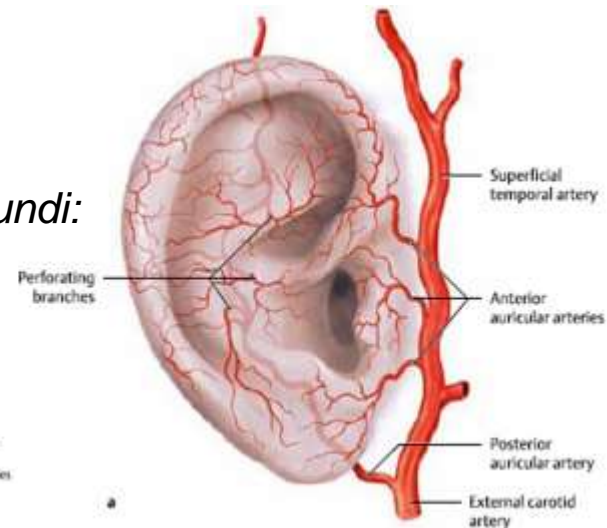
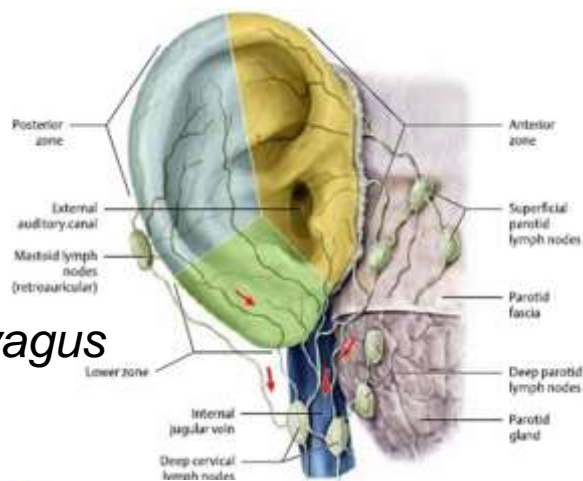


Дете с вродена недоразвита ушна мида (микротия) 30 месеца след оперативната реконструкция с култивиран хрущял от недоразвитото ухо.

G. Zhou et al.: In Vitro Regeneration of Patient-specific Ear-shaped Cartilage and Its First Clinical Application for Auricular Reconstruction. EBioMedicine 28, 2018, 287-302.

Ушна мида, *auricula*

- Кръвоснабдяване на ушната мида:
 - ✓ *a. auricularis anterior*
 - ✓ *a. auricularis posterior*
 - ✓ *rr. perforantes*
- Лимфен отток – три зони ⇨ *nodi lymphatici cervicales profundi*:
 - ✓ предна зона
 - ✓ задна зона
 - ✓ долна зона
- Сетивна инервация:
 - ✓ *n. trigeminus*
 - ✓ *n. facialis*
 - ✓ *nn. glossopharyngeus et vagus*
 - ✓ *plexus cervicalis*



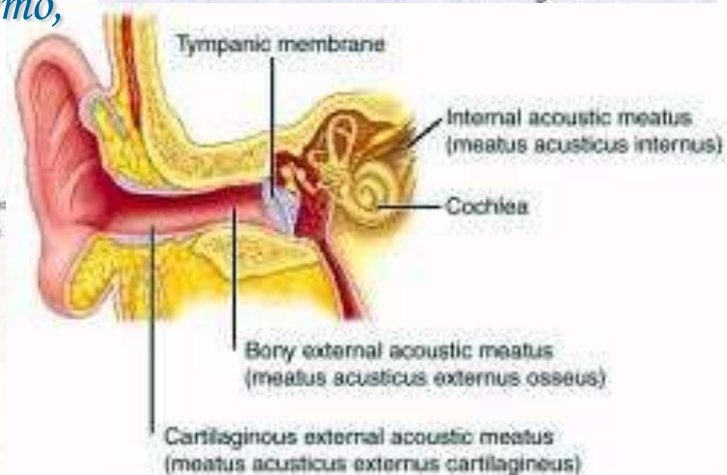
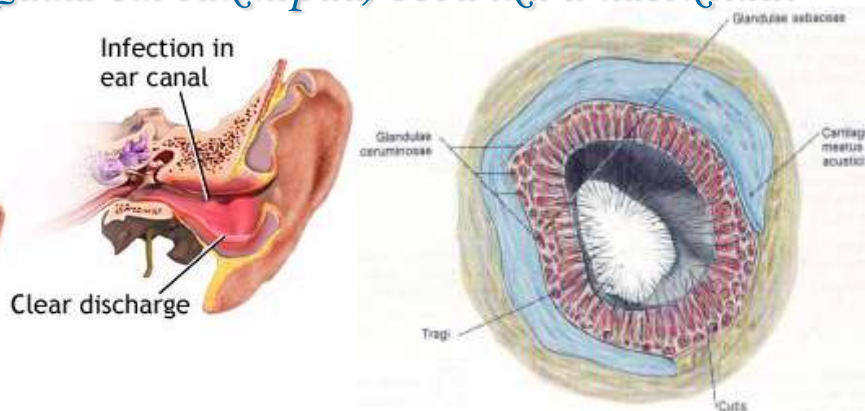
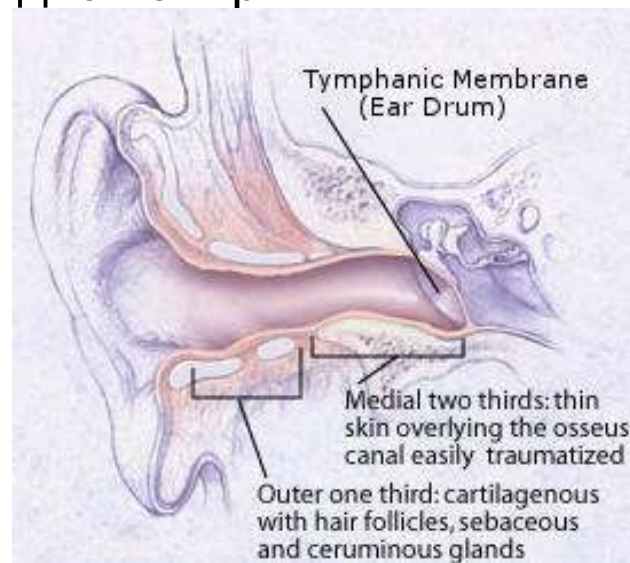
Външен слухов проход, *meatus acusticus externus*

- външен слухов проход, дълъг 2,5 cm, 7 mm в диаметър

meatus acusticus externus, Lat. *meo*, проход (ушен канал) – S-образен ход (140°):

- ✓ хрущялна част – латерална $\frac{1}{3}$ (6-8 mm)
cartilago meatus acustici
- ✓ костна част – медиални $\frac{2}{3}$ (15-17 mm)
meatus acusticus externus ossis temporalis
- ✓ кожа с нежни косми, *tragi*
- ✓ *gll. sebaceae* ⇒ в космените фоликули
- ✓ *gll. ceruminosae* ⇒ *cerumen*

NB: Ушната қал подпомага почистването и овлажняването, и осигурява защита от бактерии, гъбички и насекоми!



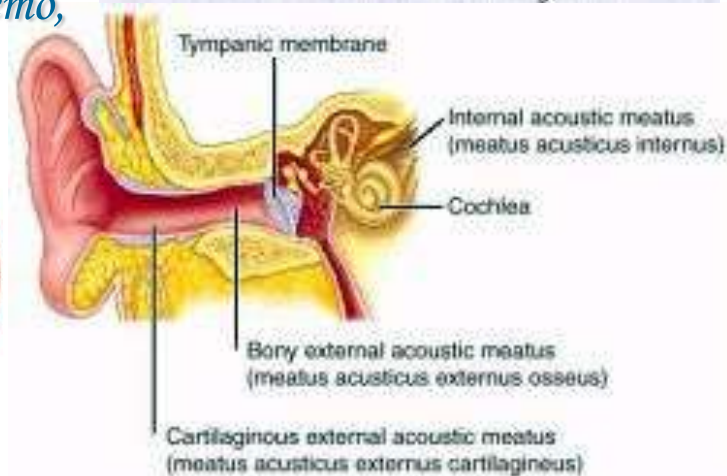
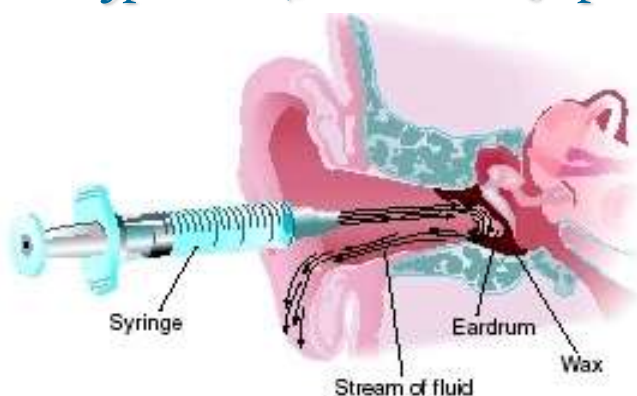
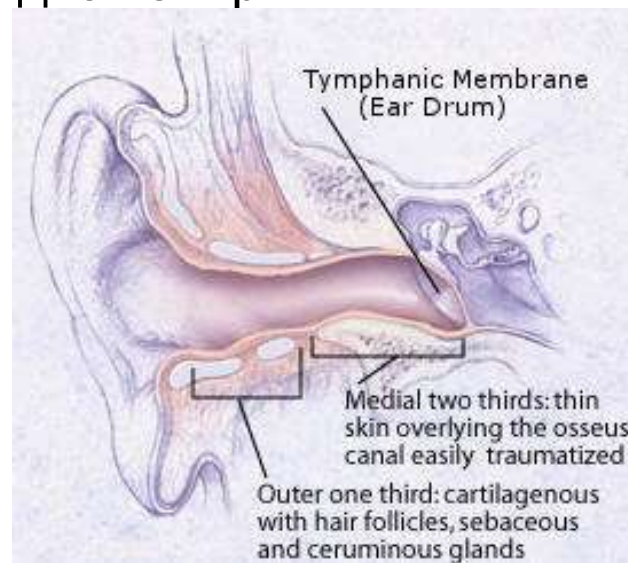
Външен слухов проход, *meatus acusticus externus*

- външен слухов проход, дълъг 2,5 cm, 7 mm в диаметър

meatus acusticus externus, Lat. *meo*, проход (ушен канал) – S-образен ход (140°):

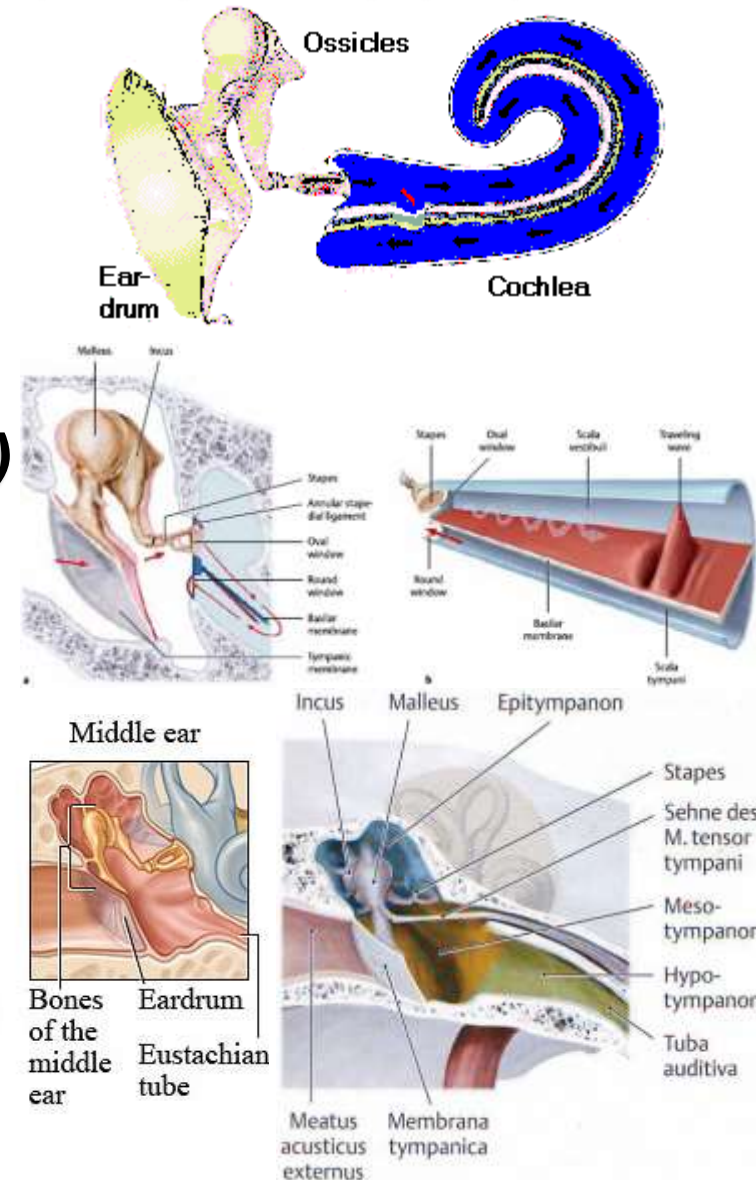
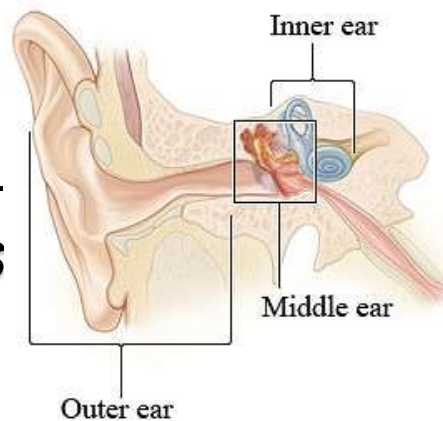
- ✓ хрущялна част – латерална $\frac{1}{3}$ (6-8 mm)
cartilago meatus acustici
- ✓ костна част – медиални $\frac{2}{3}$ (15-17 mm)
meatus acusticus externus ossis temporalis
- ✓ кожа с нежни косми, *tragi*
- ✓ *gll. sebaceae* ⇒ в космените фоликули
- ✓ *gll. ceruminosae* ⇒ *cerumen*

NB: Ушната қал подпомага почистването и овлажняването, и осигурява защита от бактерии, гъбички и насекоми!



Средно ухо, *auris media*

- второ звено от звукопроводящия апарат – усилва и пренася трептенията на тъпанчевата мембрана към вътрешното ухо
- ✓ тъпанчева мембрана – ***membrana tympani (tympanica)***
- ✓ тъпанчева кухина – ***cavitas (cavum) tympani***
- ✓ слухова тръба – ***tuba auditiva (auditoria)***
- ✓ СЛУХОВИ КОСТИЦИ – ***ossicula auditus (auditoria)***



Тъпанчева мембрана, *membrana tympani (tympanica)*

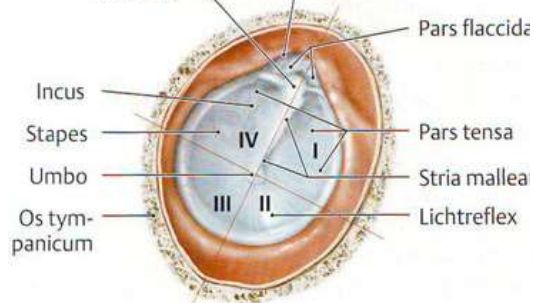
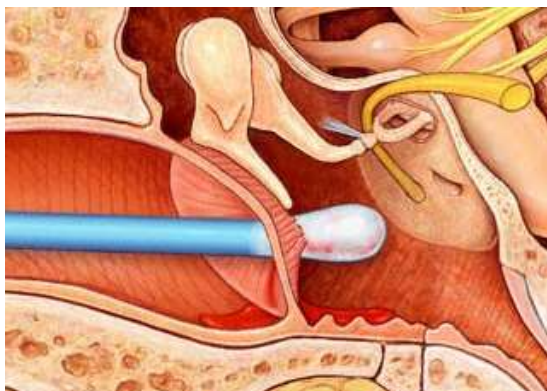
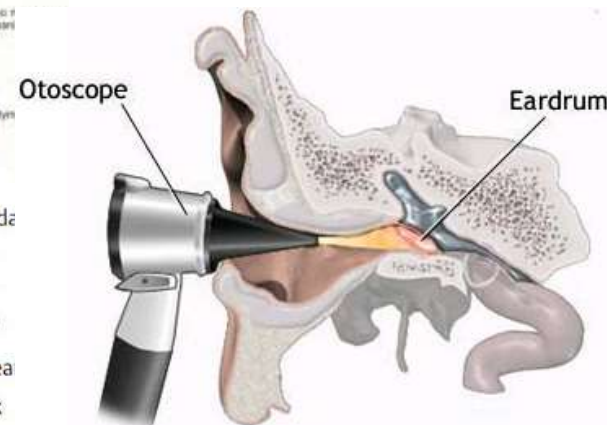
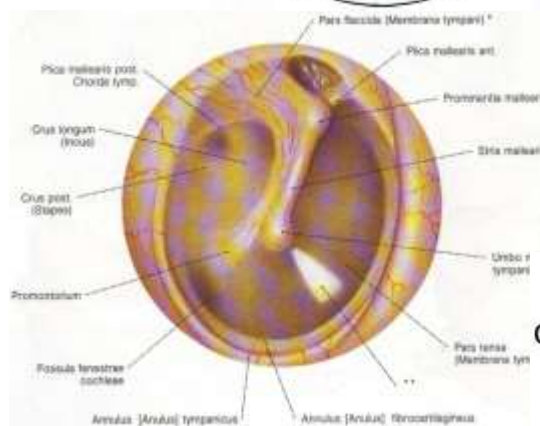
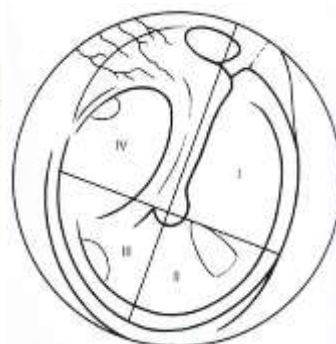
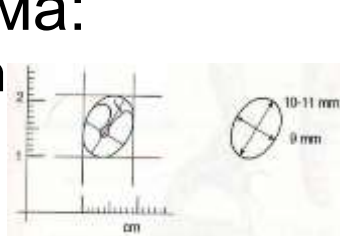
- елипсовидна форма:

- ✓ дълъг $d=10-11$ mm
- ✓ къс $d=8-9$ mm

- *pars flaccida* – мембрана на Schrapnell

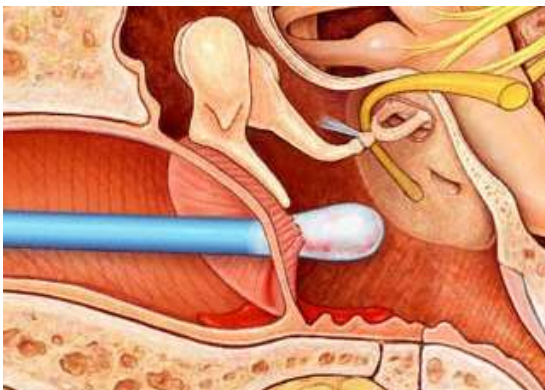
- *pars tensa* \Rightarrow *umbo*

- ✓ *stratum cutaneum*
- ✓ *stratum fibrosum* – липсва в *pars flaccida*:
 - *stratum radiatum*
 - *stratum circulare*
- ✓ *stratum mucosum*



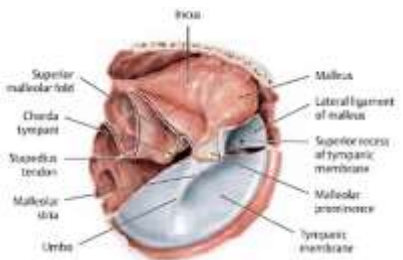
Тъпанчева мембрана, *membrana tympani (tympanica)*

- елипсовидна форма:
 - ✓ дълъг $d=10-11$ mm
 - ✓ къс $d=8-9$ mm
- *pars flaccida* – мембрана на Schrapnell
- *pars tensa* \Rightarrow *umbo*
 - ✓ *stratum cutaneum*
 - ✓ *stratum fibrosum* – липсва в *pars flaccida*:
 - *stratum radiatum*
 - *stratum circulare*
 - ✓ *stratum mucosum*



"I can see it! Boy, that is a small cellular phone!"

Тъпанчева кухина, *cavitas (cavum) tympani*

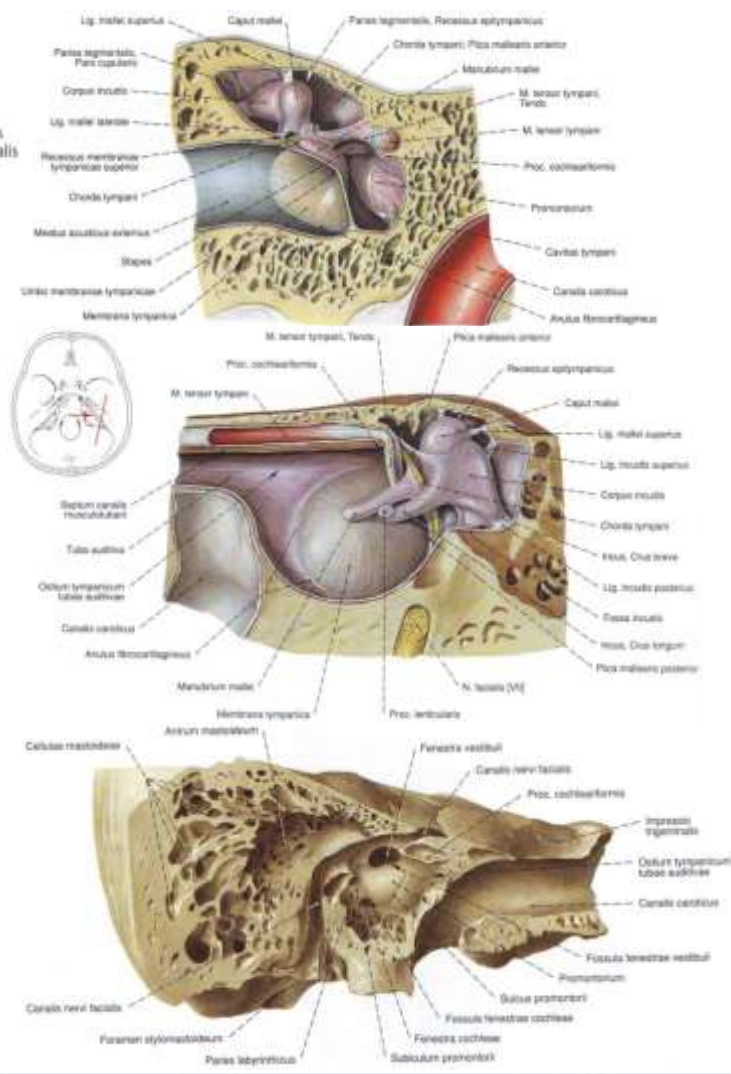
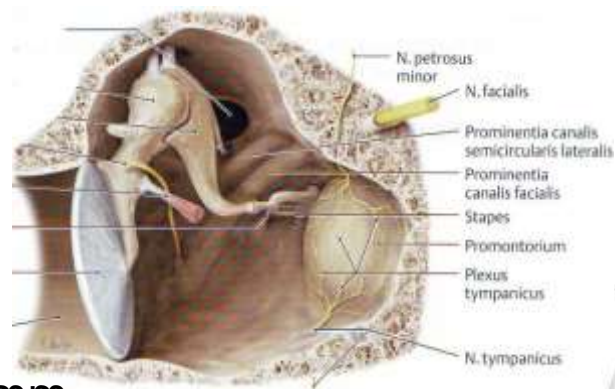


- обем – 1,5 cm³
- размери:

- ✓ вертикален – 15 mm
- ✓ предно-заден – 15 mm
- ✓ напречен – 6-2-4 mm

- ШЕСТ СТЕНИ, ПОКРИТИ С МУКОПЕРИОСТ:

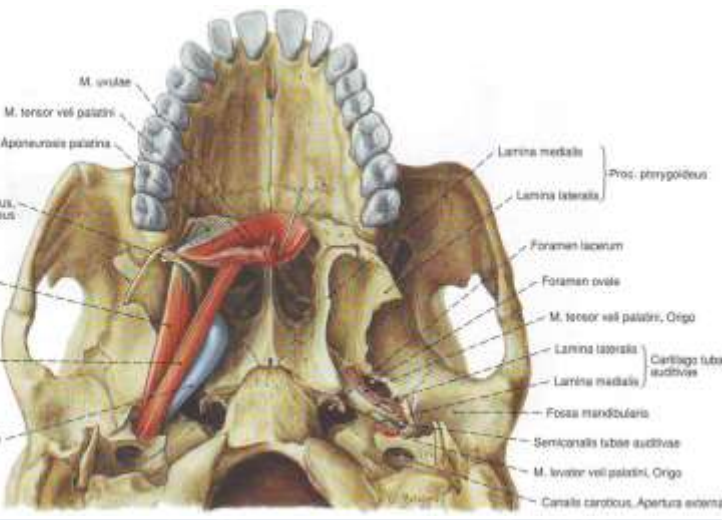
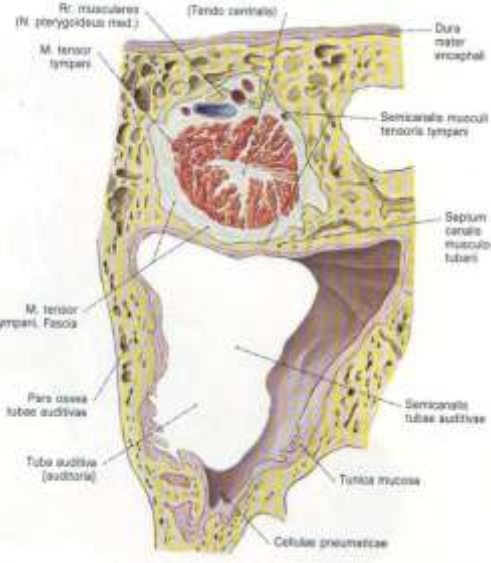
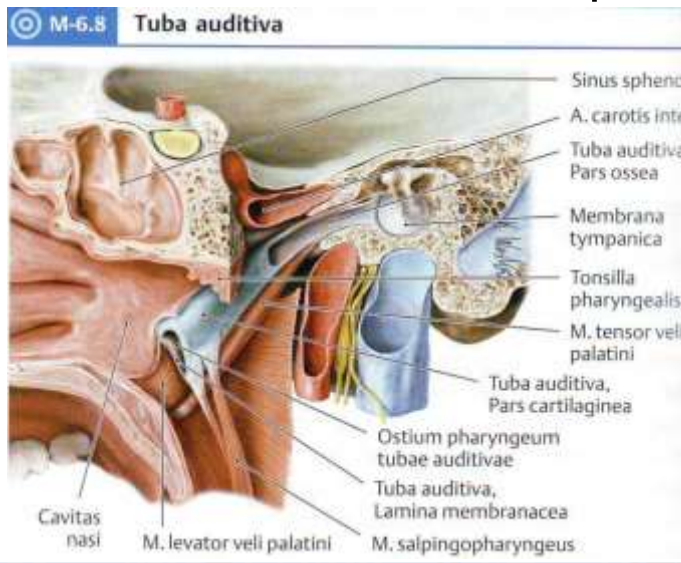
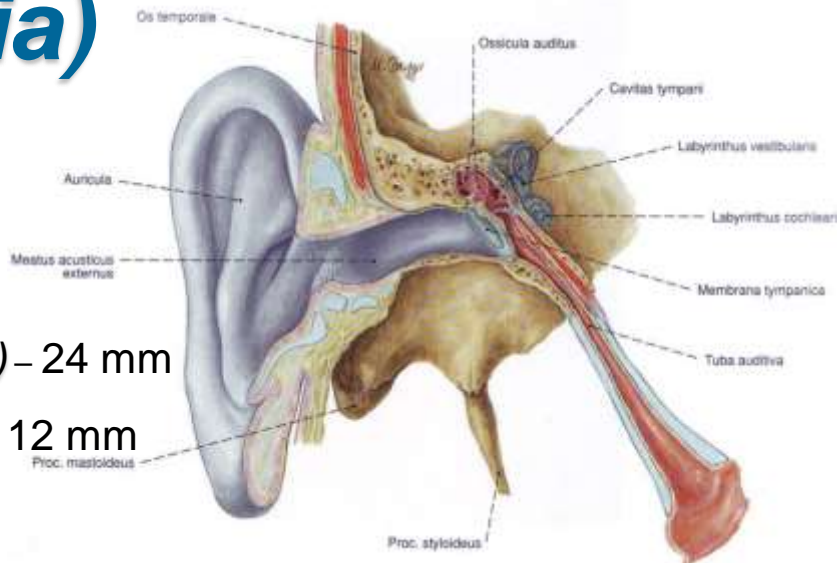
- ✓ латерална – ***paries membranaceus***: *membrana tympani et recessus epitympanicus*
- ✓ медиална – ***paries labyrinthicus***
- ✓ горна – ***paries tegmentalis***: *tegmen tympani* ⇒ ОТОГЕНЕН МЕНИНГИТ
- ✓ долна – ***paries jugularis*** ⇒ *canaliculus tympanicus*
- ✓ предна – ***paries caroticus***
- ✓ задна – ***paries mastoideus*** ⇒ *antrum mastoideum*



Слухова тръба, *tuba auditiva*

■ Евстахиева тръба, (*auditoria*)
(на *Eustachius*) – дълга ~3,5 cm:

- ✓ *ostium tympanicum tubae auditivae*
- ✓ *ostium pharyngeum tubae auditivae*
- ✓ *pars cartilaginea* (*cartilago tubae auditivae*) – 24 mm
- ✓ *pars ossea* (в *semicanalis tubae auditivae*) – 12 mm
- ✓ *isthmus tubae auditivae*
- ✓ лигавица – еднореден ресничест ⇒ многореден цилиндричен епител



СЛУХОВИ КОСТИЦИ, *ossicula auditus (auditoria)*

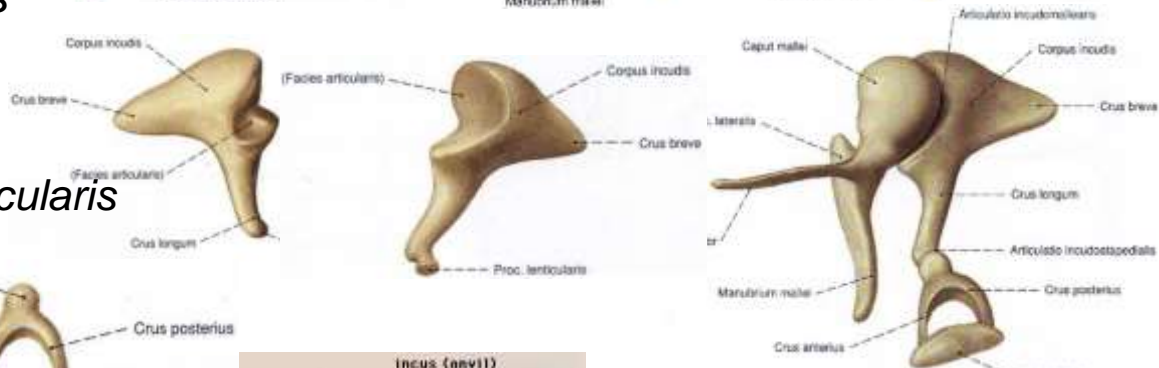
■ чукче, *malleus*:

- ✓ *caput mallei*
- ✓ *collum mallei*
- ✓ *manubrium mallei*
- ✓ *proc. anterior et lateralis*



■ наковалня, *incus*:

- ✓ *corpus incudis*
- ✓ *crus longum* ⇒ *proc. lenticularis*
- ✓ *crus breve*



■ стреме, *stapes*:

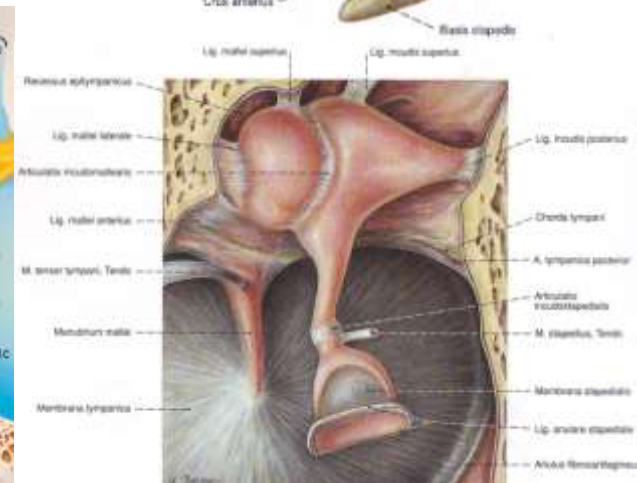
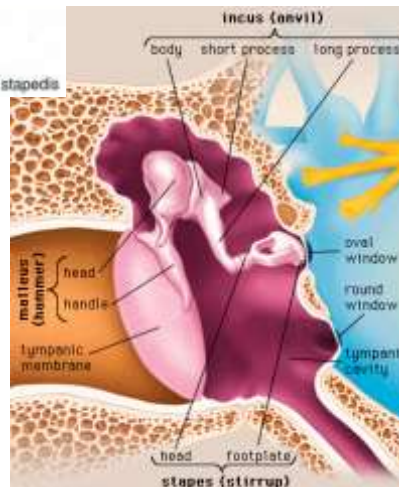
- ✓ *caput stapedis*
- ✓ *crus anterior*
- ✓ *crus posterior*
- ✓ *basis stapedis*



■ *m. tensor tympani (Eustachii)*

■ *m. stapedius*

■ *ligg. et artt. ossiculorum auditus*

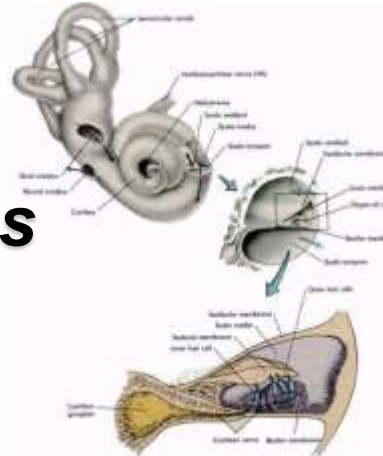


Вътрешно ухо, *auris interna*

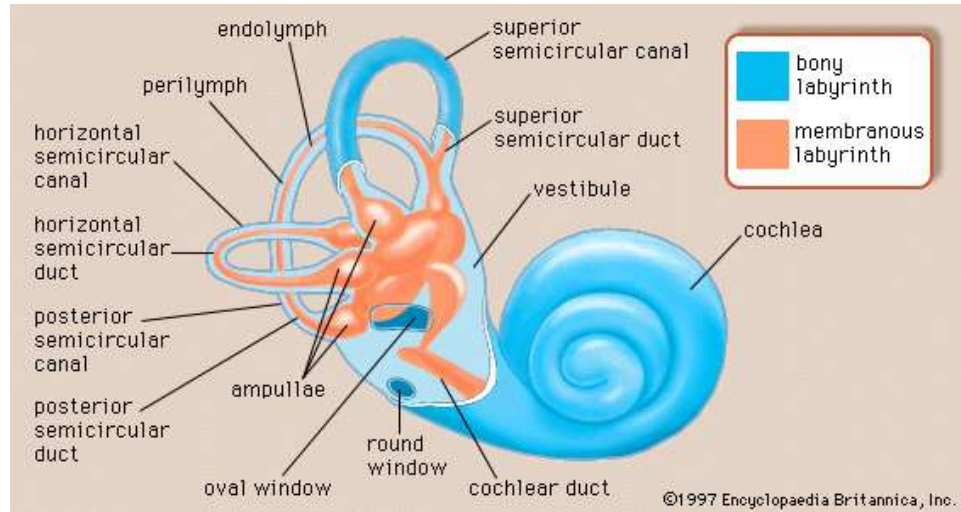
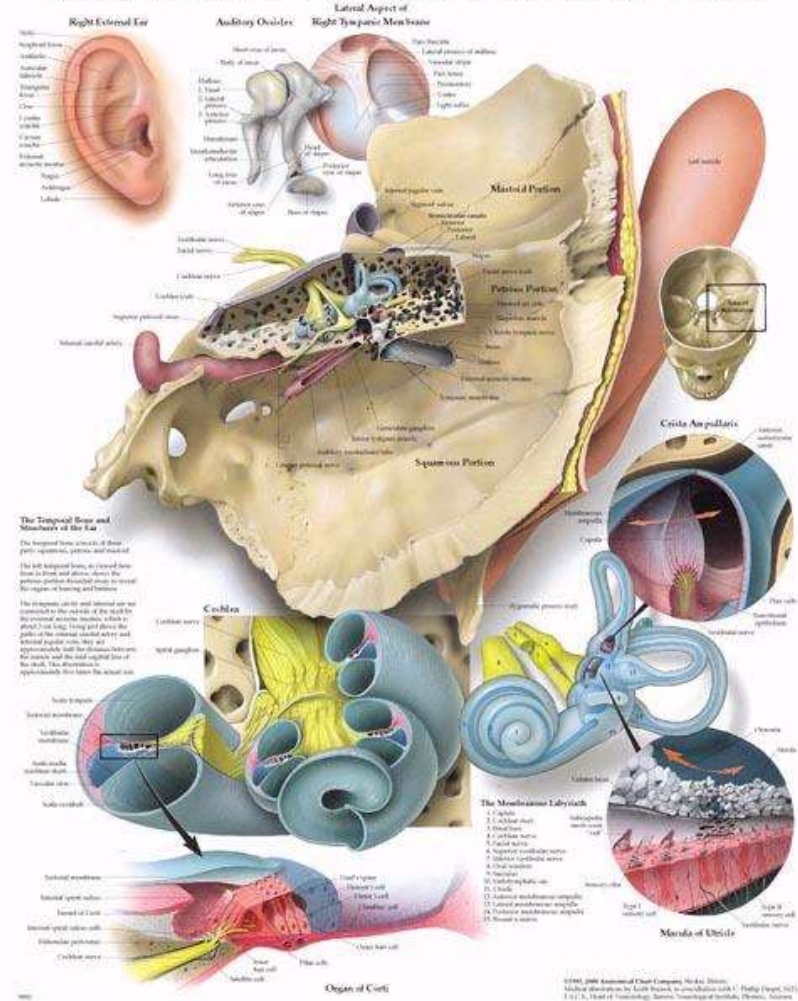
- разположение – в *pars petrosa ossis temporalis*

- костен лабиринт, *labyrinthus osseus*

- ципест лабиринт, *labyrinthus membranaceus*

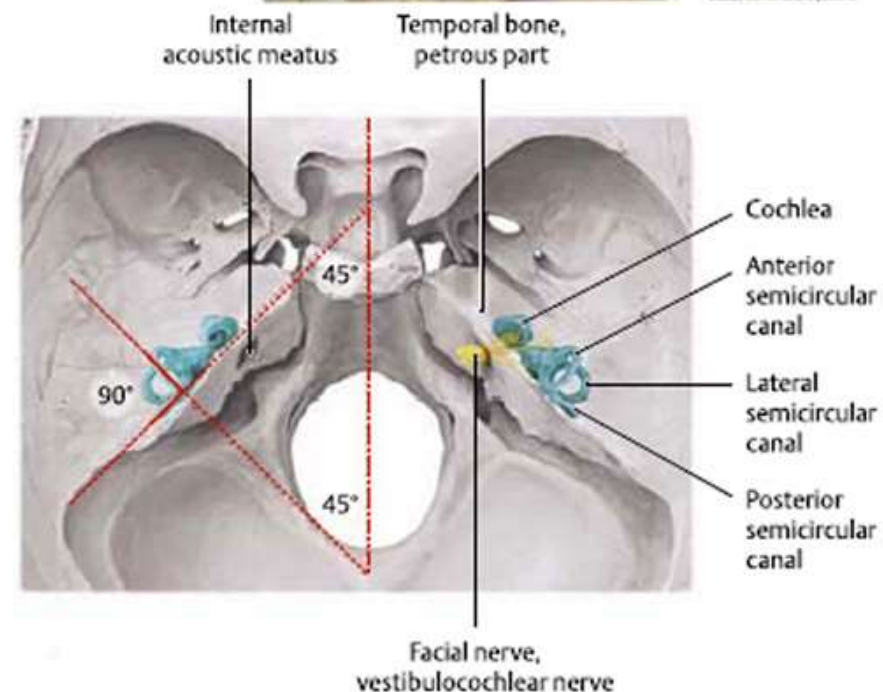
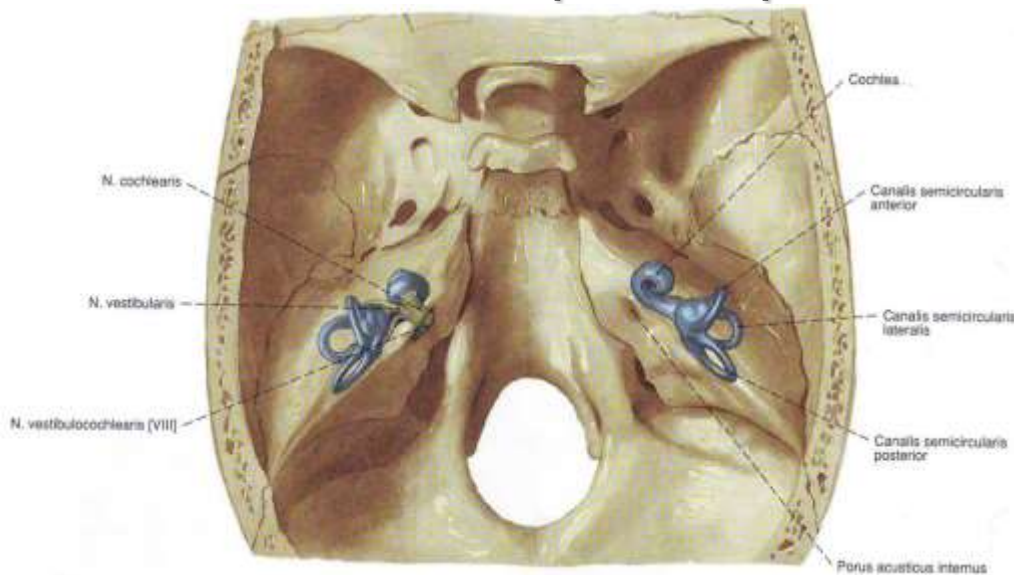
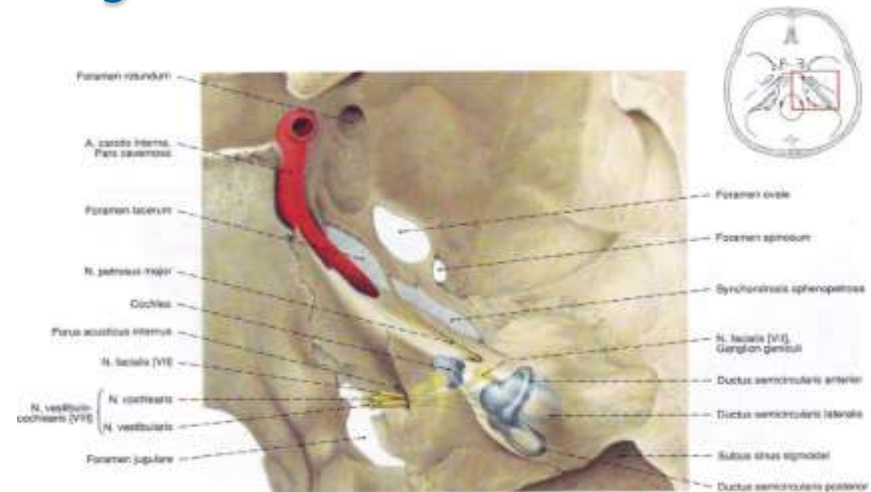


ANATOMY OF THE INNER EAR



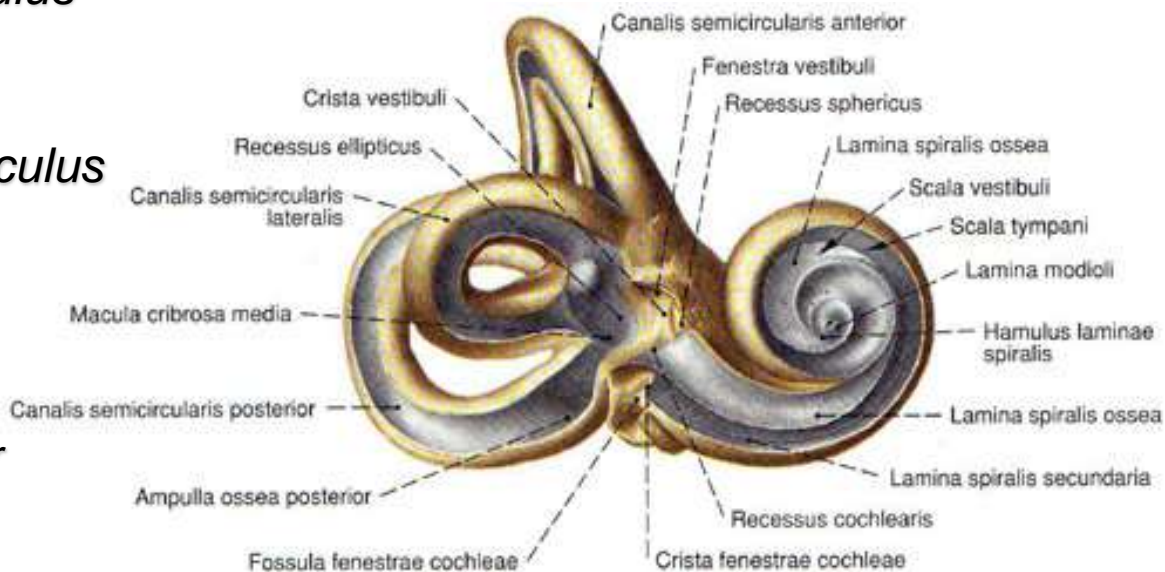
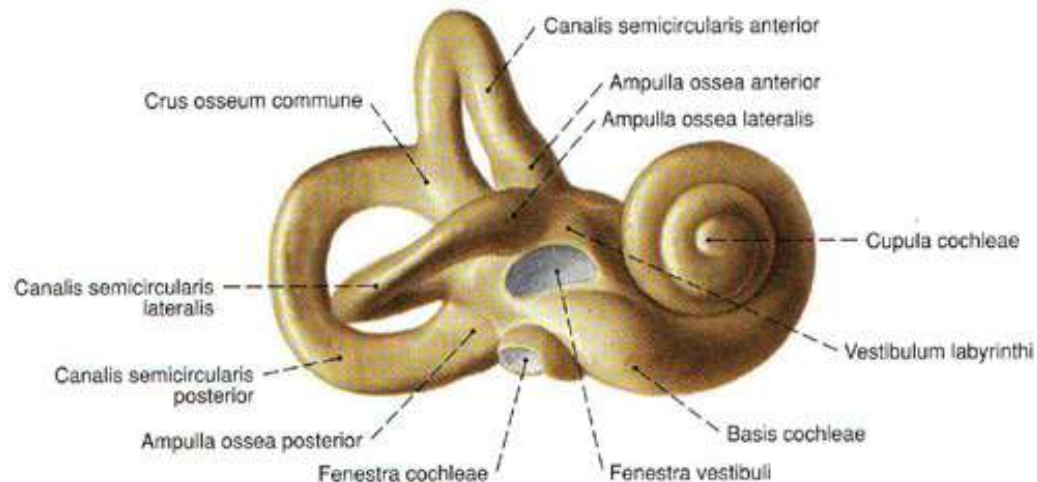
Костен лабиринт, *labyrinthus osseus*

- предверие, ***vestibulum***
- три полуокръжни канала, ***canales semicirculares***:
 - ✓ *canalis semicircularis lateralis*
 - ✓ *canalis semicircularis anterior*
 - ✓ *canalis semicircularis posterior*
- КОСТЕН ОХЛЮВ, ***cochlea***
- ИЗПЪЛНЕН С ПЕРИЛИМФА



Предверие, *vestibulum*

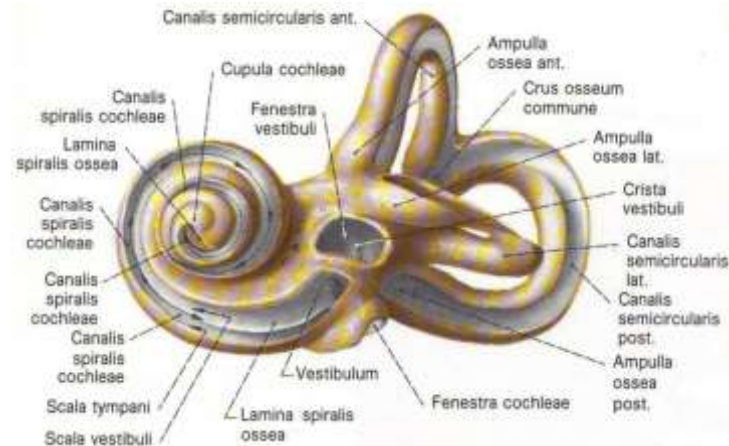
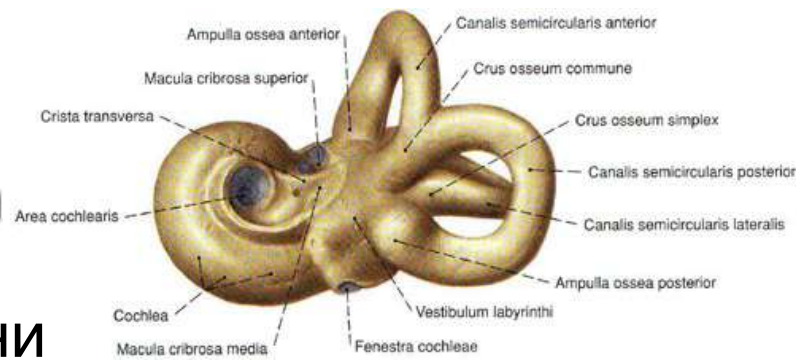
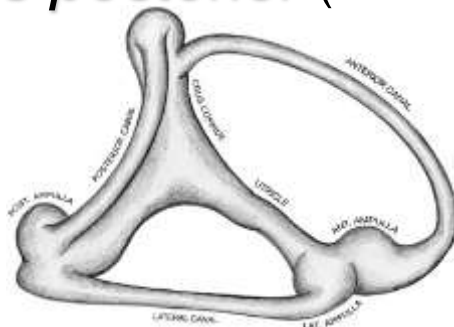
- латерална стена – *paries labyrinthicus*:
 - ✓ *fenestra vestibuli* ⇨ затворено от *basis stapedis*, фиксирана с *lig. anulare stapedis*
 - ✓ *fenestra cochleae* ⇨ *membrana tympani secundaria*
- МЕДИАЛНА СТЕНА:
 - ✓ *recessus ellipticus* ⇨ *utricleus*
 - ✓ *crista vestibuli* ⇨ *aqueductus vestibuli*
 - ✓ *recessus sphericus* ⇨ *sacculus*
 - ✓ *recessus cochlearis*
 - ✓ *maculae cribrosae* ⇨ *pars vestibularis n. vestibulocochlearis*:
 - *macula cribrosa superior*
 - *macula cribrosa media*
 - *macula cribrosa inferior*



Костни полуокръжни канали, *canales semicirculares*

- ✓ *canalis semicircularis lateralis* (14 mm) – в хоризонталната равнина
- ✓ *canalis semicircularis anterior* (18 mm) – във фронталната равнина
- ✓ *canalis semicircularis posterior* (22 mm) – в сагиталната равнина

- $\frac{2}{3}$ от окръжност
- диаметър = 1 mm
- разположени в три взаимно перпендикулярни равнини
- изпълнени с *ductus semicirculares*
- начална част – *ampulla ossea*
- крайна част – *crus osseum*:
 - ✓ *simplex* – за латералния канал
 - ✓ *commune* – за предния и задния канал



Костен охлюв, *cochlea*

Lat. *cochlea*, черупка
НА ОХЛЮВ

- спирален канал, *canalis spiralis cochleae*
– 2½-2¾ намотки (дължина ~ 3 cm):

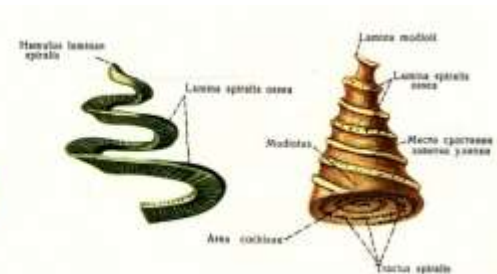
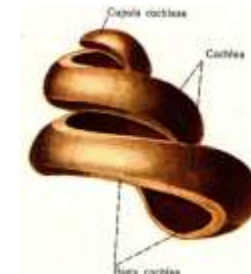
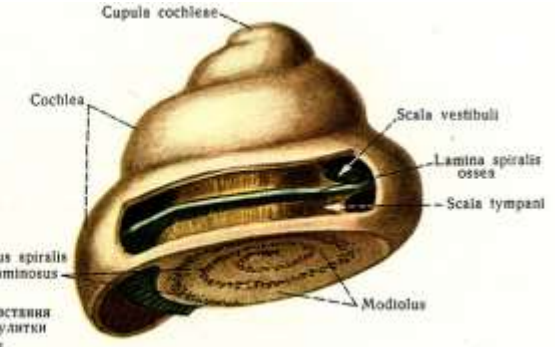
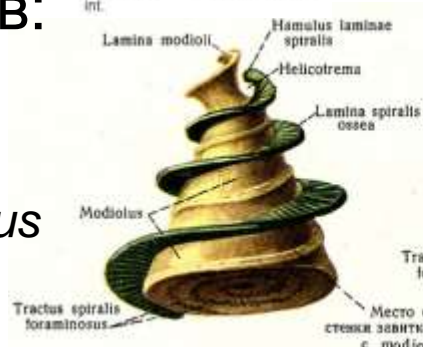
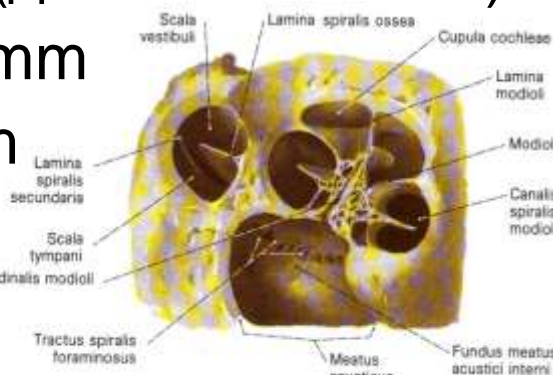
- ✓ височина – 4-5 mm
- ✓ основа – 8-9 mm
- ✓ *basis cochleae*
- ✓ *cupula cochleae*
- ✓ строеж на костния охлюв:

➤ *modiolus*:

- *basis modioli* ⇨ *tractus spiralis foraminosus*
- *lamina modioli*
- *canalis spiralis modioli* ⇨ *ganglion cochleare*

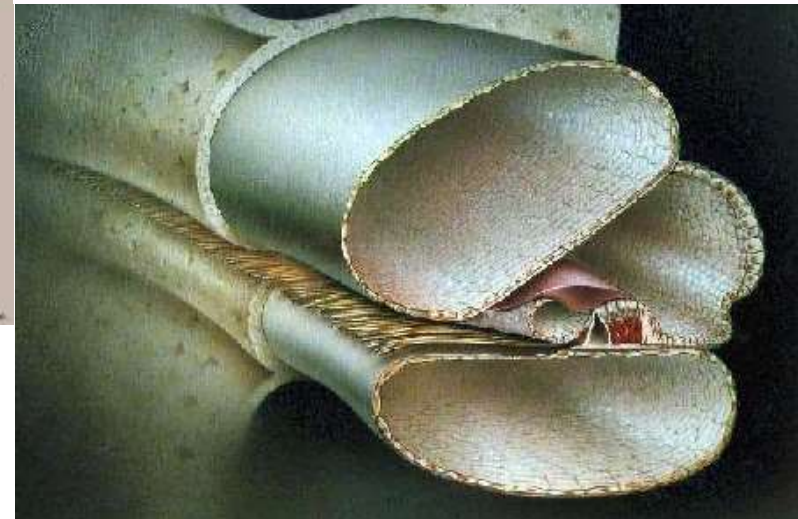
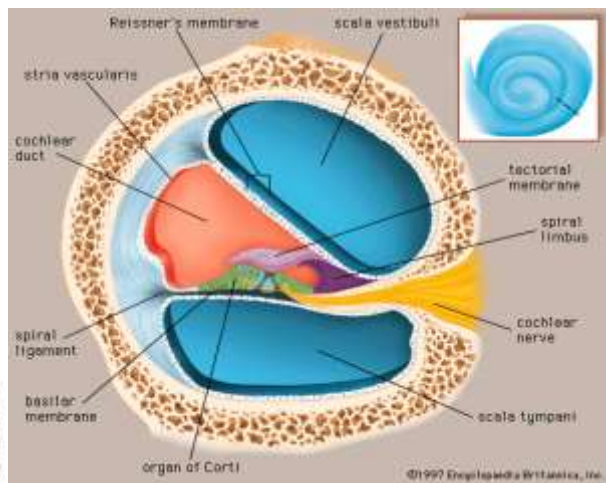
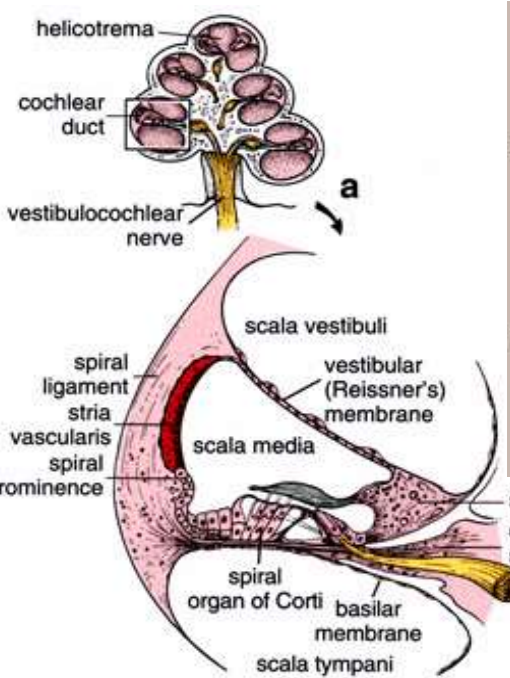
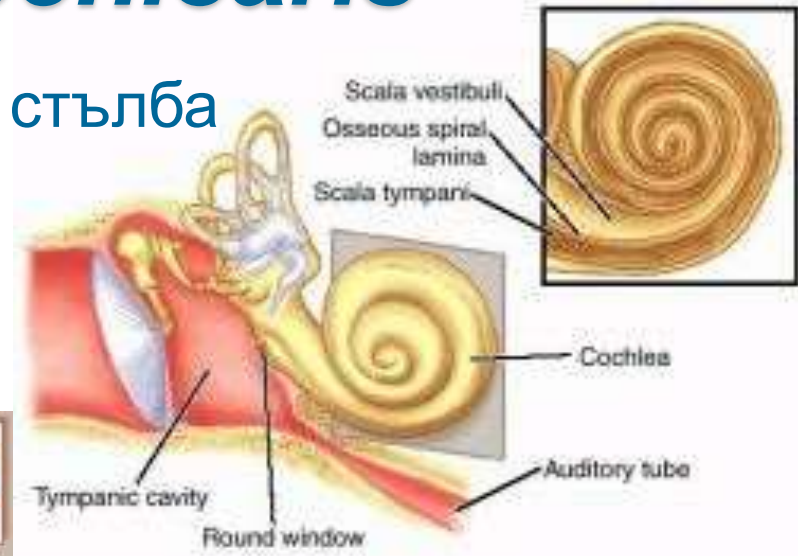
➤ *lamina spiralis ossea* ⇨ *hamulus helicotrema* *membrana basilaris*

➤ *lamina spiralis secundaria* ⇨



Костен канал на охлюва, *canalis cochlearis*

- ✓ ***scala vestibuli*** Lat. *scala*, ВИТА СЪЛБА
- ✓ ***scala tympani***
- ✓ ***scala media*** (*ductus cochlearis*)
⇒ *organum spirale Corti*





Благодаря ...



“Your chart showed a broken cochlea inside your ear, but we fixed it with Photoshop.”