Pre- és postnatális változások az emberi dobüregben

Doktori értekezés

Dr. Tóth Miklós

Semmelweis Egyetem
Molekuláris orvostudományok (multidiszciplináris orvostudományok)
Embryológia, elméleti, kísérletes és klinikai fejlődésbiológia

Témavezető: Dr. Oláh Imre, egyetemi tanár, orvostudományok doktora

Hivatalos bírálók: Dr. Bauer Miklós, egyetemi tanár, orvostudományok doktora
Dr. Kálmán Mihály, egyetemi docens, orvostudományok doktora

Szigorlati bizottság elnöke: Répássy Gábor, egyetemi tanár, orvostudományok, doktora
Szigorlati bizottság tagjai: Dr. Mester Ádám, egyetemi docens, orvostudományok, doktora
Dr. Szamosi Tamás, egyetemi docens, orvostudományok doktora

Budapest
2007

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés 03. oldal

2. Célkitűzések 11. oldal

3. Módszerek

Macerálás 14. oldal

Csontpreparálás 14. oldal

Csontcsiszolás 14. oldal

Preparálás 15. oldal

Korrózió 15. oldal

Szövettan 15. oldal

Endoszkópos vizsgálat 16. oldal

4. Eredmények és következtetések

Protympanum 17. oldal

Promontorium és cochlea 27. oldal

Elülső chorda csatorna 38. oldal

Fossula fenestrae rotundae 45. oldal

Tegmen 56. oldal

5. Összefoglalás 67. oldal

6. Summary 68. oldal

7. Irodalomjegyzék 69. oldal

8. Saját publikációk jegyzéke 81. oldal

9. Köszönetnyilvánítás 83. oldal

1. Bevezetés

„A fülészet kifejlődésében három lépcsőzet tűnik fel, ugymint: midőn a fül boncztanilag ismerve nem volt; midőn a boncztan a tilalom békóiből felszabadult és a buvárok a hallás-szerv alkatával is megismerkedtek; s végre midőn a kórboncztan, a górcsövi kutatások és a physiologiai tudományok a homályba világosságot hoztak és a vizsgálódási műszerek tökéletesíttettek." (Böke Gyula: A fülgyógyászat tankönyve, 1868)

Ez az idézet is mutatja, hogy a fülgyógyászat és a belőle kifejlődő fülsebészet mennyire az anatómiára épült, és a halántékcsont bonyolult strukturális felépítése miatt napjaink fülgyógyászata is a klasszikus morfológiai alapokra támaszkodik.

Az ókori tudósok közül *Hippokrates* már foglalkozott a fül eredetű betegségekkel, de a hallószerv anatómiai tulajdonságaival elsőként *Celsus* foglalkozott. Feljegyzéseiben olvasni lehet a hallójárati idegentest eltávolításáról kutasz és hajlított horog, valamint kifecskendezés segítségével. Ez természetesen feltételezi azt, hogy ismerték a külső hallójárat makroszkópos anatómiáját. A hetedik században *Aeginai Pál* a fülészet sebészeti részének művelése miatt említendő, s az általa leírtakban a fülkagyló sebeinek gyógyításáról és elpusztult részeinek műtéti pótlásáról olvashatunk érdekes adatokat. A fül bonctani ismerete a 15. századig csak a fülkagylóra és a külső hallójáratra terjedt; gyanítani azonban lehet, hogy már *Aristoteles*, ki sok fület boncolt, az Eustachio-féle csövet ismerte.

A halántékcsont anatómiájának megismerése akkor indult el, amikor a tanodák felszabadultak és a boncolásokat fenyegető szigor és büntetések megszűntek. *Marinus* leírja a „hall- és arczideget" mint egy ideg, s csak évekkel később tanítványa, *Galenus* beszél két külön idegről, mint nervus facialis és nervus vestibulocochlearis. Ő nevezte el a halántékcsont capsula otica-ját tömkelegnek. *Achillini* és *Beregario* 1480-ban leírták a kalapácsot és az üllőt, s *Ingrassia* 1546-ban a kengyelt. *Fallopio* a fülkagyló izmain kívül a dobhártya csontkeretét írta le elsőként, megemlítvén, hogy ez már 7 hónapos magzatban a felnőttre jellemző méretű; továbbá, hogy a csecsnyúlvány üregei a „külhangvezeték" csontosodásával fejlődnek és a „dobürrel"

közlekednek. Tőle származik a dobüreg név. Tanulmányozta a labyrinthust a „petéded és gömbölyű” ablakokkal (ovális és kerekablak), és hozzá kötődik az arcidegcsatorna elnevezése is.

Eustachio 1563-ban írta le először a róla elnevezett csövet, mely a dobüreget a garattal köti össze. *Valsalva* (1714) ugyancsak foglalkozott a fülkürttel. Egyik boncolása során üszkös csontot távolított el a dobüregből, s az üreg vízzel való átfecskendezése után a víz a garatban is megjelent. Így ismerte fel a garat és a dobüreg közötti összeköttetést, és mégis, ezen a dobüregbe vezető cső csak 160 évvel felfedezése után nem-orvos által méltatott figyelemre. *Guyot*, versailles-i postamester, a párizsi akadémiának 1724-ben egy műszert mutatott be, amelyet saját süketsége meggyógyítására száján keresztül a fülkürt kifecskendezésére használt, de előterjesztését semmibe se vették.

A 19. század elejétől kezdve a halántékcsont anatómiája szorosan a fülgyógyászathoz kapcsolódott. A fület érintő klinikai kórképek sokszínűsége és nem ritkán halálos kimenetelű szövődményei hívták életre a halántékcsont normális és kóros felépítésének minél alaposabb megismerését. Egyre gyakrabban boncoltak és keresték a betegségek morfológiai hátterét. Ebben az időben a fülgyógyászat és annak anatómiája kéz a kézben jártak; az anatómia, mint önálló diszciplína, nem fektetett nagy hangsúlyt a koponya ez kicsiny területére. A fülgyógyászat nagyjai (*Wilde, Toynbee, Stacke, Jansen, E. Cheatle,* stb.) felismerték a dobüreg és a csecsnyúlvány kapcsolatát, és egyre gyakrabban végeztek mastoidektomiát a dobüregi gennyesedés kezelésére. A 19. század közepéig kellett várni a homloktükör megjelenésére (*Tröltsch*), ami mérföldkövet jelentett mind a fülgyógyászatban, mind a fül anatómiájában. Ennek segítségével rutinszerűen lehetett vizsgálni a külső hallójárat mélyét a dobhártyával és egyre gyakrabban végeztek paracentesis-t is a gennyes középfülgyulladás gyógyítására.

Egészen a 19. század végéig kellett várni, amikor *Schwalbe* és *Siebenmann* [6,7] megjelentették önálló munkáikat a halántékcsont anatómiájáról. Monográfiái részletesen tanulmányozzák a halántékcsont anatómiáját, hosszú oldalakat szentelve a

legkisebb csontnyúlványoknak is. Azt is mondhatnánk, hogy a halántékcsont klasszikus leíró anatómiája általuk öltött testet és alapos munkájuknak köszönhetően megjelenésével el is érte csúcspontját. A 20. század közepéig nem látunk jelentős fejlődést a fül csontos morfológiájának további tanulmányozásában, majd 1949-ben napvilágot látott egy könyv a belsőfül fejlődéséről *Anson* és *Bast* [2] írásában. Több száz magzati, gyermek és felnőttkori halántékcsont alapos vizsgálata után felállították a szerzők a labyrinthus csontosodási mintázatát. Térbeli modellek segítségével tanulmányozták a fejlődő üregrendszereket és elméleti jóslásokat tettek a dobüreg fejlődésére.

Bár a fülhöz szorosan kapcsolódó klinikai kórképek száma jelentősen megnőtt, azonban az anatómia ismeretek feltárása intenzitásában nem követte a klinikai fejlődést. Számos patológiai és kórélettani kérdés megválaszolatlan maradt, s a mindennapi fülsebészeti gyakorlat csak töredékében volt képes újabb morfológiai eredményeket felmutatni. A fülpatológia valamint a belsőfül morfológiai és molekuláris kutatása egyre gyorsuló ütemben fejlődtek, de a középfül és halántékcsont-sebészet anatómiai alapjai még mindig a klasszikus, általános anatómiai leírásokra támaszkodtak. Bár néhány halántékcsont-anatómiai könyv (*Anson, Donaldson, Gulya, Proctor, Schuknecht* [1,4,5]) célzottan foglalkozik a sebészeti anatómiával, de a kor nyújtotta technikai lehetőségek optimális kihasználásához nem biztosítanak részletes, leíró, fejlődéstani és szövettani morfológiai alapokat. *Bollobás Béla* [3] volt az első, aki könyvet jelentetett meg a dobüreg mikrosebészeti anatómiájáról. Külön fejezetet szentelt a dobüreg jelentősebb struktúráinak és nemcsak a felnőttre jellemző formai variációkat ismertette, hanem a magzati kortól lépésről lépésre követte azok fejlődését is.

A dobüreg a halántékcsont három embrionális telepének (pars petrosa, pars tympanica és pars squamosa) találkozási pontjában alakul ki. Elsősorban Anson és Bast tanulmányaira alapozva a halántékcsont fejlődéstani és szövettani tulajdonságairól napjainkban a következőket állíthatjuk:

Pars petrosa

A pars petrosa a porcos capsula otica-ból alakul ki chondrális csontosodással, s ez a telep mutatja a legösszetettebb fejlődést. A capsula otica első megjelenési formája egy előporc-héj a hártyás labyrinthus körül, melynek eredete vitatott. Korábbi elképzelések szerint a ganglionléc származéka, azonban megállapodás szerint jelenleg a paraxialis mesoderma származékának tartják. Az előporc állapot a 10. magzati hétig tart. A következő hetekben az előporc valódi porccá alakul, s a 16. héten a kerekablak körül megjelenik az első csontosodási mag. A rákövetkező hetekben több és több csontosodási mag jelenik meg; a 14., egyben az utolsó, a 21. héten. A csontosodási magvak, hasonlóan a lapos csontokhoz a periféria felé nőnek és terjednek, majd a szomszédosak ’összeolvadnak’ egymással.
A capsula otica csontosodása jelentős mértékben különbözik a csöves csontok csontosodási folyamatától. Amíg a csöves csontokban az epiphysislemez egy folyamatos csontnövekedést tesz lehetővé, addig a capsula otica már porcos formában eléri a felnőttre jellemző formát és méretet, s csak azután kezd el csontosodni. Az első csontosodási mag megjelenését követően a csontosodási folyamat nagyon intenzív és gyors, s közel 5 hét alatt egy összefüggő csonthéj alakul ki a hártyás labyrinthus körül. Bár a csontosodás a 21. hét után is folytatódik, azonban a csontos capsula otica lumenének változása minimális, alig mérhető. További sajátossága a capsula otica-nak, hogy a csontosodás befejeződése után bizonyos területeken porcszigetek maradnak meg az egyén teljes életében. Ilyen például a fissula ante fenestram és a kengyel talpának belső felszíne.

A capsula otica több okból is különbözik a csöves csontoktól. Egy ok ezek közül, hogy a capsula otica, fejlődése során, három csontréteget alakít ki. Ezek kívülről befelé haladva a következők: *periosteális (1)*, *intrachondriális* és *enchondrális (2)* együtt, valamint *endosteális (3)* rétegek.

Periosteális csont

A periosteális csont közvetlenül a csonthártya kambium rétegéből fejlődik a capsula otica felszínén. Ez a csontréteg a 16. magzati héten indul fejlődésnek és a 27. hétig intenzíven növekszik. A következő hetekben, egészen a 40. hétig, lassú a fejlődés, alig van méretbeli változás. A periosteális csontot két részre oszthatjuk. Az első réteg a 16. és 27. hét között alakul ki; ez lesz a felnőttkori periosteális csont belső rétege. Néhány héttel később egy sokkal lazább szerkezetű csontállomány indul fejlődni az előző felszínén. Ez a fejlődés sokkal lassabb, és a képződő csontot a periosteális csont külső rétegének nevezzük. A külső réteg fejlődése egészen a gyermekkorig tart, és mint „extracapsuláris" csontszövetet tartjuk számon. Fontos hangsúlyozni, hogy a periosteális csont külső rétege már nem tartozik a capsula otica-hoz, azonban nagy jelentősséggel bír, mivel a dobüreg jelentős része, a halántékcsont csúcsa és a csecsnyúlvány jelentékeny része ebből a csontrétegből veszi eredetét.

Endosteális csont

Az endosteális csont egy vékony réteget képez a capsula otica belső felszínén. Az endosteum-ból vagy belső periosteum-ból fejlődik, és közvetlenül veszi körül a belsőfül üregrendszerét.

Intrachondriális és enchondrális csont

Az intrachondriális és enchondrális csont együttesen építi fel a capsula otica középső rétegét, mely a belsőfül csonthéjának legvastagabb és legkeményebb része. A csontosodási folyamat kezdetén degenerálódott porcszigeteket figyelhetünk meg, melyek közötti teret később az un. enchondrális csont tölti ki. Ez a csontosodási folyamat az, ami a capsula otica csontosodását jelentős mértékben megkülönbözteti az emberi szervezet más csontjainak kialakulásától.

A capsula otica középső rétegének egyik jellegzetes eleme az intachondriális csont, amelyik sűrűn egymás mellett elhelyezkedő szigetek formájában jelenik meg a

szövettani képen. Minden „sziget” két részből áll. A sziget nagyobb részét kalcifikálódott hyalinporc alkotja, amelyeknek közepében egy-egy csontmag figyelhető meg. Ezeket a csontmagokat nevezzük *globuli ossei*-nek. Az intrachondriális csontnak nagy szerepe van a capsula otica későbbi csontosodásában, hiszen a középső réteg un. enchondrális rétege az intrachondriális csont porcállományában indul fejlődni. Az un. enchondrális csont is hasonló módon fejlődik, mint a már említett periosteális csont; kitölti az intrachondriális csontszigetek közötti teret, s egy nagyon tömör csontréteg alakul ki, melynek tömörsége megegyezik a vas keménységével. Valójában az enchondrális csont után kapta a halántékcsont piramis formájú része a pars petrosa nevet (petros = kőszikla).

A porcos capsula otica-ban 14 csontosodási mag jelenik meg. Ezek folyamatos növekedése és fúziója egymással építi fel a csontos capsula otica-t, amely kezdetben nem más, mint egy vékony csonthéj a hártyás labyrinthus körül. Az első csontosodási mag a 16. magzati héten jelenik meg, míg a 14., egyben az utolsó, a 21. héten. A capsula otica-ra egyedülállóan jellemző, hogy az első csontosodási mag megjelenése utáni 5-6. héten már a teljes csontos capsula otica megfigyelhető. Ilyen gyors csontmorfológiai jelenséget nem találunk máshol a szervezetben. Bizonyos területeken azonban a periosteális csont hiányozni látszik, mintegy a capsula otica ’herniáció’-ját sejtetve. Ilyen terület például a canalis caroticus belső fala.

Pars tympanica

Az annulus tympanicus a nyolcadik magzati héten jelenik meg először, mint egy alig észrevehető mesenchyma sűrűsödés. Helyét tekintve, a pars tympanica-t közvetlenül a már csontosodó pars squamosa alatt találhatjuk meg. A pars tympanica első csontosodási magja a kilencedik magzati héten jelenik meg abban a kötőszöveti térben, amit később az os tympanicum elülső szarvának nevezünk. Ez a terület az annulus legtömegesebb része, és a dobgyűrű fejeként is említik; a fennmaradó, vékonyabb rész a gyűrű teste. A 10. héten további három csontosodási mag jelenik meg a test területén, amelyek jóval kisebbek, mint az előbb említettek.

A kalapács, mely ebben a korban még teljes mértékben porcból épül fel, szoros kapcsolatban van a Meckel porccal, amely viszont az annulus tympanicus fejével van további szoros viszonyban. A dobgyűrű közvetlenül az alsó állcsont mögött, az első és a második garatívek között foglal helyet, az incus előtt és a halántékcsont pikkelylemeze alatt. Egy 10½ hetes embrióban a másodlagos csontosodási magvak, amelyek a dobgyűrű testében találhatók, megnagyobbodnak és összeolvadnak nemcsak egymással, hanem a fejben található elsődleges csontosodási maggal is.

A 10. és 12. hét között jelentős növekedést figyelhetünk meg. Két hét alatt a gyűrű átmérője megkétszereződik; 2,1 mm-ről 4,2 mm-re nő meg. A 19. héten a dobgyűrű eléri kiindulási átmérőjének több mint a háromszorosát. Ebben a magzati korban az annulus tympanicus egy valódi gyűrűt alkot. Míg hátsó szarva egy botszerű képlet, addig a gyűrű többi részének belső felszínén egy folyamatos, egyre mélyülő árok található, s ez szolgálja a dobhártya rögzítését.

Az annulus tympanicus átmérője egészen a születés pillanatáig folyamatosan növekszik. A 22. magzati héten a csontgyűrű elülső nyúlványa fuzionál a halántékcsont pikkelylemezével, és a fissura petrotympanica elkezd kialakulni. Bár az os tympanicum elől rögzítetté válik, azonban folyamatos növekedése hosszú hónapokig nem akadályozott, mert a hátsó nyúlvány továbbra is porcosan kapcsolódik környezetéhez.

A dobgyűrű a születéskor éri el legnagyobb átmérőjét. A további növekedés jeleként egy-egy csontnyúlvány jelenik meg a gyűrű két végénél, s egymás felé növekedve a csontos külső hallójárat elülső falát hivatottak felépíteni.

Pars squamosa

A halántékcsont pikkelylemezének csontosodása a nyolcadik embrionális héten indul el, s két héttel később, már egy jól fejlett desmalis csontlemez figyelhető meg. Egy 11½ hetes foetusban a pars squamosa minkét, vertikális és horizontális lemeze is megtalálható. Kezdetben a horizontális lemez egy kicsiny nyúlvány, mely éppen csak

hozzáfekszik a capsula otica nagy kiterjedésű, azonban még porcos tegmentális nyúlványához. Ez a találkozási felszín a fissura petrosquamosa interna első megjelenési formája. A pars squamosa vertikális nyúlványa szintén rövid, és az incisura Rivini-t igyekszik alkotni.

A pars squamosa csekély részben vesz részt a dobüreg falainak alkotásában. Az epitympanum lateralis falát, valamint a pars petrosa tegmentális nyúlványával együtt a tegmen tympanit alkotja. Elöl alkotóeleme a fissura petrosquamosa-nak, s hátul közvetlenül a pars petrosa lateralis falára fekszik rá.

2. Célkitűzések

A halántékcsont sebészi anatómiájának nemzetközi irodalma meglehetősen szegényes, ezért célkitűzésem az volt, hogy a mindennapi klinikai életben felmerülő számos, eddig megválaszolatlan kérdések közül néhányra választ találjak a dobüreg fejlődésének tanulmányozása által.

1. A középfül egyetlen természetes nyílása a tuba auditiva, s rajta keresztül valósul meg a középfül ventillációja. Különösen gyermekkorban figyelhetjük meg a csatorna funkcionális zavarait, következményes recidiváló középfülgyulladást okozva. Tanulmányok sorozata foglalkozott a tuba auditiva porcos szakaszával, azonban a csontos szakasz (protympanum) részletes anatómiai leírása, és annak fejlődéstana ezidáig hiányzik az irodalomból. Vizsgálódásaim során arra kerestem választ, milyen embrionális telepekből fejlődik a protympanum falait alkotó csontszövet, s ebből következően milyen tulajdonságokkal rendelkezik. További célom volt a canalis caroticus fejlődésének megismerése. Ez a csontcsatorna a protympanum medialis falának jelentékeny részét alkotja, és a csatorna rendellenes lefutása feltételezhetően nemcsak műtéttani problémát okozhat, hanem a protympanum szűkületét, és a dobüreg ventillációs problémáját is eredményezheti.

2. A dobüreg medialis falának jelentős, nagy kiterjedésű képlete a promontorium. Idegi eredetű nagyfokú halláscsökkenés vagy süketség esetén végzett hallásjavító műtét, az un. cochlearis implantáció során a promontorium-on készítenek egy furatot, amelyen keresztül egy elektródát juttatnak a csigába. Bár a cochlearis implantáció több mint 40 esztendeje végzett műtét, nem található az irodalomban olyan tanulmány, amely pontosan meghatározná a csiga kanyarulatainak helyzetét a promontorium mögött. A furat minél precízebb elhelyezését segítendő, célomul tűztem ki a csiga és a dobüreg medialis falán található csontstruktúrák egymáshoz viszonyított topográfiai viszonyának feltérképezését az anatómiában használt

három alapsíkban (horizontális, frontális és sagittális) és a sebészeti megközelítések irányából.

3. Ismeretlen eredetű fájdalmakat a halánték területén (Costen szindróma) a chorda tympani érintettségével is magyaráznak. Hasonló panaszok jelenhetnek meg állkapocsízületi műtétek után is. A jelenség magyarázatául a chorda tympani topográfiai helyzete szolgált, amely tankönyvi adatok szerint a Glaser hasadékon lép ki a dobüregből. Mivel az irodalomban fellelhető volt néhány tanulmány egy önálló csatornáról a chorda tympani elülső szakasza körül is („anterior chordal canal"), fejlődéstani vizsgálatomban arra kerestem választ, mi a kapcsolat az ideg és annak környezete között, és következésképpen mekkora a chorda tympani mechanikai sérülésének esélye a dobüregtől ventralisan.

4. A kerekablak a dobüreg kisméretű, de nagy jelentőséggel bíró területe. Több mint egy évtizeddel ezelőtt, cochlearis implantáció során az aktív elektródát még a kerekablakon keresztül jutatták a csigába. Napjainkban az ablak jelentősége elsősorban a perilympha-folyás és következményes süketség, valamint az idegi eredetű nagyfokú halláscsökkenés lokális gyógyszeres kezelésében található. Az irodalmi adatok különböző véleményeket mutatnak a kerekablak formájáról és szerkezetéről. Több száz halántékcsont tanulmányozása során arra kerestem választ, hogyan alakul ki a csontos fossulae fenestrae cochleae, melyik a leggyakoribb forma és melyek a típusos variációk.

5. A tegmen tympani egy választófal a dobüreg és a középső koponyaárok között. Folytonos határfelületet képez a középfül és az intracraniális tér között, azonban bizonyos esetek csonthiány figyelhető meg benne, ezzel akár életet is veszélyeztető klinikai kórképet előidézve. Az esetek jelentős részében a csonthiány oka koponyasérülés vagy iatrogén (sebészi beavatkozások következtében), és kb. 10%-ban un. „non-traumatic". Ebbe az utóbbiba soroljuk a veleszületett csonthiányt is, amely kialakulásának okára csak elméletek léteznek. A tegmen tympani fejlődésének tanulmányozásával arra próbáltam választ találni, hogyan alakul ki a veleszületett tegmen defektus, és hogyan lehet a többi típustól elkülöníteni hiányzó vagy hiányos anamnézis esetében is.

3. Módszerek

A halántékcsont fejlődéstani vizsgálataihoz közel ezer halántékcsontot használtam fel. Ezek jelentős része macerált koponyák és izolált halántékcsontok voltak a Semmelweis Egyetem Anatómiai-, Szövet- és Fejlődéstani Intézetében, a Humánmorfológiai és Fejlődésbiológiai Intézetben, valamint az Igazságügyi Intézetben. A szövettani vizsgálatok kiegészítéséhez a Harvard University és a Pittsburgh University szövettani halántékcsont gyűjteményét tanulmányoztam. (1. táblázat) A humán szövetek vizsgálatához szükséges engedélyt a Regionális Tudományos és Kutatásetikai Bizottság (TUKEB 83/1999) állította ki.

Haláltékcsontok kora	Haláltékcsontok száma
8. hét	4
11½. hét	8
14. hét	4
15.hét	4
16. hét	6
18. hét	4
21. hét	6
23. hét	10
25. hét	14
30. hét	8
Újszülött	26
1. év	11
2. év	22
3. év	7
4. év	5
5. év	12
Felnőtt	797
Összesen	**948**

1. táblázat

A fejlődéstani vizsgálatok során felhasznált halántékcsontok kora és száma.

Macerálás

A formalinban nem fixált gyermek és felnőtt halántékcsontokat 56 °C-on 2-3 hónapig vízfürdőben tartottuk. A magzati csontok esetében a lágyrészek bomlása lényegesen gyorsabb, így már néhány napos macerálás után lágyrész-mentes csontokat kaptunk. A csontokat benzinben áztatva zsírtalanítottuk, és kimosás majd szárítás után 3%-os H_2O_2-dal fehérítettük.

Csontpreparálás

A macerált csontok különböző üregeit sebészeti fúróval nyitottuk meg. A fúráshoz a fülsebészetben alkalmazott eszközöket használtuk; úgymint különböző átmérőjű rózsafúrót és gyémántfúrót, valamint ezek befogására alkalmas egyenes kézidarabot és könyökdarabot.

Csontcsiszolás

A csontüregek feltárásának másik módszere csontcsiszolatok készítése. A modern képalkotó eljárások által támasztott morfológiai követelményeknek megfelelően a csiszolási síkok jelentős része megegyezett a radiológiában alkalmazott három fő síkkal: axiális (horizontális), koronális (frontális) és sagittális síkok. Ezeket kiegészítendő, a fülsebészetben alkalmazott sebészeti megközelítési utakra merőlegesen is rétegsorozatokat készítettünk. A csiszoláshoz az adott csontot egy fahasábra ragasztottuk, mely pontosan illeszkedett egy négyszög átmetszetű fémcsőbe. A fahasábot a vizsgálandó csonttal 0,5 mm-es előtolással mozgattuk a fémházban, s a túlnyúló csontréteget mindig lecsiszoltuk. Minden csiszolati felszínt lefotóztunk és identikus pontok segítségével egymásra vetítettük. Ennek eredményeként a csiszolás végeztével egy háromdimenziós térképrajzolatot kaptunk az adott csont belső szerkezetéről, melyen tizedmilliméter pontosságú mérések is lehetővé váltak a térben.

Preparálás

A formalinban fixált preparátumokat 24 órás vízben áztatás után átfixáltuk Patonay-féle oldaltban (*50 liter oldathoz: 2,5 kg banzalkonium klorid feloldva 10 liter ízben, 1 liter glutaraldehyd (25%-os), 12,5 liter etilenglykol, 12,5 liter izopropanol, 15 liter víz*). Az anatómiai boncolás klasszikus leírásától eltérően az esetek túlnyomó többségében binokuláris operációs mikroszkóp alatt végeztük a preparálást. A precíziós preparáláshoz szemészeti lándzsát és különböző méretű órás csipeszeket használtunk. A műtéti szituációkat követve réteges preparálást végeztünk, s minden rétegről fotódokumentációt készítettünk. Az erek jobb szemléltetését báriumszulfátos feltöltéssel értük el. A nagyobb erek óvatos kipreparálása után az ereket megkanüláltuk, s állandó nyomás alatt, a preparátum típusától függően higított bárium-szulfát oldattal feltöltöttük az erek lumenét.

Korrózió

A halántékcsont ereinek és üregeinek ábrázolásához feltöltéses készítményeket készítettünk. A nagyobb erek óvatos kipreparálása után az ereket megkanüláltuk, s állandó nyomás alatt Tensol-cementtel töltöttük fel, melynek polimerizálódási ideje 24 óra. A teljes polimerizáció után a preparátumot tömény sósavba helyeztük és 2-3 napon keresztül előmaratást végeztünk. Ezt követően naponta cseréltük a sósav-oldatot a maratás végállapotáig. Végezetül a kapott öntvényből folyamatos vizes mosással távolítottuk el a savat. Az üregek ábrázolásához Wood-fémet használtunk. Ez a fém optimális öntvények készítésére, mert 56°C-on olvad. Olvadás után nyomás alatt feltöltöttük vele az adott üregrendszert, ezt követően lehűtöttük a csontot, majd sósavas maratással távolítottuk el a környező csontstruktúrákat.

Szövettan

Szövettani vizsgálatokhoz a halál beállta utáni 24 órán belül eltávolított szövetdarabokat használtunk, amelyeket 4%-os pufferelt paraformaldehidben fixáltunk. A fixálás ideje a szövetdarab méretétől függően 1-4 hét között változott. Mivel szövettani vizsgálataink jelentős része csontot tartalmazó struktúrák voltak,

ezért a fixálás után mészteleníést kellett végeznünk. A mészteleníéshez 5%-os salétromsavat illetve 0.23%-os hangyasavat használtunk. A szövettani minta méretétől függően a dekalcinálás időtartama 5 nap és három hét között változott. Alkoholos víztelenítés után a klasszikus parafin-beágyazást alkalmaztunk. Az elkészült szövettani blokkokból szánkamikrotóm segítségével szövettani sorozat-metszeteket készítettük. A szövettani blokk méretétől függően a metszetek vastagsága 7-10µm volt. Metszés során minden ötödik illetve tizedik metszetet vettük fel tárgylemezre, s tájékozódási céllal először csak minden tizedik metszetet festettük meg hematoxilin-eozin festéssel. Azon esetekben, ahol a szövettani sorozat a vizsgálat célja szempontjából hasznos információkat mutatott, minden páratlan metszetet hematoxilin-eozin festéssel, míg minden páros metszetet azán festéssel tettünk láthatóvá.

Endoszkópos vizsgálat

A halántékcsont különböző üregeinek ideális vizsgálati eljárása az endoszkópia. Vizsgálatainkhoz 1,9mm és 4mm átmérőjű 0° és 30°-os Olympus rigid endoszkópokat használtunk. Mivel az endoszkóp egy nagy látószögű optika, ezért az adott struktúra közvetlen közelében is lehetséges a vizsgálat. Ezt a tulajdonságot kihasználva az optikát három különböző irányból vezettük a dobüregbe. Leggyakrabban használt megközelítési út a külső hallójárat. A dobüreg közelében, a tuba auditiván ejtett haránt irányú metszést követően a tuba üregén keresztül elölről vizsgáltuk a dobüreget. Végezetül a fülsebészetben alkalmazott műtéti eljárást, az un. mastoidektomiát követően az aditus ad antrum biztosított behatolási kaput a dobüregbe dorsal felől.

4. Eredmények és következtetések

4.1 Protympanum

Eredmények

A protympanum egy előrefelé szűkülő csonttölcsér, melynek legszűkebb területe a fülkürt csontos és porcos részeinek találkozásánál, az un. isthmus-nál található. A protympanum egy keresztmetszetben vertikális állású, résszerű cső, mely négy fallal rendelkezik. A medialis falat maga a belső fül alkotja. A csontos cochlea periosteális csontja előrefelé növekszik, és kialakítja a protympanum medialis falát. A felső falat a tegmen tympani vékony csontlemeze, míg az alsó falat a hypotympanum elülső folytatása építi fel. A legbonyolultabb fal a lateralis, hiszen itt találkozik a halántékcsont három nagy embrionális telepe, nevezetesen a pars petrosa, pars squamosa és a pars tympanica. A protympanum lateralis és felső falának szögletében húzódik a dobüreg egyik fő idegképlete, a chorda tympani, saját csontcsatornájában, s közvetlenül ez alatt a kalapács elülső nyúlványa lép ki a dobüregből a fissura petrotympanica–n (Glaseri) keresztül.

A protympanum fejlődésének első jelei a 21. magzati héten figyelhetők meg, amikor a canalis caroticus ugyancsak fejlődésnek indul. Ha a fülkürt csontos részének fejlődéséről beszélünk, nem hagyhatjuk figyelmen kívül az arteria carotis interna-t (ACI) és annak viszonyát a fejlődő capsula otica-hoz. Egy 21 hetes magzatban az ACI a már csontos capsula otica ventro-lateralis részén fekszik (4.1.1/A ábra). A két struktúra viszonya olyan szoros, hogy az artéria számára a fejlődő promontorium-on egy saját csontvályú alakul ki. A capsula otica folyamatos csontosodásának következtében a 23. magzati héten az artéria fölött és alatt egy-egy csontnyúlvány jelenik meg (4.1.1/B,C ábra). Az alsó nyúlvány rövidebb, s fő célja az ACI alsó felszínén a canalis caroticus alkotása. A felső nyúlvány sokkal hosszabb. Miután felülről beborította az ACI-t, tovább nyúlik lateral felé, és további két csontlemezre

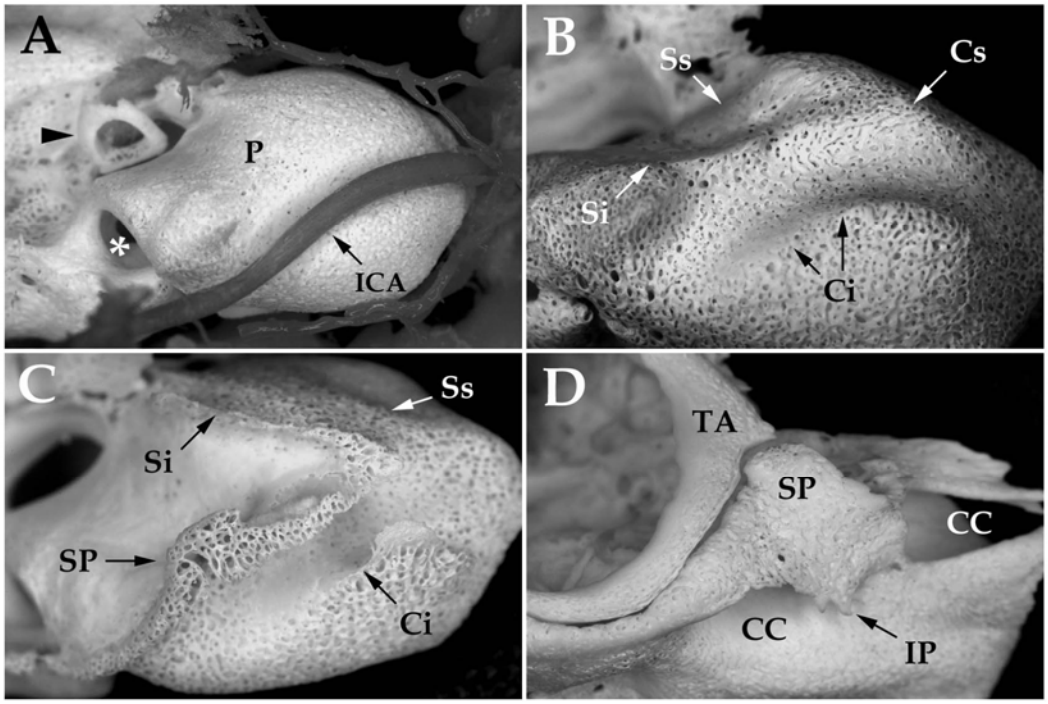
oszlik. Az alsó csontlemez követi az ACI felszínét és a canalis caroticus alsó és lateralis falát hivatott felépíteni. A felső csontlemez hegyesszögben megtörve vertikálisan felfelé halad és a protymanum üregét lateral felöl egy egységes csatornává zárja (4.1.1/D, 4.1.2 ábra).

A semicanalis musculi tensoris tympani ugyancsak fontos és jellegzetes képlete a protympanum-nak, amely medialis és felső falak szögletében helyezkedik el. A semicanalis, hasonlóan a canalis caroticus-hoz, szintén két csontlemezből fejlődik. Az alsó lemez a promontorium közvetlen nyúlványaként fejlődik, míg a felső lemez jelentős része a tegmen tympani része. A semicanalis felső lemezének csak a ganglion geniculi mögötti része alakul ki közvetlenül a promontorium-ból. A csatorna első jelei a 23. magzati héten figyelhetők meg, s a capsula otica periosteális rétegének intenzív növekedése az újszülött korra kialakítja a felnőtt korra jellemző formát és méretet (4.1.2, 4.1.3 ábra).

Ha a protympanum lateralis falát vizsgáljuk, két, egymástól jól elkülöníthető embrionális telepet láthatunk egy újszülöttben. A lateralis fal hátsó határát az annulus tympanicus (pars tympanica) alkotja és ettől előrefelé, a teljes lateralis falat a pars petrosa építi fel (4.1.1/D ábra). Bár a születés pillanatában a két embrionális telep közötti határ jól látható, azonban a serdülőkorra ez teljesen eltűnik és azt a látszatot kelti, mintha a protympanum oldalsó fala, a külső hallójárat elülső falához hasonlóan, az os tympanicum-ból fejlődne. Az egyetlen képlet, ami a két csonttelep határát mutatja, az a fissura petrotympanica (4.1.4 ábra).

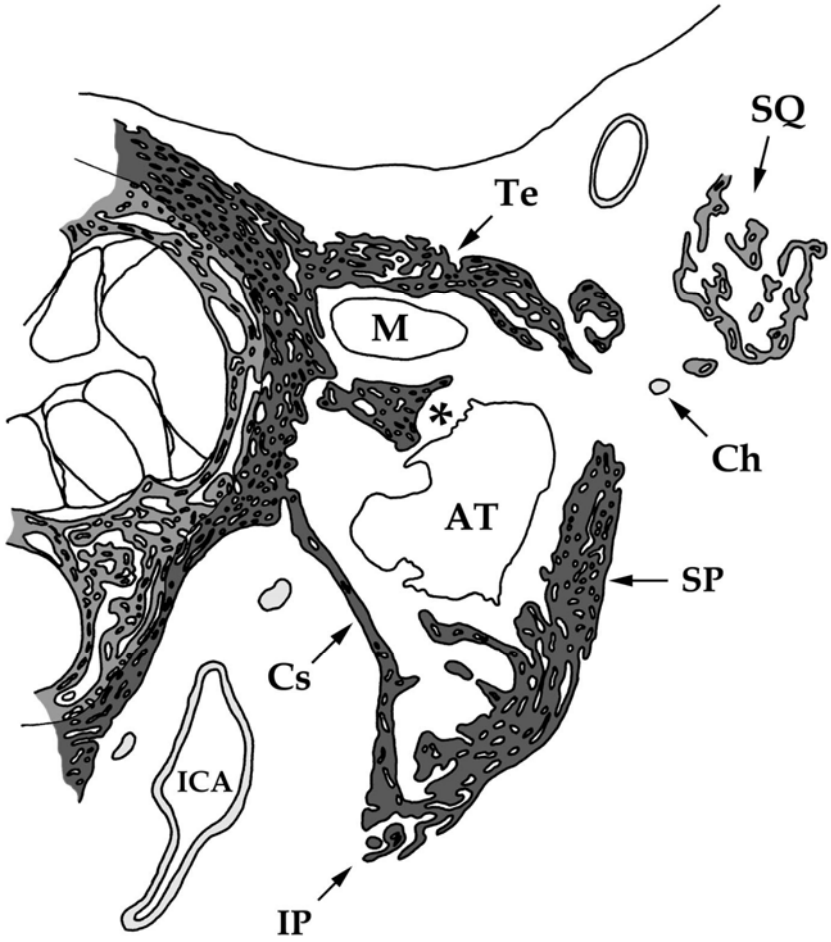
A fossa mandibularis nemcsak egy csontmélyedés az alsó állcsont feje számára, hanem a halántékcsont három nagy embrionális telepének a találkozási pontja is. A fissura petrotympanica és petrosquamosa által a fossa három, egyenlőtlen részre van osztva. A felső részt teljes egészében a pars squamosa építi fel. A két fissura között találjuk a pars petrosa lateralis nyúlványát, a processus inferior tegminis tympani-t, s annak ventralis folytatásában az os sphenoidale keskeny, dorsalis nyúlványát. Bár a fissura petrotympanica alatt egy egységes csontlemezt látunk, de ez a csontlemez is két részből fejlődik. A lemez (planum tympanicum) ventro-superior része a

halántékcsont pars petrosa-jából, míg a megmaradt kb. 2/3-nyi terület a pars tympanica-ból épül fel. A kettő közötti határ a pubertás korra teljesen eltűnik (4.1.5 ábra).



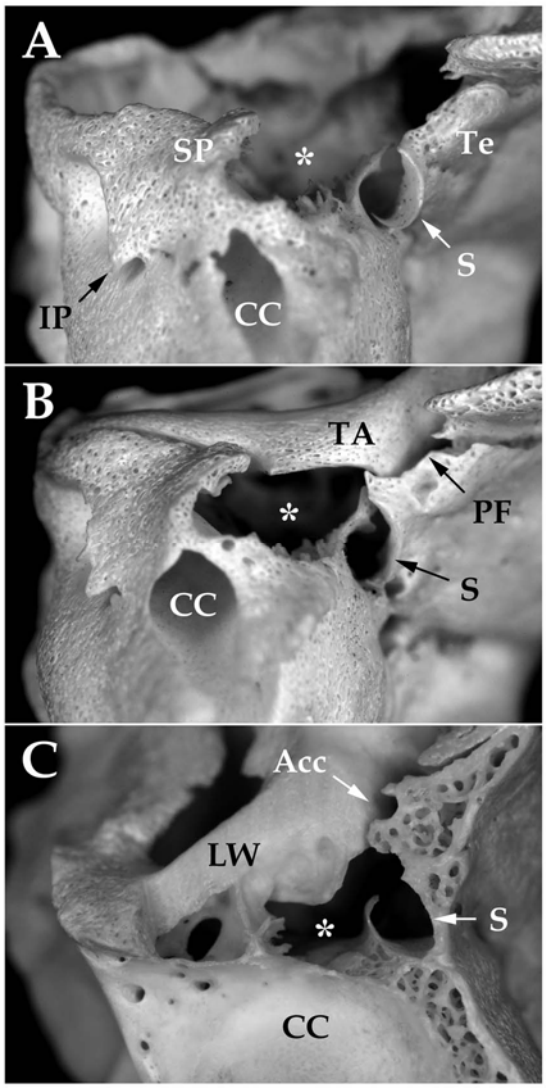
4.1.1 ábra

A fejlődő protympanum különböző magzati hetekben (lateralis nézet, jobb oldal). Egy 21 hetes magzatban az arteria carotis interna ferdén helyezkedik el a promontorium felszínén közvetlenül a kerekablak előtt (A). Két héttel később egy jól látható csontárok jelenik meg az artéria körül, amely egy felső és egy alsó lemezből áll (B). A 25. magzati hétre a felső lemez egy hosszú felső nyúlványt képez (C), ami a születés pillanatára majdnem eléri felnőttre jellemző méretét (D).
ICA – arteria carotis interna; P – promontorium; nyílhegy – stapes; * - kerekablak; Cs – canalis caroticus felső nyúlványa; Ci – canalis caroticus alsó nyúlványa; Ss – semicanalis felső nyúlványa; Si – semicanalis alsó lemeze; SP – a canalis caroticus felső lemezének felső nyúlványa; IP - a canalis caroticus felső lemezének alsó nyúlványa; CC – canalis caroticus; TA – annulus tympanicus



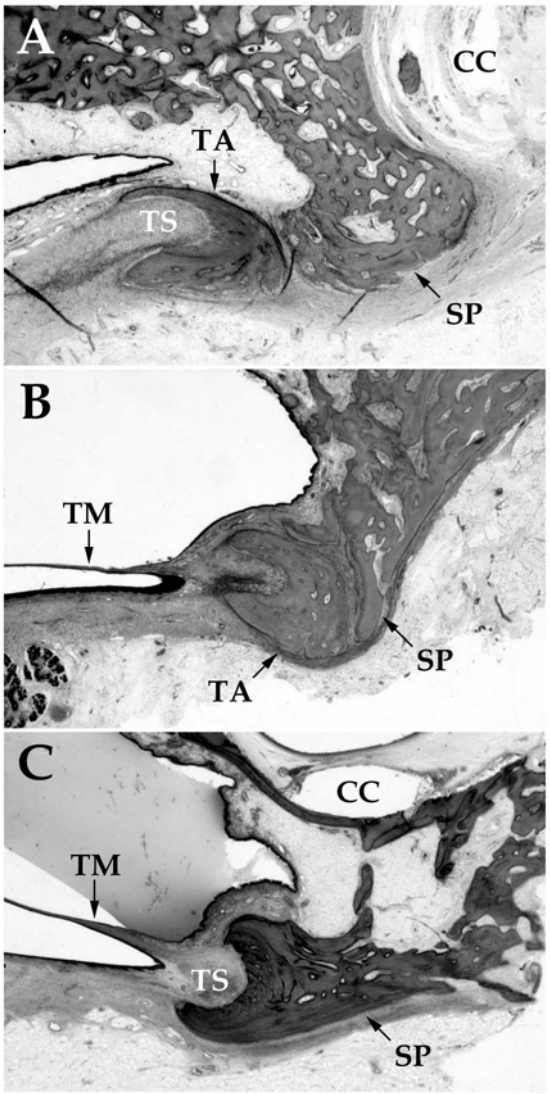
4.1.2 ábra

34 hetes magzat fejlődő protympanum-ának és környezetének szövettani rajza a frontális síkban. A protympanum falai a pars petrosa különböző nyúlványai által vannak felépítve. A felső falat a tegmen tympani, míg a lateralis és alsó falat a canalis caroticus felső nyúlványa alkotja. A medialis falat maga a promontorium képezi.
SQ – pars squamosa; Te – tegmen tympani; M – musculus tensor tympani; AT – tuba auditiva; Ch – chorda tympani; Cs - canalis caroticus felső nyúlványa; ICA - arteria carotis interna; SP – a canalis caroticus felső lemezének felső nyúlványa; IP - a canalis caroticus felső lemezének alsó nyúlványa; * - semicanalis alsó lemeze



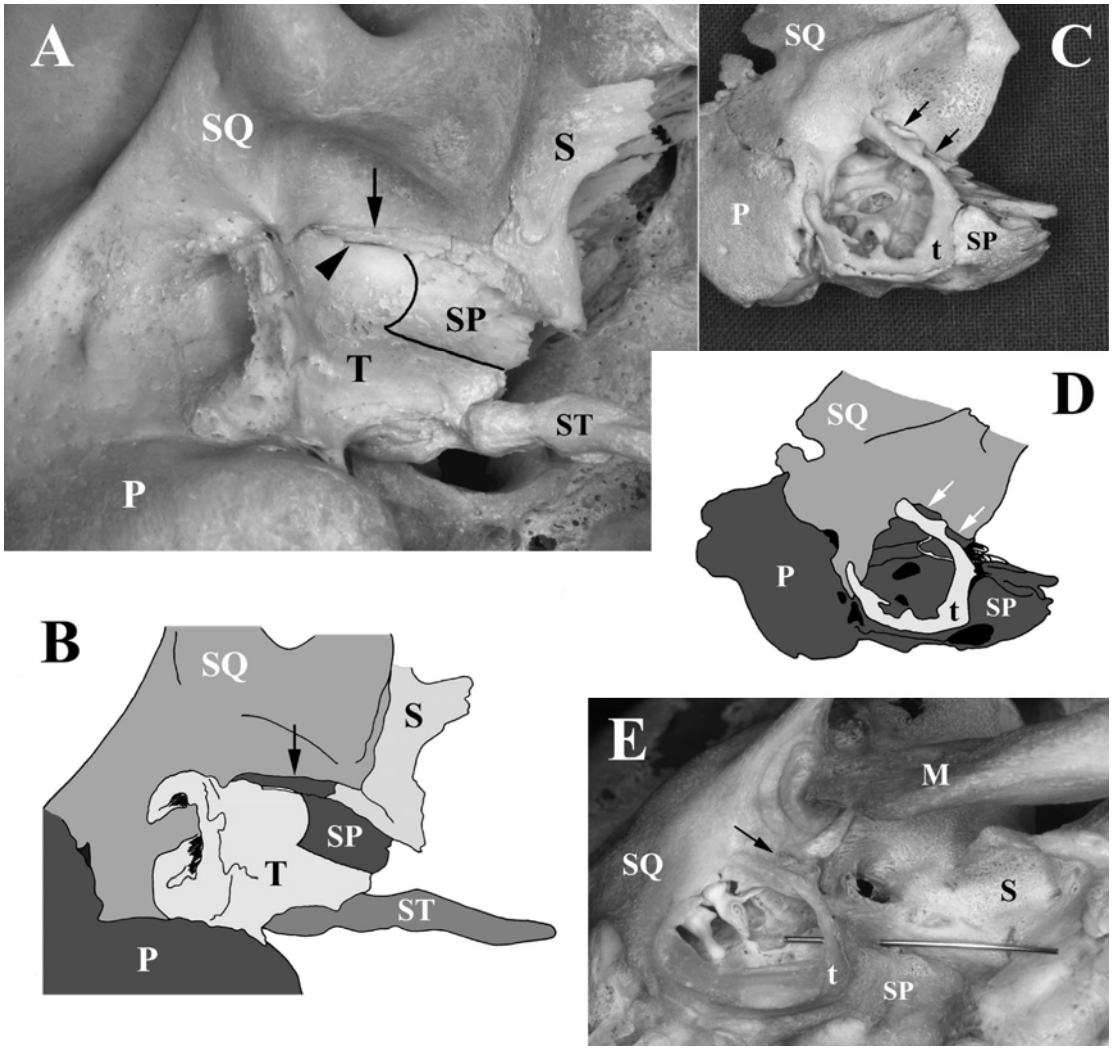
4.1.3 ábra

Újszülött protympanum-ja elölnézetben az annulus tympanicus-szal (B) és nélküle (A), valamint ugyanez a szituáció felnőttben (C). A protympanum oldalsó fala még alig fejlődött ki az újszülött korra, annak mindössze a hátsó fala van megjelölve az annulus tympanicus által. A felső, medialis és alsó fal a pars petrosa csontnyúlványa. Felnőttben a protympanum falainak fejlődéstani határai már nem láthatók, és a lateralis falat többnyire egy tömör csontlemez alkotja.
Te – tegmen tympani; SP – a canalis caroticus felső lemezének felső nyúlványa; S – semicanalis musculi tensoris tympani; CC – canalis caroticus; IP - a canalis caroticus felső lemezének alsó nyúlványa; TA – annulus tympanicus; PF – fissura petrotympanica; Acc – elsülső chorda csatorna; LW – protympanum oldalsó fala; * - tuba auditiva



4.1.4 ábra

A protympanum horizontális szövettani metszetei különböző korokban: újszülött (A), egy éves gyermek (B) és felnőtt (C). A születés pillanatában az annulus tympanicus teljes mértékben izolált a pars petrosa-tól, de az első postnatális évben a kettő közötti fúzió megkezdődik, s a felnőtt korra válik teljessé, vagyis a fejlődéstani határ teljesen eltűnik.
CC – canalis caroticus; TA – annulus tympanicus; TS – sulcus tympanicus; SP – a canalis caroticus felső lemezének felső nyúlványa; TM – membrana tympani



4.1.5 ábra

A fossa mandibularis és környezetének lateralis nézete felnőttben (A,B) és újszülött korban (C-E). Felnőttben az állkapocsízület vápája egy nagy, lapos csontárok, amely közvetlenül a külső hallójárat bemeneti nyílása előtt helyezkedik el. Az árok felül a halántékcsont pars squamosa-ja (SQ) és alul a planum tympanicum által van alkotva. A planum tympanicum két részből áll; egyrészt az os tympanicum-ból (T), másrészt a pars petrosa lateralis felső nyúlványából (SP), de a határ e két fejlődéstani telep között csak az újszülött korig látható. A pars petrosa processus inferior tegminis tympani-ja (crista tegmentalis), és az os sphenoidale (S) kicsiny csontlemezekkel szintén alkotóelemei a fossa mandibularis-nak. Újszülött korban a fossa mandibularis lényegesen kisebb, mint felnőtt korban, mert a planum tympanicum még nem fejlődött ki. Ekkor a fossa alsó falát csak a processus inferior tegminis tympani és az annulus tympanicus elülső tüskéje építi fel. Születéskor a caput mandibulae a fossa felső felében található, távol a fejlődő protympanum-tól. A szonda a protympanum lumenében helyezkedik el.
ST – processus styloideus; P – pars petrosa; nyíl – fissura petrosquamosa; t – annulus tympanicus; M – mandibula; nyílhegy – fissura petrotympanica

Következtetések

A dobüreg a középfül kitágult ürege, mely a külső és belső fül közötti mechanikai kapcsolatot hivatott fenntartani a hallócsontok segítségével. A hallócsontok optimális működéséhez elengedhetetlenül szükséges, hogy a dobüreg levegővel telt legyen, és annak nyomása megegyezzen a külső hallójárat nyomásával. Ezen körülmények között a dobhártyába ágyazott kalapács, és az ahhoz szorosan rögzült üllő minimális mechanikai ellenállással képesek mozogni saját tengelyük körül, s a külső hallójárat felől jövő mechanikai hullámokat nagyon finoman tudják továbbítani a kengyelnek, ami az utolsó összekötő elem a külső és belső fül között. A fent említett dobüregi légnyomás fenntartásában legnagyobb szerepe a fülkürtnek van, mely az egyetlen természetes nyílása a dobüregnek. Normális anatómiai és fiziológiai viszonyok között levegő csak a fülkürtön keresztül juthat a dobüregbe s annak folytatásába, a csecsnyúlványba.

A fülkürt egy 3,5 - 4 cm hosszú, homokóra formájú cső, mely egy hosszabb porcos és egy rövidebb csontos részből áll. A csontos rész a dobüreg elülső folytatása, így joggal nevezték el *protympanum*-nak. Mivel a protympanum a dobüreg egyetlen nyílása a külvilág felé, ezért egyben a dobüreg kapujának is tekinthetjük, s így a protympanum morfológiai sajátosságai jelentős befolyással bírnak a dobüreg aktuális ventillációjára.

A protympanum alkotásában résztvevő embrionális telepek közül az annulus tympanicus-ban jelenik meg először csontosodási mag; az elsődleges csontosodási mag a 9. magzati héten, míg a további 3 másodlagos mag a 10. héten [8]. Ebben a korban a protympanum ürege teljes mértékben mesenchymával van kitöltve, s a későbbi csontos protympanum helyét mindössze az os tympanicum csontosodási magvai jelölik, hiszen a protympanum lateralis falának hátsó peremét az annulus tympanicus építi fel [9]. A capsula otica csontosodása a 16. héten kezdődik a kerekablak körül. A protympanum területén csak a 18. héten figyelhetők meg csontszigetek, és a további csontosodási folyamat nemcsak a csiga körüli csonthéjat, hanem a protympanum medialis falának teljes egészét felépíti. Mivel majdnem a

teljes protympanum a pars petrosa nyúlványaiból alakul ki, ezért a protympanum fejlődése túlnyomórészt a pars petrosa csontosodásától függ. Következésképpen állíthatjuk, hogy a csontos protympanum fejlődése a 18. magzati héten veszi kezdetét [28,29].

A protympanum embrionális eredetéről szóló irodalmi adatok nem egységesek. Anson és munkacsoportja (1955) szerint a fossa mandibularis hátsó része a pars tympanica-ból fejlődik. Ezt az állítást igyekeznek alátámasztani más tanulmányok is [11,26], amelyek szerint a protympanum lateralis falának teljes egésze a pars tympanica-ból alakul ki. Robert és munkacsoportja [25] úgy találta, hogy a protympanum infero-lateralis egy negyede a pars tymanica-ból, s a fennmaradó rész a pars petrosa-ból alakul ki. Ellentétben az eddig leírtakkal, az általunk végzett tanulmány egyértelműen bizonyította, hogy a protympanum jelentékeny része kizárólagosan a pars petrosa-ból épül fel és csak a lateralis fal dosalis pereme származik a pars tympanica-ból. Ebből következően a fossa mandibularis két olyan területet tartalmaz, amelyeknek az eredete a pars petrosa-hoz köthető [29].

A születés pillanatában, feltételezve, hogy a terhesség 9 hónapos volt, a protympanum majdnem teljesen felépült [23,24]. A canalis caroticus lemezei körbevették az ACI-t, és a promontorium-mal együtt alkotják a protympanum medialis falát. A canalis caroticus felső lemeze lateral felé nő és annak felső lemeze képezi a protympanum alsó és lateralis falát. A protympanum felső fala a tegmen tympani-ból fejlődik, mely a capsula otica dorsolateralis felszínéről ered és húzódik előre és lateral felé. Azonban újszülött korban a tegmen növekedése még nem érte el a protympanum teljes egészét, így a protympanum ürege a születés pillanatában mindössze egy kötőszövetes lemezzel van lefedve.

A canalis caroticus fejlődése szoros topográfiai viszonyban van az ACI-val [13]. Korai magzati korban az ACI közvetlenül a porcos capsula otica pars cochlearis-án helyezkedik el és a 18. héten meginduló csontosodás végül egy komplett csonthéjat képez az artéria körül. Ha az ACI nem fekszik közvetlenül a capsula otica-n, akkor nem tud csontcsatorna kialakulni az ér körül [22]. A promontorium felszíne sima

marad, és az ACI szabadon fut a dobüregen keresztül, mindössze egy kötőszöveti hüvely védi a mechanikai hatásoktól. Abban az esetben, ha az ACI teljesen hiányzik, hasonló helyzet áll elő, vagyis nem alakul ki canalis caroticus [22]. A promontorium sima felszínű marad és a protympanum medialis fala hátul a promontorium, elől a halántékcsont csúcsa által lesz alkotva. Következésképpen a canalis caroticus jelenléte a CT felvételeken egy biztos jel arra vonatkozóan, hogy az ACI a canalis caroticus-ban helyezkedik el és nem szabadon a dobüregben, ezzel csökken az artéria iatrogén sérülésének veszélye középfül-sebészeti beavatkozások során [10,12,14,15,17,18,20,21,27,30,31].

A protympanum legfontosabb képlete a canalis caroticus és az abban futó ACI. Bár az artéria egy folytonos csontcsatornában helyezkedik el, azonban az esetek 7%-ban a csatorna dehiscens [19]. Az irodalomból ismert tény, hogy a canalis carotis csonthiányának a valószínűsége az első két életévben és a 40. fölött jelentősen megnő. A 40 évnél idősebb egyénekben a csonthiány okát a csont folyamatos felszívódásával magyarázzák [19], de a fiatalkori csonthiányok okát nem tudták magyarázni [16]. Jelen tanulmányunk egyik fő célja az volt, hogy választ találjunk a két évnél fiatalabb gyermekekben szignifikánsan nagyobb számú csonthiányok okára. A canalis caroticus két csontlemez folyamatos, egymás felé irányuló növekedésének eredményeként alakul ki, s a születés pillanatában a csatorna teljesen körbeöleli az artériát. Ezen ismeretek azt sugallják, hogy a két évnél fiatalabb gyermekekben található csonthiány a canalis caroticus felső és alsó lemezének elégtelen záródása miatt alakul ki. A semicanalis musculi tensoris tympani szintén két lemezből fejlődik, de nem találtunk adatot a csatorna fejlődési zavaráról. Míg a canalis caroticus lemezeinek záródási elégtelensége az ACI mechanikai védelmének gyengeségét, a canalis caroticus csonthiányait eredményezi, addig a semicanalis két lemezének elégtelen záródása normál anatómiai szituációnak tekintendő.

4.2 Promontorium és cochlea

Eredmények

Az emberi csiga egy spirális cső, melynek speciális formája van. A bazális kanyarulat egy nagy kört alkot, mely az ovális és kerekablak között indul, s a ganglion geniculi és a processus cochleariformis között ér véget. A második és harmadik kanyarulat sugara kisebb, és együttesen egy lapított labdához hasonló formát mutat. A bazális kanyarulat egy majdnem teljes gyűrűt formál, amelynek mindkét oldalán egy-egy mélyedés figyelhető meg. A medialis mélyedés a belső hallójárat fundusának része, s fossa cochlearis-nak nevezzük. A lateralis mélyedés egy virtuális tér, mely magába foglalja a második és harmadik kanyarulatot együttesen (4.2.1 ábra).

Bár a bazális kanyarulat vetülete a dobüreg medialis falára egy ívelt vonal, azonban a bazális kanyarulatnak van egy jellegzetes vetülete a vízszintes síkban is. A bazális kanyarulat kezdeti rövid szakasza, mely az ovális és kerekablak között helyezkedik el, először lateral felé halad. Ezt követően, közvetlenül a canaliculus tympanicus mögött, medial felé fordul és a promontorium egy lapos, sima kiemelkedését hozza létre, amelyet a promontorium csúcsának (*apex promontorii*) nevezünk. Ez a terület a bazális kanyarulat legfelületesebb része, vagyis a capsula otica fala itt a legvékonyabb (0.182-0.579 mm). A promontorium csúcsától előrefelé, vagyis a canalis caroticus irányába, a promontorium fala folyamatosan vastagszik. (4.2.1, 4.2.2 ábra, 2. táblázat)

A lamina spiralis ossea, mely a csontos csiga belső terének jellegzetes, finom csontstruktúrája, a bazális kanyarulatban 90°-ot fordul a kanyarulat saját tengelye körül. A kerekablak közelében közel horizontálisan fekszik, de folyamatos csavarodás következtében a canalis carotis közelében már a vertikális síkban található meg. A lamina spiralis ossea csavarodása a bazális kanyarulatban nem egyenletes, így a jobb érthetőség kedvéért három meghatározott helyet választottunk ki, ahol mutatjuk a lamina spiralis ossea helyzetét a bazális kanyarulatban (4.2.3 ábra). Az

első sík 2.5 mm-re ventral irányba található a postis posterior (PP)[1] -tól, ahol a lamina már 30°-ot fordult. A második sík 4.5 mm-re található a PP-tól; a bazális kanyarulatnak ezen 2 mm hosszú szakaszán a lamina spiralis ossea további 45°-ot csavarodik. Az utolsó, harmadik szakasz a PP-tól 7 mm-re helyezkedik el, amelyben a lamina spiralis ossea további 15°-os csavarulattal teljesen a vertikális irányba fordul. A lamina spiralis ossea további szakasza, mely a bazális kanyarulat felső felében, valamint a második és harmadik kanyarulatokban található, a vertikális irányban marad egészen a cupula területéig.

Ha a cochlea és a dobüreg medialis falának viszonyát tanulmányozzuk, akkor a cochlea-t három, egyenlőtlen részre oszthatjuk: *pars promontorialis*, *muscularis* és *geniculo-tegmentalis* (4.2.4 ábra).

A ***pars promontorialis*** a capsula otica (promontorium) azon része mögött található, amely a csigát a dobüregtől közvetlenül választja el. A pars promontorialis nemcsak a bazális kanyarulatot tartalmazza, hanem a második és harmadik kanyarulat egy-egy kicsiny részét is (4.2.5 ábra). A bazális kanyarulat legfelületesebb része, vagyis ahol a csiga ürege és a dobüreg között a legvékonyabb a csontfal, a promontorium csúcsa által van jelölve, s mindig a canaliculus tympanicus mögött helyezkedik el (4.2.1/A ábra). Mivel a cochlearis implantáció[2] jelentős hányadát az első két életévben végzik, a promontorium vastagsága olyan halántékcsontokban volt mérve, melyek életkora a születés és a 2. életév között volt. A bazális kanyarulatot a PP-tól előrefelé követve a cochlea körüli periosteális csont folyamatosan vastagszik. A promontorium csúcsa előtt 2 mm-re a promontorium vastagsága nem több mint 1 mm, ugyanakkor 3 mm-re a csúcs előtt a falvastagság még mindig 1.5 mm alatt marad (4.2.2 ábra). A bazális kanyarulat legvastagabb rétege, vagyis több mint 2 mm, a canalis caroticus által takartan található. A pars promontorialis felső harmada, mely a második és harmadik kanyarulatok egy-egy kicsiny részeit takarja, ugyancsak vékony csontlemezzel van elválasztva a dobüregtől, bár vastagabb, mint a promontorium csúcsát fedő csontlemez.

---

1 A kerekablak hátsó fala.

2 Belsőfül eredetű nagyfokú nagyothallás vagy süketség sebészi kezelése.

A ***pars muscularis*** a csigának egy horizontális szelete, ami a semicanalis musculi tensoris tympani felső és alsó lemeze által van kijelölve. Ez a rész a csiga harmadik kanyarulatának majdnem teljes egészét, a második kanyarulat jelentős részét és az első kanyarulat legventrálisabb szakaszát foglalja magába (4.2.5 ábra).

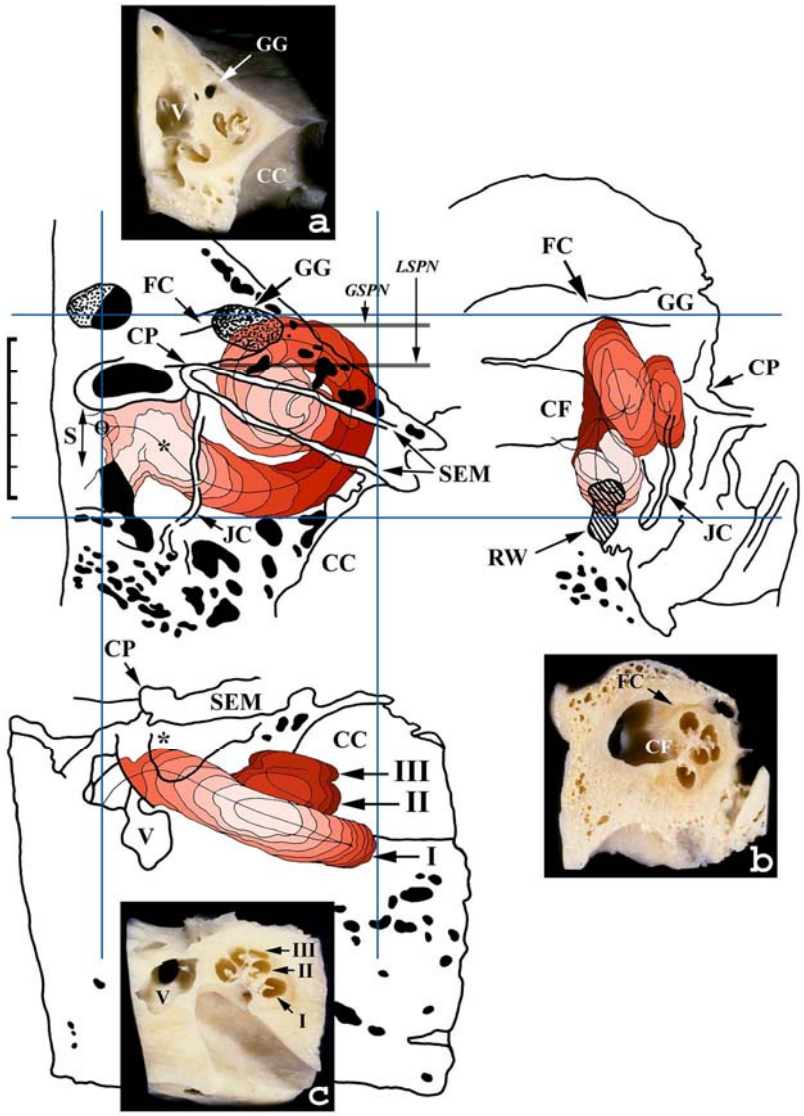
A ***pars geniculo-tegmentalis*** a csiga második legnagyobb része, melynek jelentős része az első kanyarulat felső fele által van alkotva. Ugyanakkor közvetlenül a semicanalis musculi tensoris tympani felső lemeze fölött a második és harmadik kanyarulat egy-egy kicsiny szakasza is megjelenik (4.2.5 ábra). Az első kanyarulat végső szakasza közvetlenül a ganglion geniculi alatt fekszik, s mintegy alulról megtámasztja a ganglion-t (4.2.1/A ábra). Ez az „alátámasztó" csontlemez a csiga ürege és a ganglion között nagyon vékony, kevesebb, mint 1 mm. Egy ugyancsak vékony csontlemez határolja a csiga ezen részét a canalis facialis pars labyrinthica-jától is (0,4±0,1 mm). A csiga első kanyarulata a semicanalis fölött tovább halad felfelé és legmagasabb pontja eléri a tegmen tympani-t. Ha a halántékcsont szegényesen pneumatizált, akkor a tegmen csak egy vékony csontlemez és közvetlenül a capsula otica-n fekszik.

A csiga klasszikus ábrázolásának síkja merőleges a modiolus tengelyére. Ebben az un. longitudinális síkban mutatja a csiga legnagyobb felszínét, amely 8,5 mm széles és 6,5 mm magas. Cochlearis implantáció során, amikor a sebészi megközelítés a külső hallójáraton keresztül történik, akkor a csiga vetülete mindössze 6 mm széles, mivel ebben a megközelítésben a csiga 45°-kal el van fordulva az előző pozicióhoz képest. A klasszikus sebészi megközelítés (a facial recess[3]-en keresztül) esetében a csiga kb. 80°-kal van elfordulva az eredeti állapothoz képest, ennek megfelelően a csiga vetülete még kisebb, kb. 4,3 mm (4.2.5). Ha csak a bazális kanyarulat vetületi hosszát vizsgáljuk, mint az esetleges cochleostomia[4] helyét, akkor a longitudinális síkban a bazális kanyarulat 8 mm hosszú, a külső hallójárat felől 6 mm, s a facial recess felől pedig mindössze 3 mm (4.2.5 ábra).

---

[3] Sebészileg kialakított háromszögletű nyílás a n. facialis és a chorda tympani között.

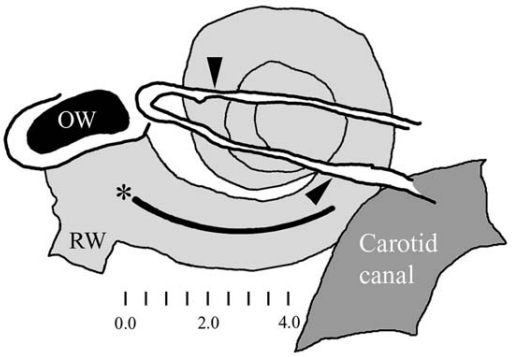
[4] Csontfurat a promontorium-on a cochlearis implantátum behelyezésére.



4.2.1 ábra

Pseudo 3D rajzok egy jobb oldali csigáról három különböző síkban: (a) a modiolus tengelyére merőleges síkban (lateralis nézet), (b) a pars petrosa hosszanti tengelyére merőleges síkban (hátulnézet) és (c) a koponyaalappal párhuzamos síkban (alulnézet). A sztereomikroszkópos képek az adott rajzokhoz tartoznak, hogy jobban segítsék az adott nézet térbeli értelmezését. A milliméteres mérőegység (kép bal oldalán) segítségével lehetséges a csiga különböző pontjai közötti távolságok mérése a térben. GG – ganglion geniculi; V – vestibulum; CC – canalis caroticus; CP – processus cochleariformis; SEM – semicanalis musculi tensoris tympani; JC – canaliculus tympanicus (Jacobson's canal); FC – canalis facialis; CF – fossa cochlearis; RW – kerekablak; III – csiga apikális kanyarulata; II – csiga második kanyarulata; I – csiga bazális kanyarulata; * - apex promontorii; o – postis posterior cranialis része; S – subiculum; GSPN – nervus petrosus major; LSPN – nervus petrosus minor;

4.2.2 ábra

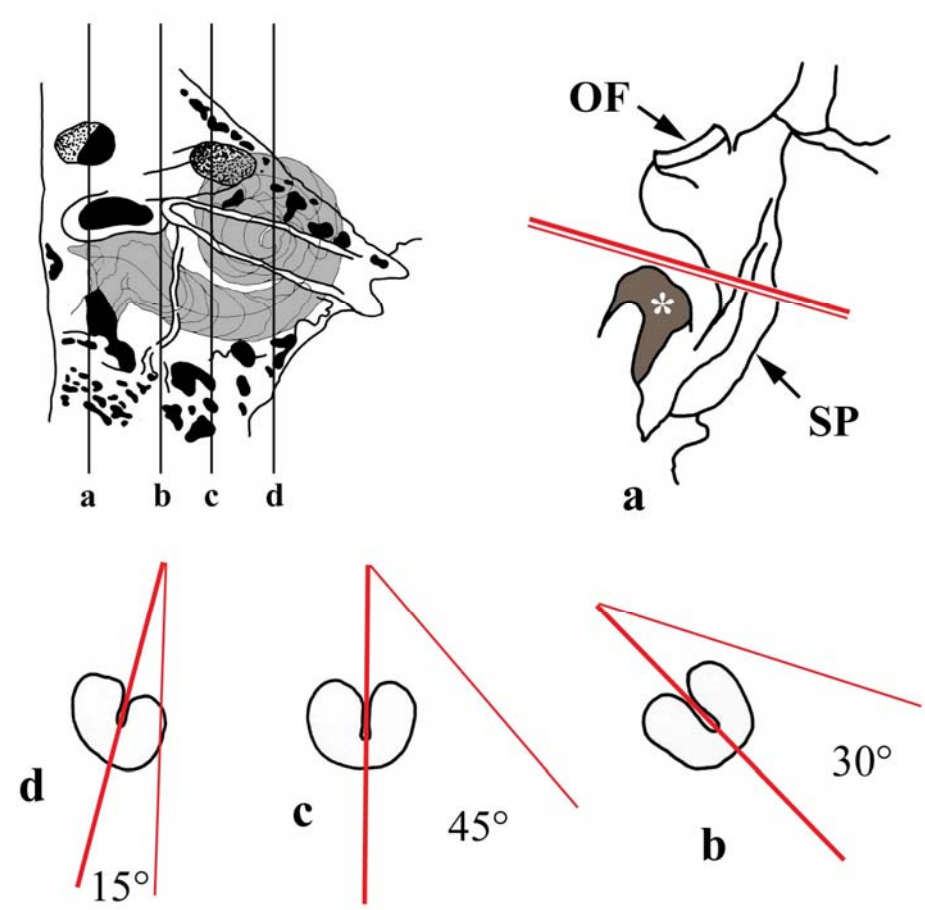


A csiga és a dobüreg medialis falának oldalsó nézete. A cochlea rétegenként el lett csiszolva a frontális síkban. A csillag az apex promontorii-t mutatja, amit mérésünk során referencia pontnak tekintettünk. A mérőskála mutatja a távolságot félmilliméteres léptékkel az apex promontorii-től ventral felé a promontorium felszínén.
OW – fossa ovalis; RW – kerekablak; függőleges nyílhegy – semicanalis felső lemeze; ferde nyílhegy - semicanalis alsó lemeze;

2. táblázat

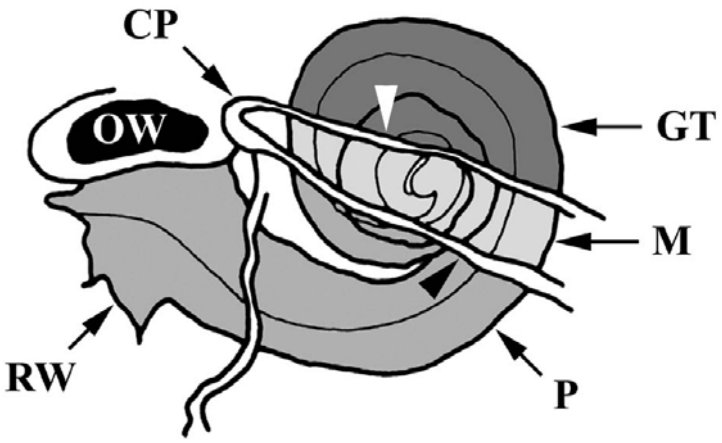
Mivel a legtöbb cochlearis implantáció az első két életévben kerül végrehajtásra, ezért méréseinket ezen intervallumból származó 10 darab halántékcsonton végeztük a frontális síkban (párhuzamosan a „facial recess" síkjával). Az első sík az apex promontorii-n haladt keresztül, s 0,5 mm-es léptékkel egészen a canalis caroticus-ig elcsiszoltuk a cochlea-t. A hiányzó adatok azt mutatják, hogy a csiszolás során 4mm-en belül elértük a canalis caroticus-t.

Csontok száma	Távolság az apex promontorii-tól (mm)								
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
I	0.266	0.435	0.453	0.500	0.781	0.813	0.846	1.000	1.047
II	0.299	0.441	0.704	1.062	1.069	1.004	1.373	1.535	1.662
III	0.579	0.723	0.871	1.169	1.008	1.112	1.263	1.061	1.662
IV	0.469	0.607	0.737	0.755	0.816	0.903	0.982	1.098	1.152
V	0.453	0.605	0.734	0.918	1.062	1.382	1.220	-----	-----
VI	0.381	0.569	0.577	0.846	0.820	0.929	1.187	1.187	-----
VII	0.182	0.472	0.505	0.749	0.967	1.170	1.494	1.733	1.969
VIII	0.246	0.459	0.778	0.999	1.050	1.039	0.879	1.242	1.506
IX	0.457	0.573	0.674	0.713	0.825	0.919	0.904	1.034	1.546
X	0.324	0.443	0.454	0.537	0.602	0.670	0.782	0.659	0.901



4.2.3 ábra

A lamina spiralis ossea tekeredésének ábrázolása a bazális kanyarulatban (jobb oldal). A négy keresztmetszeti rajz a frontális síkban (a pars petrosa hosszanti tengelyére merőlegesen) készült. Az első keresztmetszet a kerekablakon halad keresztül, a második ettől 2,5 mm-re előre, a harmadik 4,5 mm, míg a negyedik 7 mm-re a kerekablaktól készült. A kettősvonal a lamina spiralis ossea helyzetét mutatja a kerekablakban. A további vonalak a lamina spiralis ossea csavarodását ábrázolják a bazális kanyarulat különböző keresztmetszeteiben.
SP – a promontorium felszíne; OF – fossa ovalis; * - kerekablak



4.2.4 ábra

A cochlea három fő részének ábrázolása lateralis irányból.
CP – processus cochleariformis; RW – kerekablak; OW – fossa ovalis; GT- pars geniculo-tegmentalis; M – pars muscularis; P – pars promontorialis; fehér nyílhegy - semicanalis felső lemeze; fekete nyílhegy - semicanalis alsó lemeze

4.2.5 ábra

A cochlea ábrázolása különböző irányokból: a modiolus tengelyére merőleges síkban (a), a külső hallójáraton keresztül (b) és a „facial recess”-en keresztül (c). Az illusztráció bal felső sarkában található egy halántékcsont keresztmetszeti rajz, amely a különböző irányokat ábrázolja: a) klasszikus anatómiai irány; b,c) sebészeti behatolási irányok. A mérőegység segítségével milliméteres léptékű méréseket tesz lehetővé.
MF – fossa mandibularis; EAC – külső hallójárat; SS – sinus sigmoideus; JB – bulbus jugularis; IAC- belső hallójárat; Co – cochlea

Következtetések

Bár számos tanulmány foglalkozik a csontos belsőfül, illetve az emberi csiga részletes anatómiai leírásával, azonban a cochlea és a dobüreg, pontosabban fogalmazva a dobüreg medialis fala közötti viszony még nem volt részleteiben feltárva [32,33,35,38,40,43,44,46,47]. Sebészi szempontból a legfontosabb anatómiai információ a csiga kanyarulatainak vetülete a dobüreg medialis falára és annak pontos megtalálása tájékozódási pontok (landmarks) segítségével [34,49,50,51]. Ilyen tájékozódási pontok a semicanalis musculi tensoris tympani, mely hosszan húzódik végig a vizsgálódásunk tárgyát képező csontfalon, az ovális és kerekablak, a canaliculus tympanicus, de maga a canalis caroticus is, amennyiben az adott dobüreg morfológiája lehetővé teszi annak identifikálását.

Pars promontorialis

A klasszikus anatómiai illusztrációk anterolateral irányból ábrázolják a cochlea-t, azonban annak sebészi megközelítése (cochlearis implantáció) a külső hallójáraton keresztül, vagy teljesen dorsalis irányból, a ’facial recess’-en keresztül történik.

A dobüreg medialis fala és a külső hallójárat tengelye kb. 45°-os szöget zárnak be egymással, következésképpen a külső hallójáraton keresztüli sebészi megközelítés esetében a cochlea, annak viszonylagos elfordulása miatt, valós hosszának kétharmadát mutatja a sebész felé. Mivel a külső hallójárat egy szélesebb sebészi behatolást tesz lehetővé, ezért ez a megközelítés a teljes promontorium alapos vizsgálatát engedi meg, azonban ennek mértéke jelentősen függ a hallójárat szélességétől. Következésképpen a cochlea külső hallójáraton keresztüli megközelítése egy adekvát metódus cochleostomia készítésére [41,42,45].

A klasszikus megközelítési irány (facial recess) lehetővé teszi a bazális kanyarulat nagy részének vizsgálatát, amely a kerekablak körül, mint egy csigalépcső

helyezkedik el ebből az irányból tekintve. Ezt a hasonlatot használva a kerekablak a csigalépcső tengelyében helyezkedik el, és annak tetejét alkotja. Ennek megfelelően a legmagasabban fekvő pontja a bazális kanyarulatnak, vagyis amelyik egyben a legdorzálisabb, és legközelebb áll a sebészhez, az ovális és kerekablak között helyezkedik el. A legmélyebb pont, vagyis a legtávolabbi a sebésztől, közvetlenül a hypotympanum fölött található meg. Következésképpen minél távolabb kell a cochleostoma-t elkészíteni, azaz minél ventrálisabban, annál lentebb, a hypotympanum irányába kell elhelyezni a furatot az elektróda számára. A második kanyarulat jelentős része takarva van a harmadik kanyarulat által, így annak csak egy kicsiny része válik felületessé a fossa ovalis alatt. A meglepetés erejével hatva, a 'facial recess' felől a második kanyarulatot lateral felől eltakarva, a harmadik kanyarulat majdnem teljes egésze látótérbe hozható. Ennek mértéke elsősorban a facial recess szélességétől függ [51].

Cochleáris implantáció esetében az ideális tér az elektróda számára a csiga scala tympani-ja, amely a scala vestibuli-tól egy vékony csontlemezzel, a lamina spiralis ossea-val és a Corti szervvel van elválasztva [37]. Az operáció során a lamina spiralis ossea jelentős mechanikai ellenálló képességgel rendelkezik, következésképpen ezen csontlemez helyzete alapvetően határozza meg a cochleostoma pozicióját és az elektróda útját. A canaliculus tympanicus mögött a lamina spiralis ossea egy horizontálisan fekvő csontlemez, melynek maximális elfordulása saját tengelye körül 30°. Ennek megfelelően a bazális kanyarulat ezen rövid szakaszában a scala tympani a lamina spiralis ossea alatt, míg a scala vestibuli e fölött található. Ezzel ellentétben, kb. 1,5-2 mm-re a canaliculus tympanicus előtt a lamina spiralis ossea már közel vertikális helyzetet foglal el, így a scala vestibuli a csontlemez előtt, míg a scala tympani e mögött található meg. Vagyis, több mint 4,5 mm-re a postis posterior-tól, a lamina spiralis ossea mechanikai roncsolása nélkül az elektródát nem lehet a scala tympani-ba juttatni [51].

A csiga első kanyarulatának alsó fele, mely a promontorium mögött található, nem egy egyszerű csontcső. Antero-lateralis irányban a bazális kanyarulat egy körívben meghajlított vonalra illeszthető, de egyidejűleg ez a csontcső saját tengelye körül el is

csavarodik. Ezen csavarodás miatt a bazális kanyarulat a külső hallójárat felől egy S-alakú, míg a „facial recess”-en keresztül egy majdnem zárt gyűrű.

Pars geniculo-tegmentalis

A csiga klasszikus ábrázolásai nem említik, és nem hangsúlyozzák, hogy a cochleanak van egy tetemes része a semicanalis musculi tensoris tympani fölött, nevezetesen a pars geniculo-tegmentalis, amely közvetlenül a tegmen tympani alatt fekszik. Mivel a tegmen tympani egy csontlemez a dobüreg és a koponya scala media-ja között, ezért a *middle fossa approach*, vagy annak módosított változata, a *transtemporal supralabyrinthine approach* lehetőséget ad a csiga első kanyarulatának második szakaszát a középső koponyaárok felől megnyitni az elektróda számára [36]. Ugyanakkor a második és harmadik kanyarulatok közvetlenül a n. petrosus major és minor alatt találhatók, ezért ezen kanyarulatok sebészi megnyitása ebből az irányból az említett idegek sérülése nélkül lehetetlen [51].

Összefoglalva az eddigieket megállapíthatjuk, hogy a csiga első kanyarulatának alsó fele mind a külső hallójárat, mind a ’facial recess’ felöl megközelíthető és megnyitható az elektróda számára. A második és harmadik kanyarulatok szintén megközelíthetőek a dobüreg felől, azonban azoknak csak kicsiny részei válnak felületessé közvetlenül a semicanalis alatt. Ezen kanyarulatok széles feltárása a musculus tensor tympani és a semicanalis teljes eltávolítását igényli. Az első kanyarulat felső fele a semicanalis felett és a tegmen tympani alatt található, ezért ennek megnyitása csak a középső koponyaárok felől lehetséges.

4.3 Elülső chorda csatorna

Az elülső chorda csatorna fejlődéstanáról ezidáig nem jelent meg tanulmány a nemzetközi szakirodalomban, ezért a dolgozatban leírt fejlődéstani adatok mind saját eredmények. Mivel a csatorna anatómiája nagyon szoros kapcsolatban van annak klinikai következményeivel, ezért ebben a fejezetben az eredményeket és következtetéseket együtt ismertetjük.

Eredmények és következtetések

A chorda tympani, mint a n. facialis közvetlen ága, a dobüreg hátsó és lateralis falának szögletében lép be a dobüregbe, közvetlenül a dobhártya medialis oldalánál. A kalapács és az üllő között áthaladva eléri a dobhártya elülső peremét a fissura petrotympanica magasságában, s rövid lefutás után kilép a dobüregből. Bár a chorda tympani funkcionális értelemben nem tartozik a hallás apparátusához, mégis esszenciális struktúrája a dobüregnek, annak jellegzetes képlete. Fő feladata az ízérzékelés biztosítása a nyelv elülső két-harmadában.

Széles körben elterjedt az információ, hogy a chorda tympani a Glaser hasadékon keresztül lép ki a dobüregből, majd a fossa mandibularis felszínén haladva eléri a n. lingualis-t [53,54,55,58,61,63,64]. Bár már a 20. század elején Spalteholz [65] és Krause [62] egyértelműen leírták az ideg pontos lefutását, hosszú évtizedeken keresztül a Glaser hasadékot tekintették a dobüregi kilépési pontnak; annak ellenére, hogy ez a topográfiai viszony az állkapocsízület mozgása során az ideg állandó mechanikai vongálását jelentené. A jelen tanulmány megerősítette a már Spalteholz és Krause által leírt anatómiai tényt, ami szerint a chorda tympani a dobüregből való kilépése után is, hasonlóan a dobüreg és a canalis facialis közötti szakaszához, egy önálló csontcsatornában halad. Későbbi munkákban ezt a csatornát, mint *elülső chorda csatorna* (anterior chordal canal) találhatjuk meg [52,56,57,59,60,66,67]. Mivel a chorda tympani lefutásával kapcsolatban számos, egymással ellentétes

leírásokat lehetett olvasni, fő célom az elülső chorda csatorna fejlődésének tanulmányozása és megértése volt.

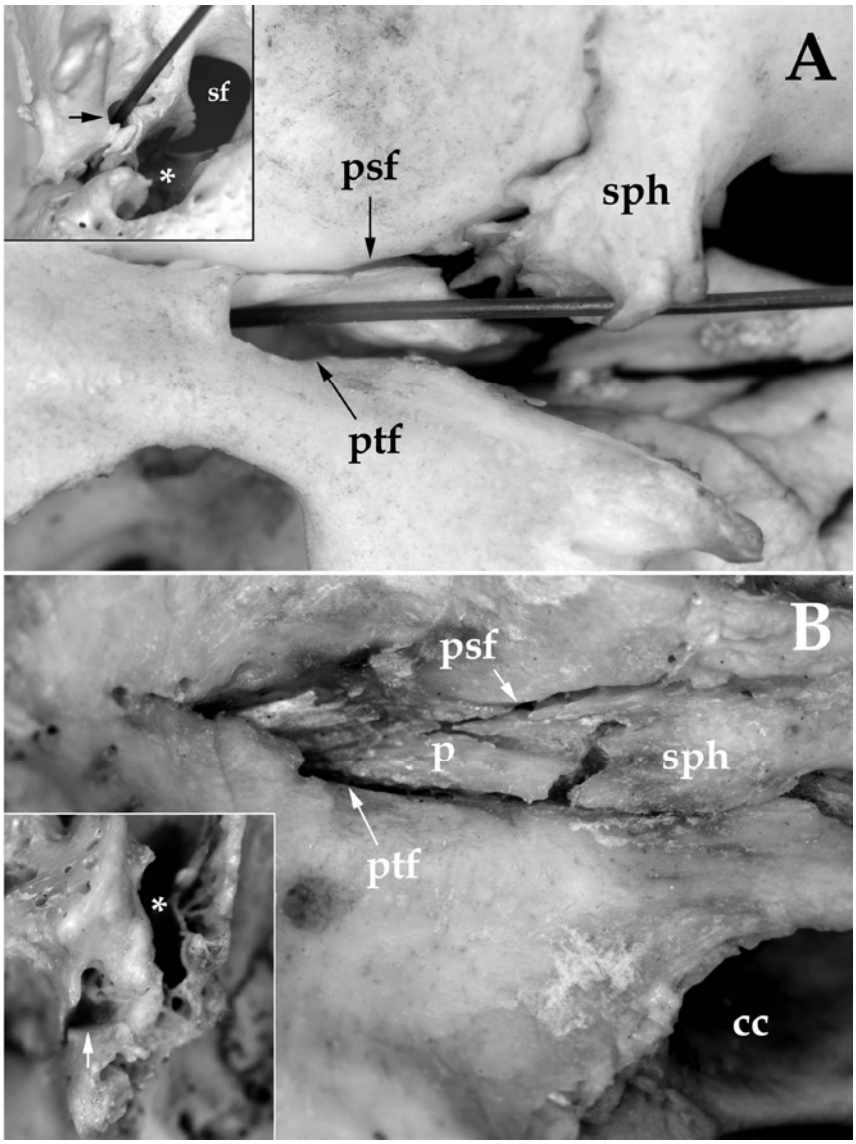
A születés pillanatában a pars petrosa tegmentális nyúlványa (processus inferior tegminis tympani) még nem érte el a későbbi Glaser hasadék területét, így a pars squamosa és pars tympanica között egy széles rés található. A processus inferior tegminis tympani csak a második postnatális évben éri el a pars squamosa és tympanica közötti rést, a *fissura tympanosquamosa*-t, és így kialakul a felnőtt korra is jellemző két fissura a processus inferior tegminis tympani két oldalán: a *fissura petrotympanica* és *fissura petrosquamosa*. [68] Kétéves korban a chorda tympani elülső csatornája még fejlődésének kezdeti stádiumában van. A dobüregi kilépési pontja a fissura petrotympanica-ban még nem különült el, az ideg előrefelé a processus inferior tegminis tympani lateralis szabad szélén található hosszanti árokban fekszik. Ezt az árkot elülső chorda ároknak (*anterior chordal groove*) neveztük el (4.3.1 ábra). Ennek a sulcus-nak a ventralis részét az os sphenoidale alkotja, amely a spina ossis sphenoidalis-nál egy komplett csontgyűrűt alakít ki az ideg körül, szorosan a foramen spinosum lateralis oldalán. Ez a csontgyűrű lesz az elülső chorda csatorna kimeneti nyílása [69]. Ellentétben az irodalmi adatokkal, az ideg nem egy sulcus-on keresztül hagyja el a koponyaalapot, hanem az os sphenoidale által képzett csontgyűrűn keresztül [52, 56, 57]. A második postnatális év végére az elülső chorda csatorna kimeneti nyílása az os sphenoidale által teljesen felépített és a csatorna bemeneti nyílása is alapvetően meg van határozva a Glaser hasadékban, de a csatorna maga még lateral felé nyitott. Bár Fasel, valamint Bartsch és munkatársai az elülső chorda csatorna kimeneti nyílását a fissure sphenopetrosa-ban találták, a jelen fejlődéstani vizsgálat alapján ez egyértelműen csak az os sphenoidale által van alkotva (4.3.1 ábra), [69].

A csatorna további fejlődését az elülső chorda árok felső és alsó lemezének aktív csontnövekedése eredményezi. Az árok maga két csonttelepből fejlődik. Az elülső fele az os sphenoidale, a hátsó fele a pars petrosa által van kialakítva. Mindkét csonttelep intenzív csontnövekedése azt eredményezi, hogy az ötödik postnatális év végére a csatorna teljesen kialakul (4.3.1 ábra) [69].

Az elülső chorda csatorna bementi nyílása, hasonlóan a kimeneti nyíláshoz, egy foramen, közvetlenül a fissura petrotympanica fölött. A fissura petrotympanica egy résszerű csatorna a dobüreg és a fossa mandibularis között, amely magában foglalja a ligamentum mallei anterius-t és a ligamentum discomalleolare-t, míg az elülső chorda csatornában a chorda tympani és az a. tympanica anterior halad teljesen elválasztva a fossa mandibularis-tól. A határ az ideg és az állkapocsízület vápája között egy viszonylag vastag csontlemez, melyet hátul a processus inferior tegminis tympani, elől pedig az os sphenoidale alkot (4.3.2, 4.3.3 ábra)

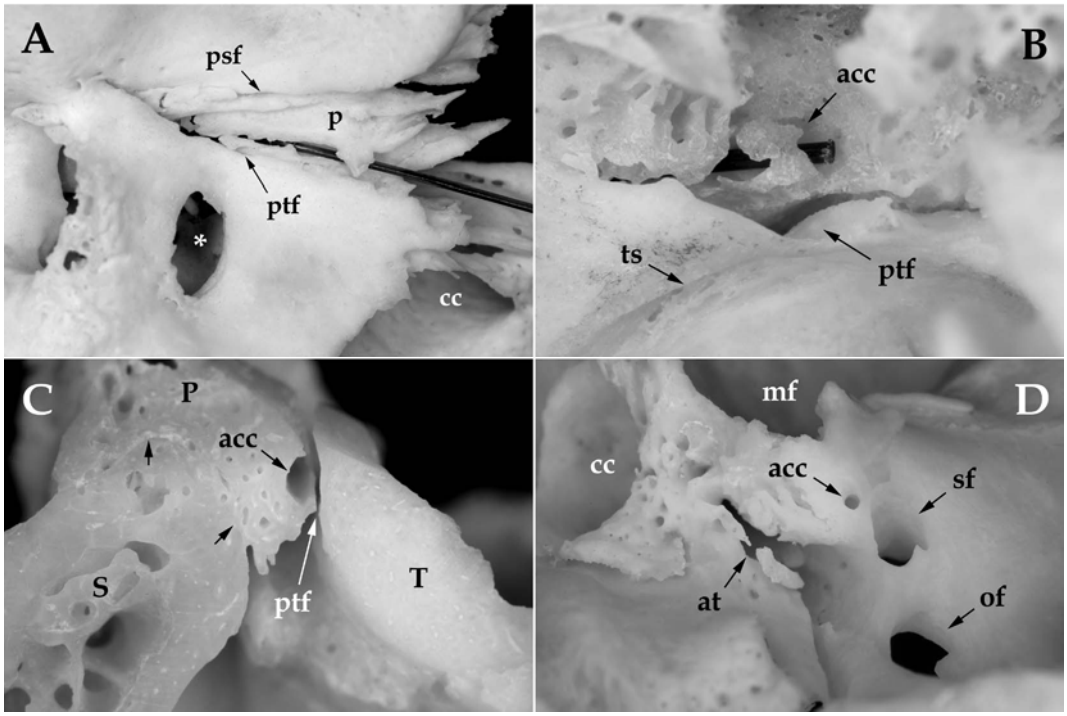
Számos része a koponyának nem alakítja ki végleges formáját és méretét a születésre; ide sorolandóak az orrmelléküregek és a processus mastoideus, de itt kell megemlíteni az elülső chorda csatornát is. A csatorna teljes fejlettségét csak az ötödik életévben éri el, amikor a chorda tympani-nak már nincs közvetlen kapcsolata a fossa mandibularis-szal. A csatorna védi az ideget a direkt mechanikai hatásoktól, mint például az alsó állcsont fejének mozgása rágás során. Klinikai tanulmányok alapján azt feltételezik, hogy ok-okozati összefüggés van a caput mandibulae mozgása, a Costen szindróma és a chorda tympani között, mert az ideg a Glaser hasadékon keresztül belép az állkapocsízület vápája által alkotott üregbe. Az elülső chorda csatorna létezése ezt a hipotézist elveti, hiszen a csatorna lateralis fala teljesen elválasztja az ideget az állkapocsízület vápájától. Csak abban az esetben jöhet létre az ideg mechanikai irritációja, ha az idegcsatorna két lemeze nem megfelelően fejlődik ki, s a két lemez között lateralisan, vagyis a fossa mandibularis felé, egy keskeny rés marad (4.3.4 ábra). Ez a „csontablak” lehetőséget biztosít a chorda tympani tartós vongálására a rágás folyamata során vagy mechanikai sérülésére állkapocsízületi műtétek esetében. Az a klinikai tény, hogy „Infratemporal Fossa Approach Type B”[5] ábra után a paciensek nem panaszkodnak ízérzés-zavarról, megerősíti az elülső chorda csatorna létezését. Abban az esetben, ha a születést követő öt esztendőben fejlődési zavar, csontosodási hiány alakul ki az állkapocsízület vápájában, akkor lehetőség nyílhat az ideg közvetlen mechanikai sérülésére, következményes ízérzés-zavarral és halántéktáji fájdalommal.

[5] A fossa infratemporalis és a fossa pterygopalatina területén található tumorok eltávolítására használt sebészi megközelítés.



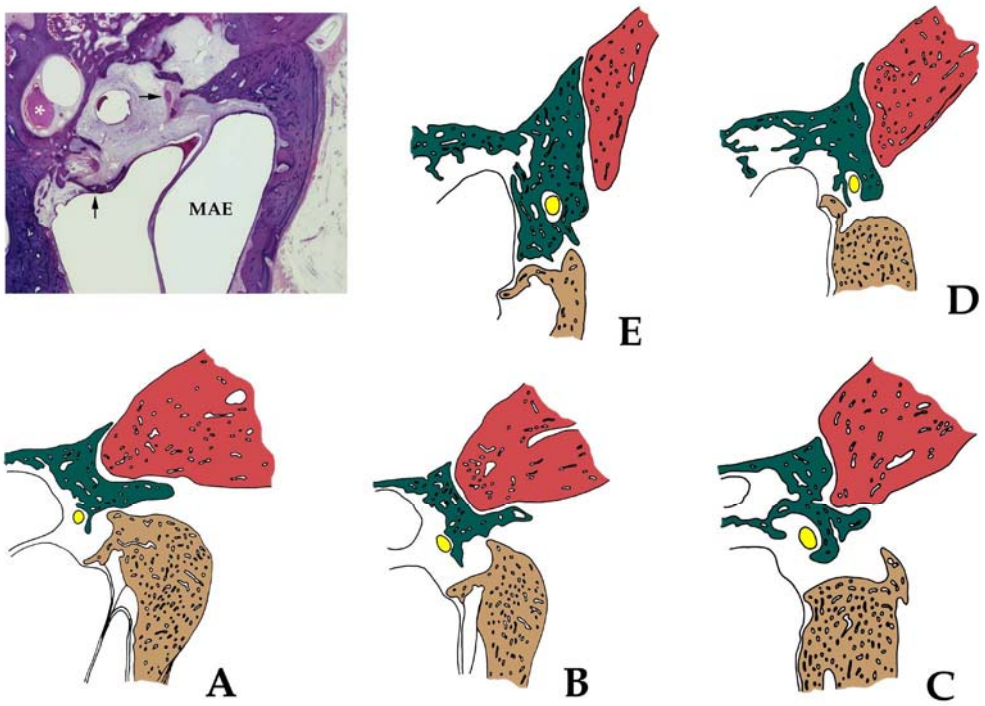
4.3.1 ábra

A Glaser hasadék és környezetének makroszkópos fotói (lateralis nézet). Kétéves gyermekben a chorda tympani egy, a pars petrosa által alkotott csontcsatornában helyezkedik el (A). Bár az ideg ebben a korban szabadon fut, azonban a későbbi csontcsatorna kimeneti nyílása (nyíl) már kifejlődött (lásd betétkép). Folyamatos csontnövekedés eredményeként felnőttben a chorda csatorna teljesen el van választva a fissura petrotympanica-tól (B) és a csatorna kimeneti nyílása hasonló képet mutat, mint egy kétéves gyermekben (nyíl, lásd betétkép).
psf – fissura petrosquamosa; ptf – fissura petrotympanica; sph – os sphenoidale; p – pars petrosa; cc – canalis caroticus; sf - foramen spinosum; * - tuba auditiva



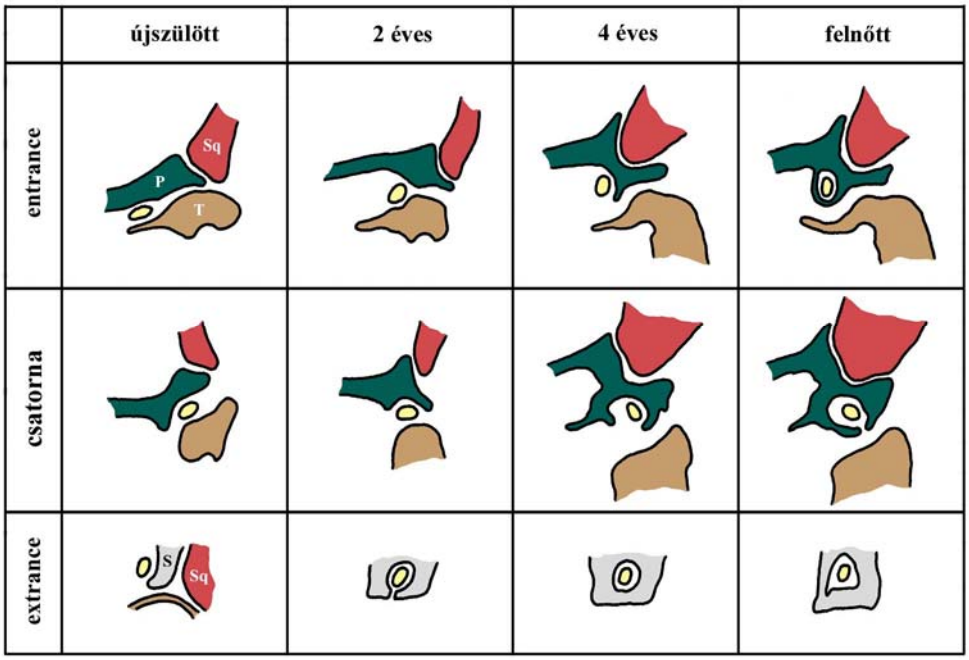
4.3.2 ábra

Az elülső chorda csatorna már majdnem teljesen kifejlődött egy négyéves gyermekben, csak egy keskeny rés figyelhető meg az őt alkotó két lemez között (A, lateralis nézet). Az ötödik postnatális év után a csatorna jól látható bemeneti nyílással rendelkezik a Glaser hasadék fölött (B, medialis nézet). A csatorna maga jól el van határolva a fissura petrotympanica-tól, és a teljes csatorna a pars petrosa-ban helyezkedik el (C, keresztmetszet). A csatorna kimeneti nyílása, ami már a második életévben kialakul, egy kicsiny fomamen a spina ossis sphenoidalis-tól medialisan, közvetlenül a foramen spinosum mellett (D, inferior nézet).
psf - fissura petrosquamosa; ptf - fissura petrotympanica; P - pars petrosa; cc – canalis caroticus; * - foramen Huschke; acc – elülső chorda csatorna; ts – sulcus tympanicus; S – pars squamousa; T – pars tympanica; nyilak – fissura petrosquamosa; at – tuba auditiva; sf – foramen spinosum; of – foramen ovale; mf – fossa mandibularis



4.3.3 ábra

A szövettani metszet mutatja a chorda tympani (vízszintes nyíl) helyzetét a frontális síkban a fissura petrotympanica hátsó szélénél, és a szövettani sorozatrajzok pedig az ideg (sárga) további lefutását ábrázolják ugyancsak a frontális síkban postero-anterior irányban (A-E, négyéves gyermek).
MAE – külső hallójárat; zöld – pars petrosa; piros – pars squamosa; világos barna – pars tympanica; * - nervus facialis; függőleges nyíl – processus cochleariformis



4.3.4 ábra

Összefoglaló rajza az elülső chorda csatorna fejlődésének az újszülött kortól a felnőtt korig. Minden keresztmetszet a frontális síkban készült (jobb oldal, hátulnézet).
P – pars petrosa; Sq – pars squamosa; T – pars tympanica; S – os sphenoidale

4.4 Fossula fenestrae cochleae

Eredmények

A kerekablak egy 2-3 mm hosszú és kb. 1,5 mm átmérőjű csatorna, melynek fejlődése a 16. magzati héten indul el. Először az elülső, felső és hátsó falak tűnnek fel, s az alsó fal teljesen hiányzik (4.4.1/A ábra). Egy héttel később egy csontnyúlvány nő a kerekablak belseje felé, mely a kerekablak alsó falát hivatott felépíteni (4.4.1/B ábra) Ez a csontnyúlvány a porcos capsula otica nyúlványából, az un. „*cartilage bar”*-ból alakul ki, s csak a 18. magzati héten éri el a kerekablak elülső falát (4.4.1/C ábra) A 23. héten a kerekablak legjellemzőbb képlete az a csontnyúlvány, amely az alsó fal alkotásában vesz részt. Bollobás Béla után ezt a csontnyúlványt a továbbiakban, mint *fustis* említem. A fustis a kerekablak alsó falának közepén húzódik előre egészen a crista fenestrae rotunda-ig. A fustis első jelét a 18. magzati héten lehet megtalálni a kerekablak elülső és alsó falainak találkozásának szögletében (4.4.1 ábra).

A 20. magzati hét után a kerekablak falai intenzív növekedést mutatnak. Mind a négy fal megnyúlik, mégis a legjelentősebb növekedést az elülső fal mutatja, ahol az a. tympanica inferior és a n. tympanicus halad felfelé. Néhány esetben egy teljes csontcsatornát lehet megfigyelni az artéria és az ideg körül, amely párhuzamosan fut a postis anterior-ral.

A másodlagos dobhártya helyét már egy 8½ hetes fetusban is meg lehet találni. A kerekablak helye teljesen ki van töltve embrionális kötőszövettel, amelybe a porcos capsula otica egy nyúlványa nő bele, az un. „cartilage bar” (4.4.2/A). Három héttel később a másodlagos dobhártya már tisztán megfigyelhető és a „cartilage bar” sajátos megjelenést mutat (4.4.2/B). A tubotympanalis hám, amiből a dobüregi nyálkahártya fejődik ki, nem terjed be a későbbi kerekablak területére a 7. magzati hónapig. A „cartilage bar” nem pusztán egy egyszerű nyúlványa a capsula otica-nak; mint porcszövet tovább nő a kerekablak mélye felé a capsula otica csontosodási magjainak

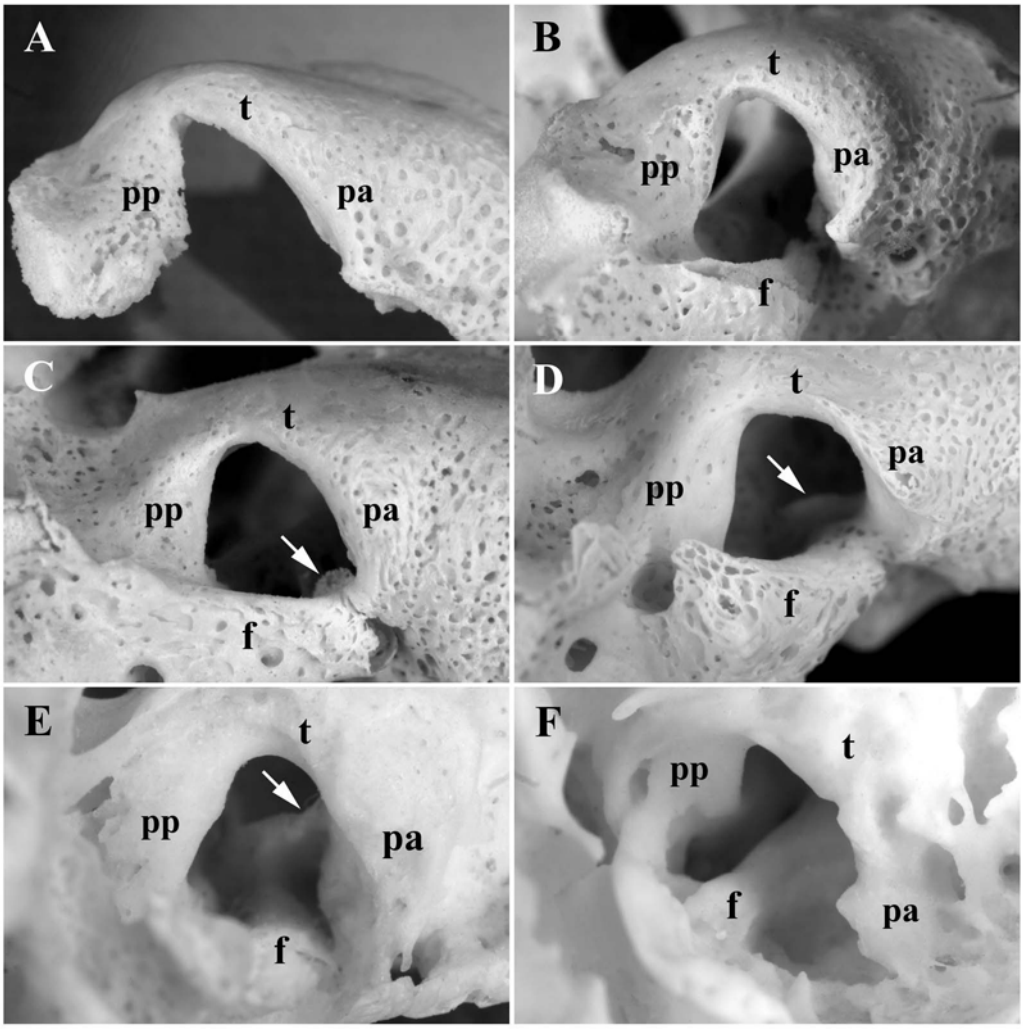
megjelenése után is. Ez a folyamatos porcnövekedés addig tart, amíg a „cartilage bar” meg nem közelíti a másodlagos dobhártyát. A növekedés maximális mértéke a porcnyúlvány csúcsánál figyelhető meg (4.4.2/C,D). A 20. magzati hétre a teljes „cartilage bar” átalakul, s csak egy vékony csonthéj marad a helyén, amely egyben a kerekablak alsó falát is felépíti. Az alsó fal hosszanti tengelyében egy botszerű kiemelkedés jelzi a „cartilage bar” helyét. Ezt a csontkiemelkedést nevezzük fustis-nak (4.4.1, 4.4.3 ábra).

A fejlődő középfül nyálkahártyája nem lép be a kerekablak területére az utolsó előtti magzati hétig, s a születés pillanatában is a kerekablak egy része még embrionális kötőszövettel kitöltött. Röviddel a születés után a dobüregi nyálkahártya eléri a másodlagos dobhártyát és a teljes kerekablak egy levegővel töltött üreggé alakul át. A felnőttkori kerekablak normális fejlődés esetén már nem tartalmaz embrionális kötőszövetet, a teljes kerekablak dobüregi nyálkahártyával bélelt. Bár a nyálkahártya mindenhol szorosan hozzáfekszik a kerekablak falához, mégis annak bejáratánál megmaradhat egy nyálkahártya-kettőzet (*pseudomembrane*), amely később el is csontosodhat (4.4.3/F ábra).

A kerekablak falainak növekedése nem mutat egységes mintázatot. Legnagyobb intenzitással az elülső és felső fal növekszik, s mindkettő dezmálisan csontosodik. Az alsó fal a „cartilage bar”-ból alakul ki, mely az alsó fal közepén helyezkedik el, majd attól medial és lateral felé tovább növekedve kialakítja a teljes alsó falat. Bár ez a fal chondrálisan csontosodik, azonban az alsó fal üreg felőli felszíne egy vékony dezmális csontlemezzel van lefedve. A kerekablak hátsó fala szintén chondrálisan fejlődik, s az alsó falhoz hasonlóan vékony dezmális csontréteg borítja.

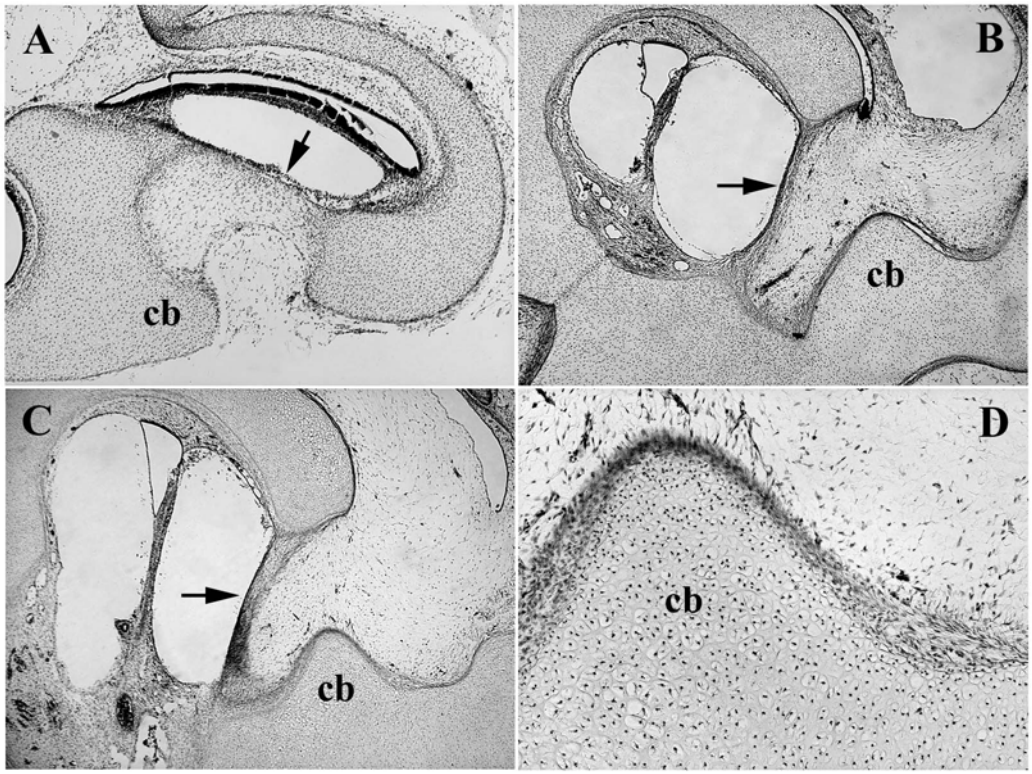
A kerekablakot bejárati síkja és formája alapján kilenc típusba lehet besorolni (4.4.4, 4.4.5 ábra). Ha a kerekablak minden fala vastag, akkor az üreg maga nagyon szűk, s a környezete „sejtmentes”, tömör csontállomány által van alkotva. Más esetekben a kerekablak tegmen-je dorsolateral irányba megnyúlik, így következésképpen maga a kerekablak is hosszabbá válik. A kerekablak bemenetének leggyakoribb variációja, amikor az üreg elülső fala (postis anterior) lemezszerűen megnyúlik, így a külső

hallójárat felől szinte az egész üreg takarttá válik. A postis anterior formája nagy változatosságot mutat a folytonos csontlemeztől a trabekuláris szerkezetig. A legritkább variáció a pseudomembrán részleges vagy teljes elcsontosodása a kerekablak bemeneténél. Egy következő, sebészileg érdekes variáció, amikor az alsó fal részlegesen csontosodik el, s a fustis-tól lateralisan csonthiány marad egészen a postis anterior-ig. A kerekablakon kívüli csontstruktúrák szintén befolyásolhatják a kerekablak bejáratának morfológiáját. A leggyakoribb variáció ebben a csoportban a kerekablak közelében kialakuló exostosis, mely az üreg bejáratának egy részét vagy egészét is eltakarhatja. A legritkább, azonban legnagyobb klinikai jelentőséggel bír a magas helyzetű fossa jugularis. A benne található bulbus venae jugularis néha olyan magasan helyezkedik el, hogy a kerekablak teljes bejáratát eltakarja. Más esetekben a bejárat előtt egy, két esetleg több csontgerenda, un. trabekulák rejtik el szemünk elől a kerekablakot (4.4.4, 4.4.5 ábra).



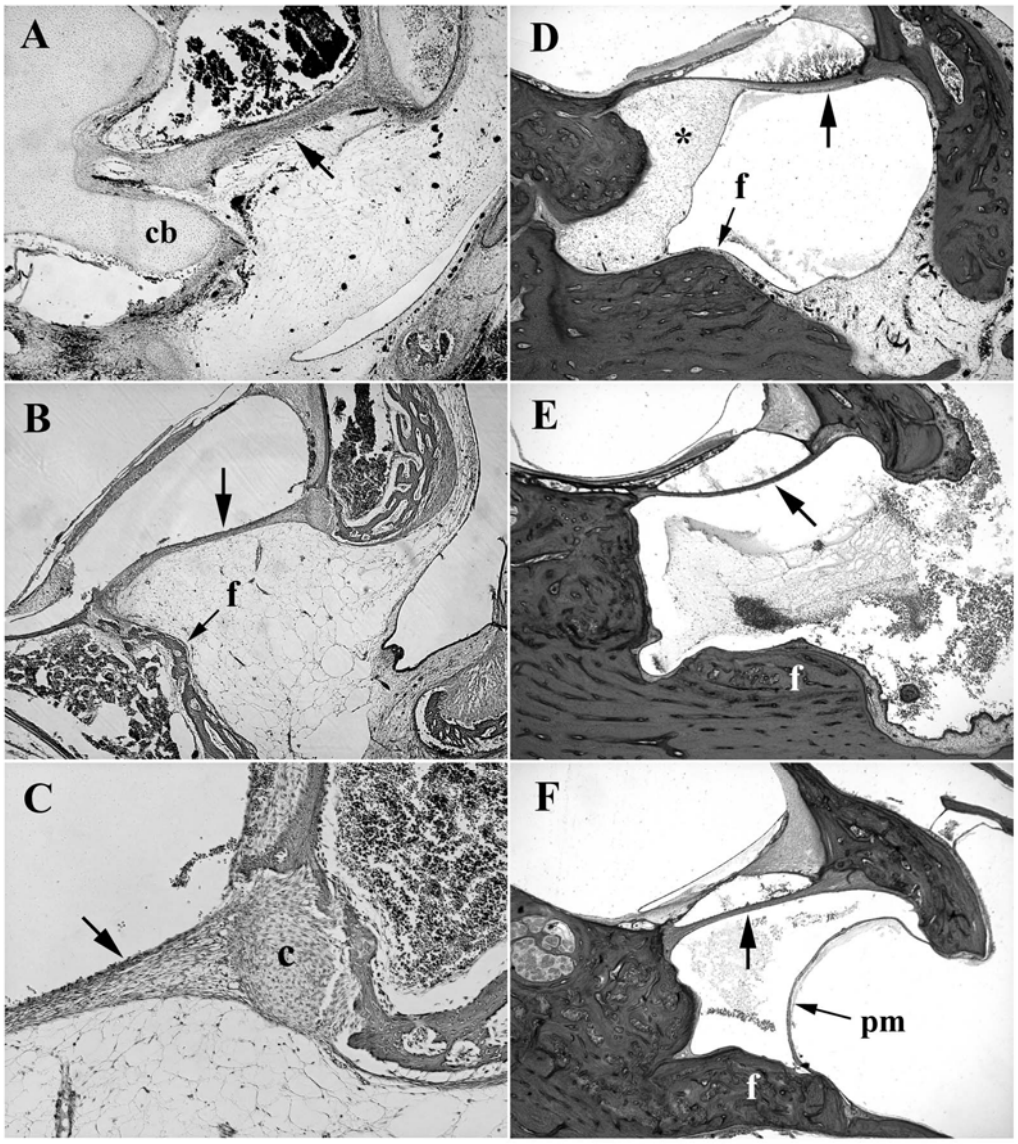
4.4.1 ábra

A kerekablak fejlődése a 16. magzati héttől (A) az újszülött korig (F). A capsula otica első csontosodási magjai a kerekablak körül jelennek meg, de a nyílás alsó fala csak a 17. héten kezd csontosodni (B). A crista fenestrae cochleae első csontosodási jelei a 18. magzati héten (C) jelennek meg és extrém gyors fejlődést mutatnak a 23. hétig (D). A kerekablak falai intenzíven növekednek, azonban még a 8. magzati hónapra (E) sem alakul ki teljesen. A felnőttre jellemező forma és méret csak az utolsó prenatális hónapban jelenik meg.
f – fustis; pa – postis anterior; pp – postis posterior; t – tegmen fossulae fenestrae rotundae; nyíl – crista fenestrae rotundae



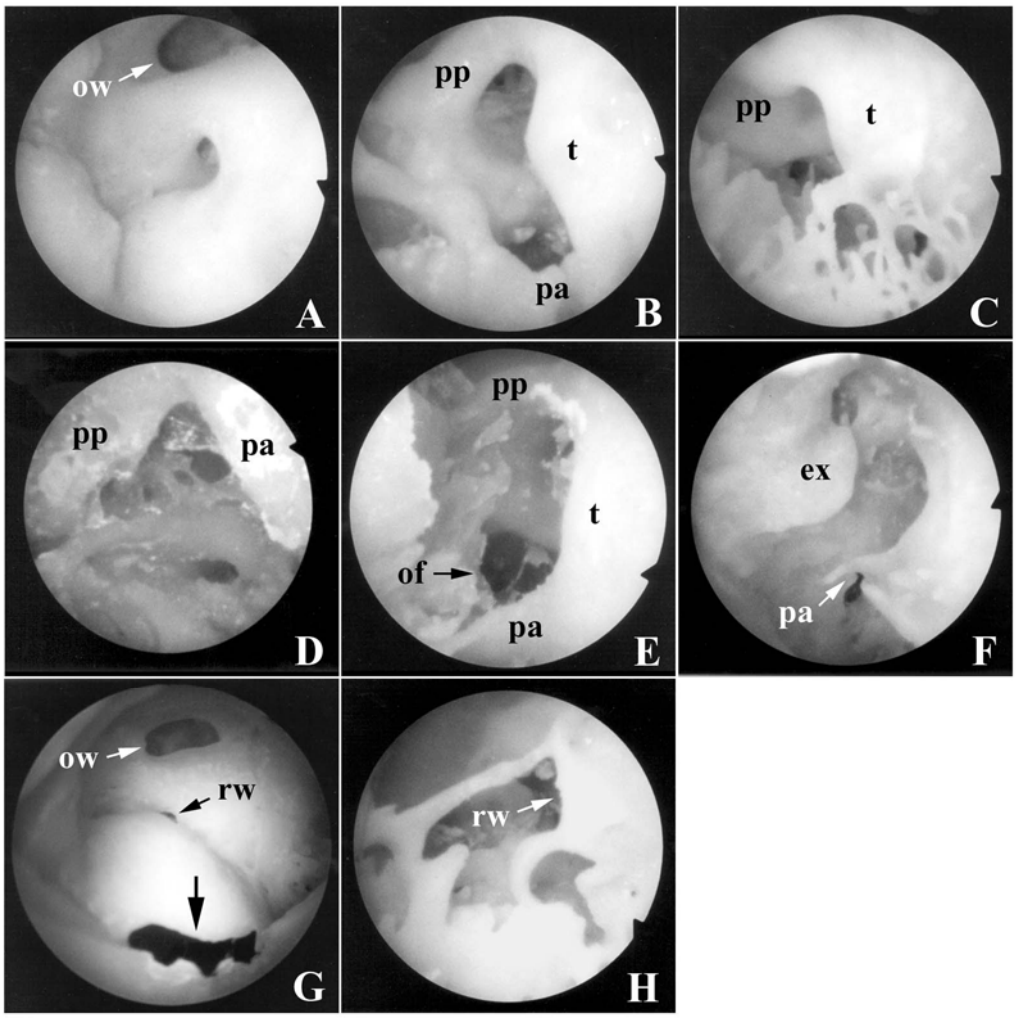
4.4.2 ábra

Horizontális síkban készült szövettani metszetek ábrázolják a kerekablak korai fejlődését a 8½ hetes (A) kortól a 14. hétig (C,D). A másodlagos dobhártya (nyíl) első jelei már a 11½ hetes (C) korban megfigyelhetők, de a kerekablak ürege még teljes mértékben mesenchyma-val kitöltött. Mind a négy kép (A-D) mutatja a cartilage bar-t (cb), ami jelentős szerepet játszik a kerekablak alsó falának kialakításában. A negyedik kép (D) a C-vel jelölt képen látható cartilage bar nagyított felvétele.



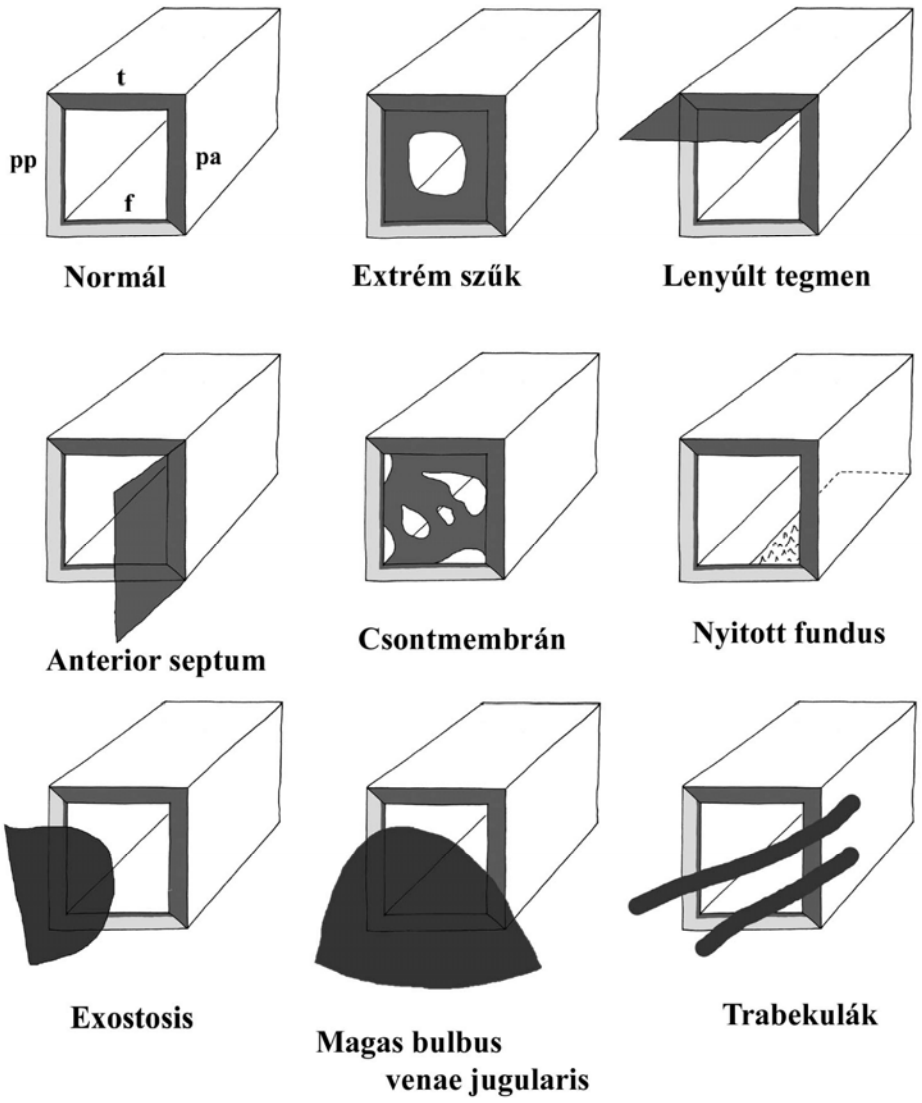
4.4.3 ábra

A kerekablak fejlődésének szövettani sorozata a 15. magzati (A) kortól az első postnatális évig (F). Minden szövettani metszet a frontális síkban készült (H&E). Egy 15 hetes magzatban a cartilage bar (cb) még megfigyelhető, azonban a 20. héten már egy csontgerenda formájában található meg, amit fustis-nak neveznek (B). A capsula otica intenzív csontosodása ellenére a másodlagos dobhártya körül hosszú ideig megmarad egy porcgyűrű (C). Bár a kerekablak teljesen kifejlődik a születés pillanatára, azonban magában az üregben maradnak még mesenchymális szigetek (D), s a 4. postnatális hónapra ezek is eltűnnek (E). A teljes kerekablak nyálkahártyával bélelt, mely bizonyos esetekben egy nyálkahártya kettőzetet, az un. pseudomembránt (pm) alkot az ablak bejáratánál, mint ahogy ez egyéves gyermek szövettani metszetén is megfigyelhető (F).
c – porcgyűrű; f – fustis; nyíl – másodlagos dobhártya; * - mesenchyma



4.4.4 ábra

A felnőttre jellemző kerekablak variációk endoszkópos képei (jobboldali képek). Extrém szűk (A), lenőtt tegmen (B), elülső septum (C), csontmembrán (D), nyitott fundus (E), exostosis (F), magas bulbus (G), és trabekulák a kerekablak előtt (H).
ow – ovális ablak; rw – kerekablak; pa – postis anterior; pp – postis posterior; t – tegmen fossulae fenestrae rotundae; of – nyitott fundus; nyíl – a hypotympanum csonthiánya



4.4.5 ábra

Sematikus rajzok, melyek a felnőttkorra jellemző kerekablak típusokat ábrázolják (jobboldali rajzok). A tegmen fossulae fenestrae cochleae (t) és a postis anterior (pa) teljes mértékben dezmális csontból épülnek fel, míg a postis posterior (pp) és a fundus (f) chondrális csontból fejlődnek, de dezmális csonttal borítottak. Az első két sor a kerekablakon belüli változatokat mutatja, míg az alsó sor a kerekablak bemenete előtti módosító tényezőket sorakoztatja fel.

Következtetések

Bár a kerekablak falai a porcos capsula otica különböző részeiből fejlődnek, azonban a felnőttre jellemző szövettani kép a chondrális csontosodás mellett dezmális csontosodást is mutat. Az első csontosodási mag a 15-16. magzati héten jelenik meg a másodlagos dobhártya ventrális szélénél, mint egy vékony csonthéj. A további csontosodási folyamat nagyon gyors, így még a 16. héten kirajzolódik a csontos kerekablak egy háromszög formájában, de az alsó fal még teljesen hiányzik [70,71]. Ebben a korban az alsó falat a porcos „cartilage bar" és embrionális kötőszövet alkotja. Ellentétben a korábbi irodalmi közlésekkel, miszerint a kerekablak prenatalisan kerek formájú és a 4. postnatális évtől kezdve háromszög alakú [89], saját vizsgálat alapján a kerekablak formája nem függ az életkortól. A háromszögletű bemeneti formát úgy magzatokban, mint felnőttekben megtalálhatjuk. Eltérően a dobüreg más képleteitől, a kerekablak csontos struktúrái már a 8. magzati hónapra kialakulnak. A további csontosodási folyamat a születésre kialakítja a kerekablak falait, s ez a forma és méret a felnőtt korra is jellemző marad [72,74,75,81,85,86,87].

A jelen tanulmányra alapozva állíthatjuk, hogy a kerekablak alsó fala egy nagyon konstans elem, mivel a capsula otica nyúlványaként majdnem tisztán chondrális csontosodás eredményeként alakul ki. A kerekablak falai úgy chondrális mint dezmális csontosodás eredményeként épülnek fel, azonban a csontosodási formák az egyes falakban különböző arányban oszlanak meg, s ez fogja eredményezni a kerekablak formájának nagy variabilitását [88,89].

A kerekablak legrövidebb fala a hátsó, amit a subiculum nyúlványának tekinthetünk. Szinte a teljes hátsó fal chondrális csont által van felépítve, s csak egy vékony dezmális csontréteg fedi a felszínét. Az üreg alsó fala hasonlóképp chondrálisan fejlődik, de nem kizárólag a porcos capsula otica nyúlványából, a „cartilage bar"-ból. A fustis és az alsó fal medialis harmada döntően chondrális csontból épül fel, míg a lateralis harmad, ha egyáltalán kialakul, tisztán dezmális csontként fejlődik. A különböző csontosodási típusoknak nagy klinikai jelentősége van, mivel a dezmális csontosodás lényegesen nagyobb méret- és formabeli variabilitást mutat a chondrális

csontosodásnál [73,76,78,79,82]. Egy típusos példa erre az un. nyitott fundus, amikor a kerekalak alsó falának lateralis harmada, amely dezmálisan fejlődik, teljesen hiányzik, s ezzel lehetőséget teremt egy közvetlen kapcsolatra a kerekablak ürege és a labyrinthus alatti légtartó csontsejtek között. Ez az anatómiai szituáció rejtve maradhat a sebész előtt külső hallójárat felőli beavatkozás esetében, ha a kerekablak elülső fala, mely döntően dezmálisan fejlődik, jelentősen megnyúlik dorsolateral irányban [80,83].

A kerekablak felső és elülső falai, mint chondrális csontelemek kezdenek fejlődni, de néhány hét után, mint dezmális csontlemezek fejlődnek tovább. A dezmális csont gazdag vérerekben és nagyobb formai és méretbeli változatosságot mutat, mint a chondrális csont, amelyet, mint avascularis területet tartunk számon a halántékcsontban [89].

A felső és elülső falak fejlődési mértékétől függően a kerekablak bemeneti síkja különböző lehet. Ha egyedül az elülső fal nyúlik meg erőteljesen, akkor a kerekablak bemeneti síkja a frontális síkban helyezkedik el, s csak dorsal irányból lehet az üregbe szabadon betekinteni. Ha a felső fal nyúlik meg, akkor a bemeneti sík horizontális irányú. Harmadik esetben az elülső fal fejlődésében visszamarad, s a kerekablak bemenete lateral felé néz. Ezt a formát elsősorban a születés előtt figyelhetjük meg [77,84].

A kerekablak fejlődése két fő szakaszban valósul meg [89]. Az első szakasz a 8. és 15. magzati hét között található, amikor a teljes kerekablak a porcos capsula otica által épül fel. A második szakasz a 16. magzati héten indul az első csontosodási mag megjelenésével. Lényeges morfológiai változások ezt követően figyelhetők meg, s az utolsó intrauterin hónapban már a felnőtt korra jellemző forma és méret található meg. Nyilvánvaló, lényeges morfológiai eltéréseket a születés után patológiás változásoknak kell tekintenünk, amelyek mechanikai sérülés, gyulladás vagy daganat hatására alakulnak ki. Egy nem patológiai folyamat által létrejött állapot az un. magas bulbus venae jugularis. Az egyenlőtlen agyi vénás eláramlás hatására az egyik

oldalon a bulbus venae jugularis oly magasan helyezkedhet el, hogy lateral felől szinte teljesen eltakarja a kerekablakot [88,89].

4.5 Tegmen tympani

Eredmények

A tegmen tympani egy vékony csontlemez, amely az antrum, a dobüreg és a protympanum tetejét alkotja. A halántékcsont két fejlődéstani telepéből alakul ki, nevezetesen a pars squamosa-ból lateralisan, és a pars petrosa-ból medialisan. A protympanum felső fala, mint a tegmen legventralisabb eleme, teljes egészében a pars petrosa-ból fejlődik (4.5.1/A ábra), de a fissura petrotympanica-tól dorsalisan, vagyis a dobüreg és az antrum felett a pars squamosa folyamatosan növekvő arányban szintén részt vesz a tegmen felépítésében (4.5.1/B,C ábra). Bár a pars squamosa horizontális lemeze az antrum mastoideum irányába szélesedik, mégis a tegmen tympani jelentős része a pars perosa csontlemezéből épül fel. Mivel ez a medialis csontlemez kizárólag a pars petrosa-ból fejlődik, ezért javasoljuk annak elnevezését, mint a pars petrosa *processus tegmentalis*-a (ábra 4.5.1/D).

A pars petrosa processus tegmentalis-sza a ganglion geniculi mögött, valamint az oldalsó és az elülső ívjáratok között indul növekedésnek. A tegmen tympani egy 23 hetes magzatban még relatív kicsiny és félhold alakú (4.5.2/A ábra). Intenzív csontnövekedés eredményeként, két héttel később a processus tegmentalis medialis széle eléri a capsula otica-t a ganglion geniculi előtt (4.5.2/B,E ábra). A további intrauterin hetekben a processus tegmentalis tovább növekszik anterior és lateral irányokban, s a születés pillanatára majdnem eléri a felnőttre jellemző formát és méretet (4.5.2/C-E ábra).

A tegmen tympani két lemeze közötti határt a fissura petrosquamosa interna mutatja (4.5.1 ábra), amelynek hátsó vége egy rövid, vertikális állású, vékony csontlemez formájában figyelhető meg újszülöttben. Ez a csontlemez, amelyet *Körner septum*-nak neveznek, csak az antrum mastoideum hátsó felében található meg, s annak lateralis falát alkotja (4.5.3/A,C ábra). A születés után, a halántékcsont

pneumatizációjának mértékével arányosan az antrum is nagyobbá válik; döntően a pars squamosa vertikális lemezének légtartó csontsejtekkel való telődésének köszönhetően. Következésképpen az antrum felnőtt korban két részből áll. A medialis rész a pars petrosa-hoz, míg a lateralis rész a pars squamosa-hoz tartozik fejlődéstanilag. A kettő közötti határ újszülöttben identikus a Körner septum ventromedialis megnyúlásával (4.5.3/B ábra).

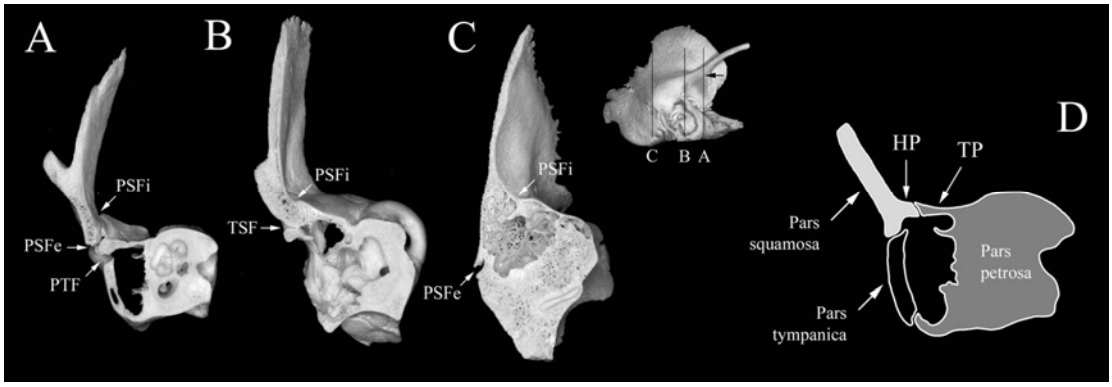
A halántékcsont pneumatizációjának eredményeként, a serdülőkorra kialakul a processus mastoideus a pars petrosa-ból és a pars squamosa-ból, mint egy egységes csontnyúlvány. A kettő közötti határ a már újszülöttben megfigyelhető Körner septum dorsolateralis nyúlványa által rajzolódik ki. A csontlemez vetülete gyakran felnőtt korban is megfigyelhető a processus mastoideus lateralis felszínén, mint fissura petrosquamosa.

A fissura petrosquamosa interna nem csak egy egyszerű fejlődéstani határ a halántékcsont két telepe között, hanem fontos mechanikai tulajdonságokkal is rendelkezik. Ha követjük a Körner septum-ot előrefelé, a fissura petrosquamosa interna egy mestergerendára emlékeztető csontszerkezetet mutat a tegmen tympani alsó felszínén. Ezt nevezzük *tignum transversum*-nak, mely nem más, mint a Körner septum ventralis folytatása az antrum lateralis fala és a Glaser hasadék között (4.5.4 ábra). A tignum egy jellegzetes struktúrája a tegmen tympani-nak újszülöttben, s számos nyúlvánnyal rendelkezik lateral és medial irányokban is. A medialis nyúlványok hosszúak, míg a lateralis oldalon csak néhány vékony csontgerenda figyelhető meg. A születés után azonban, a pars squamosa intenzív pneumatizációjának köszönhetően, a lateralis nyúlványok jelentősen megnyúlnak. Ellentétben az újszülött kori állapottal, a lateralis csontnyúlványok hosszabbak, vastagabbak, míg a medialis nyúlványok inkább hálózatos szerkezetet mutatnak (4.5.4 ábra).

A tegmen tympani lemezének óvatos elfúrása után egy jellegzetes csontgerendákból álló hálózatot találunk. A dobüreg felett hosszanti irányban húzódik végig a tignum transversum, s mindkét oldalán vékonyabb-vastagabb csontnyúlványok erednek. A

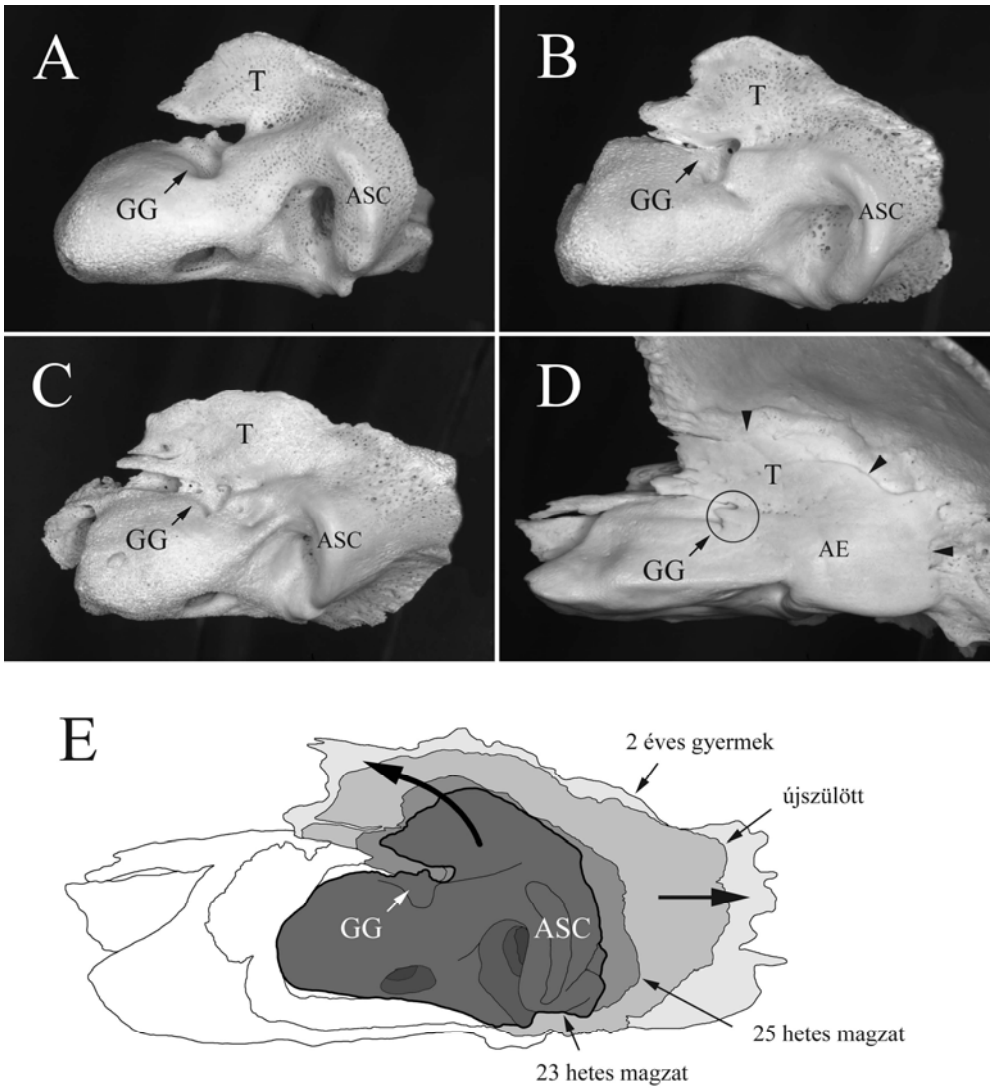
medialis nyúlványok rövidebbek és légtartó csontsejtek falait képezik. Ezek a légtartó csontsejtek előrefelé egy frontális állású vékony csontlemezzel, az un. *cog*-gal (*crista transversa*) vannak határolva. A tignum transversum lateralis nyúlványai, amelyeket *tigilla*-nak nevezünk, hosszúak, egymással párhuzamosan futnak, és a tignum-tól lateralisan fekvő területet teljesen kitöltik (4.5.5/A,B ábra).

A tegmen tympani csontgerendái nagy szám- és méretbeli változatosságot mutatnak a halántékcsont penumatizációjának mértékétől függően. Az esetek kis százalékában kifejezett csontgerendák vagy légtartó csontsejtek helyett csak néhány csontnyúlványt lehet megfigyelni a tignum mindkét oldalán (4.5.5/C,D ábra). Néhány kivételtől eltekintve (4.5.5/E ábra), típusos esetben a cog előtt nem találunk csontgerendákat, így ezen a területen a tegmen tympani-t csak egy vékony csontlemez építi fel (4.5.5/F ábra).



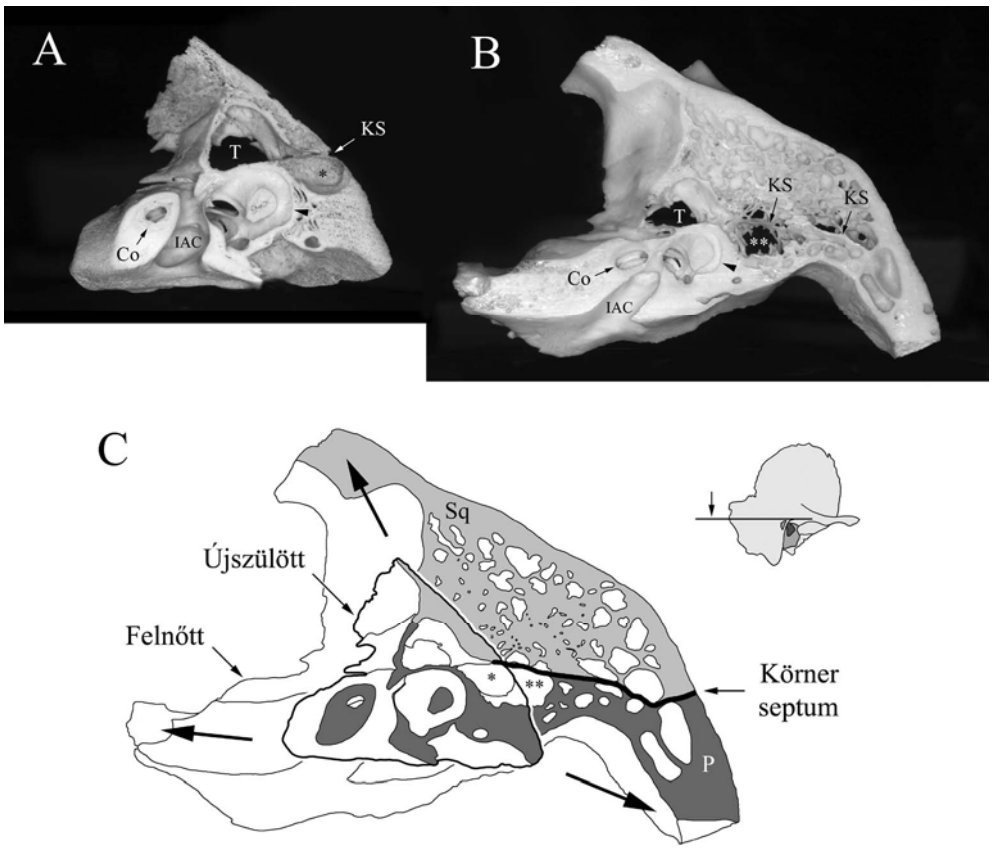
4.5.1 ábra

Újszülött halántékcsont frontális metszetei, ahol a fejlődéstani határok még jól megfigyelhetők (A-C), valamint a dobüreget alkotó csonttelepek sematikus rajza (D). PSFi – fissura petrosquamosa interna; PSFe - fissura petrosquamosa externa; PTF – fissura petrotymapnica; TSF – fissura tympanosquamosa; HP – pars squamosa lamina horizontalisa; TP – pars petrosa processus tegmentalisa



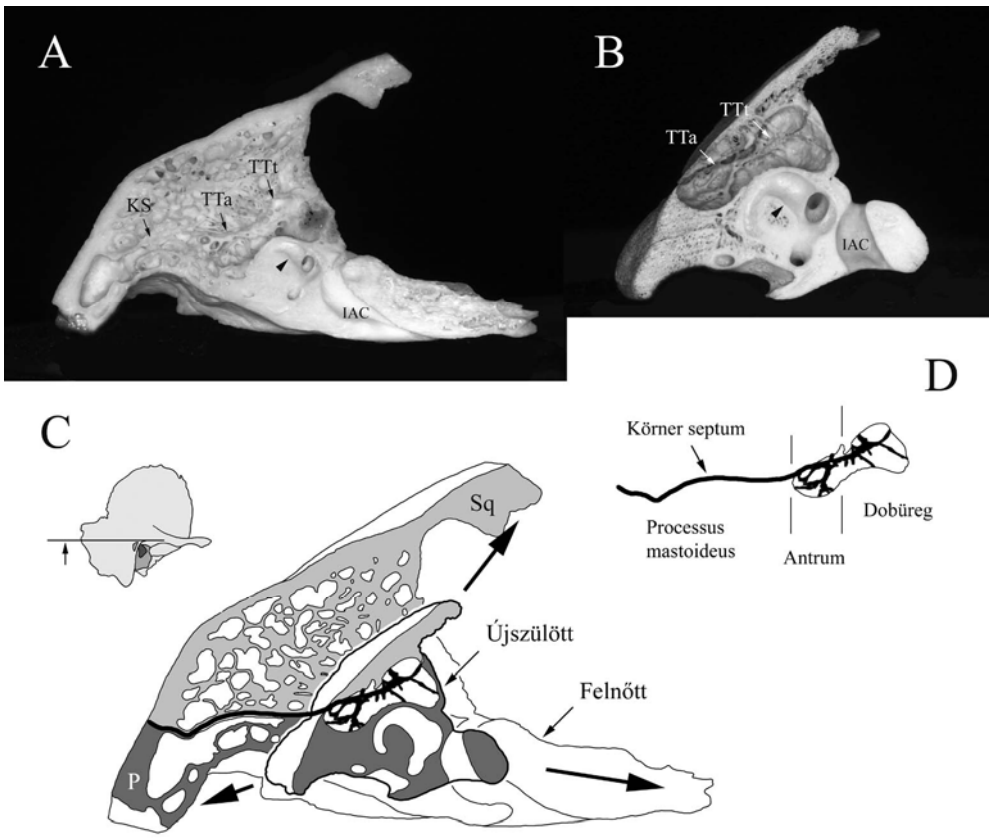
4.5.2 ábra

A pars petrosa processus tegmentalisa típusos fejlődési folyamatot mutat a dobüreg tegmen tympani-jának alkotása során. A tegmen tympani a lateralis ívjárat felszínén indul fejlődni, és egy 23 hetes magzatban már viszonylag nagy felületű (A). Két héttel később a csontlemez már nem csak előrefelé mutat növekedési jeleket, hanem hátrafelé, az antrum felé is (B). Újszülött korban a hátsó növekedés nagyon intenzív, de lateral és anterior irányokban szintén megfigyelhető egy-egy kisebb intenzitású csontgyarapodás (C). A születés után a csontnövekedés nagyon lassú a tegmen tympani-ban, amint ezt egy 2 éves gyermekben is jól megfigyelhetjük (D).
T – tegmen tympani; GG – ganglion geniculi; ASC – elülső ívjárat; nyílhegyek – fissura petrosquamosa interna;



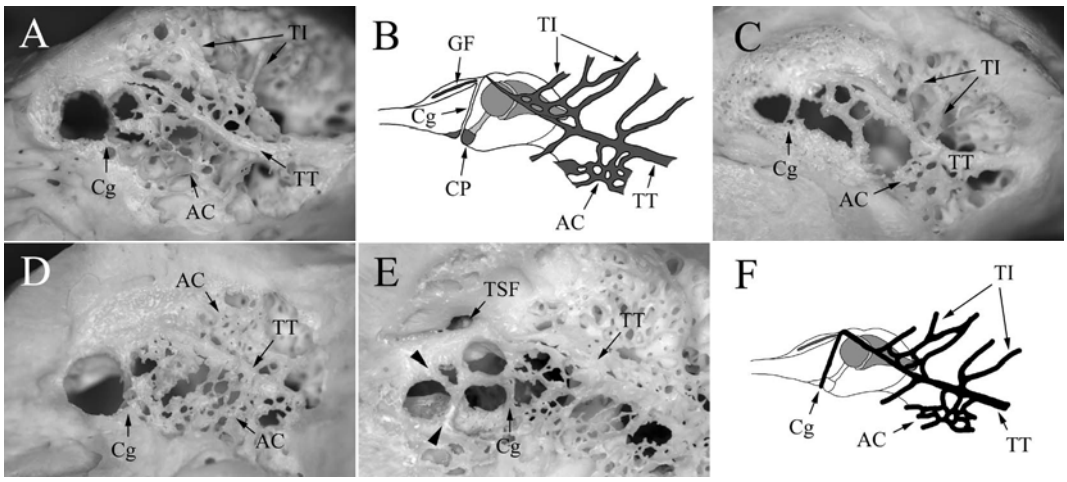
4.5.3 ábra

A tegmen tympani két csonttelepből, a pars petrosa-ból és a pars squamosa-ból alakul ki. A kettő találkozásánál a fejlődéstani határt egy vertikális csontlemez, az un. Körner septum mutatja. Újszülött korban a Körner septum nagyon rövid (A), s csak a processus mastoideus teljes kifejlődése után, vagyis a felnőttkorban láthatjuk a septum-ot teljes méretében (B) (horizontális csontmetszetek felülnézetből). Az értelmező rajz az újszülött és felnőttkor közötti morfológiai és méretbeli különbségeket mutatja ugyancsak felülnézetből (C).



4.5.4 ábra

A tegmen tympani alulnézeti képei újszülött (A) és felnőtt (B) korban (horizontális csontmetszetek). A tegmen tympani lemeze egy hosszanti lefutású csontgerendával, az un. tignum transversum-mal van megerősítve, amely a Körner septum felső szabad szélének ventrális folytatása (C,D).
KS – Körner septum; TTa – tignum transversum az antrumban; TTt - tignum transversum a dobüreg felett; ICA – belső hallójárat; nyílhegy – lateralis ívjárat pars ampullarisa; Sq – pars squamosa; P – pars petrosa



4.5.5 ábra

A tegmen tympani csontlemezének elfúrása után láthatóvá válik a csontlemezt erősítő vázrendszer (A-F, felülnézeti képek), amelynek tengelye a tignum transversum. Attól medial és lateral felé kisebb oldalágak, a tigillumok indulnak, s végül az apró légtartó csontsejteket határoló csontgerendák is erősítik a tegmen tympani csontlemezét.
TI – tigillumok; TT – tignum transversum; AC – légtartó csontsejtek; Cg- cog (septum transversum); GF – Glaser hasadék; CP – processus cochleariformis; TSF – fissura petrosquamosa; nyílhegyek; csontgerendák a cog előtt

Következtetések

Az általánosan elfogadott nézettől eltérően, miszerint a tegmen tympani csak egy vékony csontlemez a dobüreg fölött, a tegmen tympani egy meglehetősen bonyolult felépítésű csontlemez. Funkcióját tekintve határfelületet képez a középfül és a középső koponyaárok között, és segít a kalapács, valamint az üllő mechanikai rögzítésében [91]. A tegmen tympani megjelenésekor a hallócsontok már porcosan preformáltak és elkezdődött azok csontosodása. A tegmen tympani ebben a korban csak a hallócsontok fölött található meg, vagyis a hallócsontok mozgásához szükséges üreg már a terhesség felénél leválasztásra kerül az intracraniális tértől. A halántékcsont csontosodási folyamatával párhuzamosan, vagyis a légtartó csontsejtek számának növekedésével arányosan, a tegmen tympani is folyamatosan növekszik anterior, posterior és lateral irányokban. A posterior irányú növekedés eredményeként az antrum mastoideum és a tőle dorsolateralisan fejlődő csecsnyúlvány is teljesen izolálódik az intracraniális tértől [94,103]. Az oldalirányú növekedés szoros kapcsolatban van a hallócsontok fejlődésével és a dobüreg szélesedésével. A pars petrosa tegmentalis nyúlványa és a pars squamosa horizontális nyúlványa együttesen a kalapács fejének és az üllő testének aktuális méretéhez alkalmazkodva alakítja ki a dobüreg felső falát. A tegmen tympani anterior irányú megnyúlása történik meg a legkésőbb. Ez a csontnövekedés a protympanum tetejét alakítja ki [100,106,111]. A protympanum a születés pillanatáig csak egy kötőszöveti lemezzel van elválasztva az agy temporalis lebenyétől, s néhány év alatt épül fel egy vékony csontlemez, a protympanum valódi felső fala.

A tegmen tympani egy precízen megtervezet, nagy teherbírású csontlemez a középfül fölött. A processus mastoideus-tól indulva egy mestergerendához hasonló csontgerinc húzódik végig a Glaser hasadék felé hosszanti irányban. Ez a csontgerenda a legfontosabb merevítő eleme a tegmen-nek, és gátolja a dura mater előboltosulását a dobüregbe. Azon esetekben, amikor az epitympanum cholesteatoma-val van kitöltve, a folyamatos hámnövekedés elvékonyítja a tegmen gerendázatát, és a megmaradó vékony csontlemez már kevésbé képes az agy lobus temporalis-át alátámasztani. [92,93,96,109] A tegmen tympani mechanikai terhelhetősége nemcsak az előbb

említett tignum transversum-tól függ, hanem annak medialis és lateralis nyúlványaitól is. Ezek a tignum-mal együtt a levél erezetéhez hasonló alakzatot alakítanak ki, így egy egyenletes mechanikai erősítést biztosítva a tegmen tympani vékony, időnként perforált csontlemezének. Következésképpen a tegmen mechanikai ellenálló képessége elsősorban nem az őt alkotó csontlemez vastagságától, hanem az alatta található csontgerenda-hálózat épségétől függ [95,97,98,99,101,102,104,105,110, 112,114].

Mivel a tignum transversum a Glaser hasadék dorsalis szélénél végződik, ezért a kalapács fejétől előre és medialisan a tegmen tympani csak egy vékony csontlemezből áll. Vagyis ez a terület egy kis ellenállású területnek számít. A teljes lemez a pars petrosa-ból alakul ki, amlyik kezdetben sima felszínű, és eddig meg nem magyarázott okok miatt egy, a tignum-ra közel merőleges csontlemez, a cog alakul ki a felszínén. Vizsgálataim arra engednek következtetni, hogy a cog nem egyéb, mint a tegmen tympani erősítésére szolgáló vertikalis csontlemez [113].

Pácienseknél, akik dobüregi „teltségérzésről" panaszkodnak, vagy anamnézisükben rezidiváló dobüregi folyadékgyülem, illetve vezetéses halláscsökkenés szerózus középfülgyulladással szerepel, gondolni kell liquor-folyásra, amely gyakran a tegmen tympani-n keresztül valósul meg. Egy tanulmány szerint [108] 92 páciens esetében a liquor-folyás oka 58%-ban sebészi beavatkozás, 32%-ban mechanikai sérülés és 11%-ban un. „nem-traumás ok".

Sebészi beavatkozás során a középfül teteje nagyon elvékonyodhat, s ezzel lehetőség adódik csonthiány kialakulására, majd ezután liquor-folyás kialakulására. Komoly postoperatív következmény lehet a meningoencephalocele. Sebészeti beavatkozások során a tegmen tympani belülről van elvékonyítva, ami annyit jelent, hogy először a tegmen vékony csontgerendái kerülnek elfúrásra, s csak azt követően az őket fedő vékony csontlemez. Ugyanez jellemző a krónikus gyulladásra vagy annak speciális formájára, a cholesteatomára is. Ha a tegmen a koponyaüreg felől vékonyodik el, akkor még nagyfelületű csonthiány estén sem gyakori a lobus temporalis előesése a dobüregbe. Ez pedig a tegmen tympani időlegesen megmaradó csontgerendázatának

köszönhető. Ugyanez jellemző az időskori tegmen-defektre is. Feltételezések szerint a csontszövet folyamatos átépülésekor az egyensúly a csontleépülés irányába tolódik el, s ez eredményezi a makroszkóposan is látható csontlyukakat.

A tegmen tympani un. „nem-traumás" eredetű csontdefektusának patofiziológiája még nem teljesen felderített, de létezik két teória, amelyek a középső koponyaárok és a dobüreg közötti csonthiányt igyekeznek megmagyarázni. Az egyik Richard Gazek nevéhez kötődik (*arachnoid granulation theory*); szerinte a granulationes arachnoidales növekedése és mozgása évek múltán a tegmen csontlemezét annyira elvékonyítja, hogy először kisebb lyukak, később összefüggő csonthiányok alakulnak ki. A másik teória (*congenital defect theory*) elsősorban gyerekekben figyelhető meg és kóros embriológiai fejlődés eredményének tartják. Ebben az esetben a tegmen tympani nem fejlődik ki teljesen és bizonyos területeken kisebb, nagyobb csontlyukak maradnak meg. Jones et al. [97] tanulmánya szerint ezek a csonthiányok az elülső félkörös ívjárat előtt, míg Uri et al. [114] szerint a ganglion geniculi területén figyelhető meg. A jelen tanulmány mutatja, hogy a tegmen tympani medialis telepe egy sarló formájú csontnyúlványként a ganglion geniculi-t lateral felől megkerüli, és azután újra kapcsolódik a capsula otica pars cochlearis-ához. Amennyiben ez a kapcsolódás nem megfelelő, egy csonthiány marad a Jones [97] és Uri [114] által említett területen. Ez a tény azt sugallja, hogy a veleszületett tegmen defektus oka a pars petrosa tegmentalis nyúlványának elégtelen fejlődésére vezethető vissza. A csontlyuk már a porcos tegmentalis nyúlványban kialakul, és a csontosodási folyamat késlekedése idézheti elő a gyermek, illetve felnőtt korban felfedezett tegmen defektust.

Ismert klinikai jelenség, hogy a tegmen tympani veleszületett defektje gyakran kapcsolódik a belsőfül fejlődési rendellenességeihez, mint pl. Mondini dysplasia, csontlyuk a stapes talpán, csonthiány a belső hallójárat fundusánál, széles canaliculus cochleae vagy perzisztáló Hirtl fissura [107]. Mindezek a fejlődési zavarok a capsula otica kóros fejlődésének következtében alalkulnak ki. A tegmen tympani medialis része szintén a porcos capsula otica-ból, annak tergmentalis nyúlványából származik. Következésképpen állíthatjuk, hogy a veleszületett tegmen-defekt nem

véletlenszerűen kapcsolódik az előbb felsorolt belsőfül anomáliákhoz, hanem a veleszületett tegmen-defekt a belsőfül fejlődési rendellenességek egyik típusát képviselik.

Kale et al. [98] publikált egy esettanulmányt kétoldali tegmen-defektről. Az 55 éves páciens pulzációs fülzúgásról és régóta fennálló kétoldali halláscsökkenésről panaszkodott. A hallásvizsgálat kevert halláscsökkenést mutatott mindkét oldalon. Bár a tegmenhiány olyan nagy volt, hogy az agy temporalis lebenye ráfeküdt mindkét kalapácsra, ennek ellenére a vezetéses hallácsökkenés mértéke maximum 20 dB. A tympani nemcsak egy vékony csontlemez által épül fel, hanem egy ahhoz szorosan tartozó csontgerendázatból is, ezért a vékony csontlemez „felszívódása" után a trabekuláris szerkezet még mindig jelentős mechanikai ellenállóképességet biztosít a dobüregi struktúrák védelmére. Mivel a legerősebb tartógerenda, a tignum transversum közvetlenül a kapalács feje és az üllő teste fölött húzódik, e nagyon vékony, CT vizsgálattal nem azonosítható, csontelemek képesek a hallócsontok relatív szabad mozgását fenntartani. Ez a mechanikai szerkezet magyarázhatja, hogy meningoencephalocele esetében a vezetéses halláscsökkenés 2 kHz-nél mindössze 5 dB.

A Glaser hasadék és a processus cochleariformis egy vertikalis állású csontlemezzel van összekötve, ami a tegmen tympani trabekuláris vázrendszeréhez tartozik. Ezt a csontlemezt az angolszász irodalomban, mint „cog", vagy „crista transversa" említik. A lemeztől előrefelé a tegmen tympanit csak egy vékony csontlemez alkotja, itt csonttrabekulák nem találhatók. Abban az esetben, ha a „cog" alig fejlődik ki, akkor a ganglion geniculi területén egy alacsony mechanikai ellenállású terület, egy locus minoris resistentiae alakul ki a tegmen tympani-ban.

5. Összefoglalás

A fülsebészet jelentős része a középfülben történik, s annak részletes anatómiai ismerete nélkülözhetetlen a sebész számára. A technikai lehetőségek rohamos fejlődése igényt támasztott a dobüreg részetesebb anatómiai megismerésére, azonban a nemzetközi irodalomban csak korlátozott számban találhatók ilyen tanulmányok. Több mint ezer magzati, gyermek és felnőtt halántékcsont (8. fötális héttől az időskorig) tanulmányozása során igyekeztem megérteni a dobüregi struktúrák nagy variabilitásának okát a fejlődéstan segítségével.

Megállapítottam, hogy a canalis caroticus két csontlemezből fejlődik, és a csatorna kétéves kor előtt megfigyelhető dehiszcenciáit a két lemezének záródási elégtelensége okozza. A protympanum falai a halántékcsont pars petrosa-ja által épülnek fel, s lumenének szűkülete elsősorban a canalis caroticus helyzetétől függ. A protympanum lateralis falában a chorda tympani önálló csontcsatornában fut előrefelé, de ennek fejlődéstana ezidáig még nem ismert. Vizsgálataim azt mutatták, hogy ez a csatorna is két lemezből fejlődik, s ezek elégtelen záródása lehetővé teszi az ideg mechanikai sérülését, vagy az un. Costen szindróma oka lehet. A kerekablak szerkezete a születés pillanatára már kialakul és a további lényeges változások patológiai folyamatok eredménye. A kerekablak nem patológiás morfológiai variációit kilenc csoportba osztottam. A dobüreg tetejét a tegmen tympani alkotja, amelynek veleszületett csonthiányát két különböző teóriával magyaráznak. Anatómiai vizsgálataim alapján a csontdefekt okát a 25. magzati hét körül megjelenő csontosodási zavarként feltételezem. Az emberi csiga anatómiája már több évszázada ismert, azonban a dobüreg medialis faláshoz való topográfiai viszonya részleteiben még nem tanulmányozott. Rétegcsiszolatok segítségével rekonstruáltam a cochlea-t a dobüregi struktúrák vetületének feltüntetésével anatómiai és sebészeti irányokból.

Anatómiai vizsgálataim során arra a végkövetkeztetésre jutottam, hogy a belsőfül fejlődése jelentős hatást gyakorol a középfül kialakulására, hiszen annak falai majdnem kizárólagosan a halántékcsont pars petrosa-jából alakulnak ki. A pars tympanica és squamosa a dobüreg falainak kb. 10%-át építi fel a felső és lateralis fal szögletében.

Tóth M, Moser G, Patonay L, Oláh I. (2006) Development of the anterior chordal canal. Ann Anat, 188:7-11.

Tóth M, Alpár A, Patonay L, Oláh I. (2006) Development and surgical anatomy of the round window niche. Ann Anat, 188:93-101.

Tóth M, Medvegy T, Moser G, Patonay L. (2006) Development of the protympanum. Ann Anat, 188:267-273.

6. Summary

(Pre- and postnatal changes in the human tympanic cavity)

The middle ear is the typical place of ear surgical interventions that requires exact anatomical knowledge of the territory from the surgeon. The rapid development of technical utensils has not been followed by the demanded, detailed anatomical description of the tympanic cavity. The thesis summarizes the analyses of over thousand fetal or adult temporal bones and sheds light upon developmental reasons that lead to the considerable variability of tympanic structures.

The results of the thesis show that the carotid canal develops from two bony plates and that the failure of their fusion leads to dehiscences of the canal observed during the first two years of childhood. The walls of protympanum are formed by the petrous part of temporal bone; the cavity of protympanum is principally narrowed by the carotid canal. In the lateral wall of the protympanum the chorda tympani passes in a separate bony canal, however, related developmental cues have been unrevealed. The present investigations show that this canal, too, forms from two plates and that incomplete fusion of these plates leaves the nerve unprotected against mechanical challenge or may account for the so-called Costen-syndrom. The structure of round window is already established by birth, further changes are caused by pathological events. Nonpathological anatomical variants of the round window niche are classified in nine groups in the thesis. The roof of the tympanic cavity is formed by the tympanic tegmen; its congenital bony dehiscences appear supposedly in two different ways. The present anatomical investigations suggest that disturbance in the ossification process around the 25th week leads to this bone defect. The anatomy of human cochlea is known for several centuries; however, its exact relation to the medial wall of tympanic cavity has not been clarified. Now cochlea is reconstructed using serial cuts in anatomical and surgical directions also indicating the projection of tympanic structures.

According to the anatomical investigations included in the thesis it can be concluded that development of the inner ear exerts a powerful impact upon the formation of middle ear since its walls rather exclusively arise from the petrous part of temporal bone. Tympanic and squamous parts contribute to approximately 10% of the upper-lateral wall of the tympanic cavity.

Tóth M, Moser G, Patonay L, Oláh I. (2006) Development of the anterior chordal canal. Ann Anat, 188:7-11.

Tóth M, Alpár A, Patonay L, Oláh I. (2006) Development and surgical anatomy of the round window niche. Ann Anat, 188:93-101.

Tóth M, Medvegy T, Moser G, Patonay L. (2006) Development of the protympanum. Ann Anat, 188:267-273.

7. Irodalomjegyzék

Bevezetés

1. Anson BJ, Donaldson JA. The surgical anatomy of the temporal bone and ear. W.B.Saunders Company, Philadelphia-London, 1967

2. Bast TH, Anson BJ. The temporal bone and the ear. Charles C Thomas Publisher, Springfield, 1949

3. Bollobás B. A hallószerv mikrochirurgiai anatómiája. Medicina, Budapest, 1972

4. Gulya AJ, Schuknecht HF. Anatomy of the temporal bone with surgical implications. The Parthenon Publishing Group, New York-London, 1995

5. Proctor B. Surgical anatomy of the ear and temporal bone. Thieme, New York, 1989

6. Schwalbe G. Lehrbuch der Anatomie des Ohres. Verlag von Eduard Besold, Erlangen, 1887

7. Siebenmann F. Mittelohr und Labyrinth. In: von Bardeleben K, Handbuch der Anatomie des Menschen. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 1897

Protympanum

8. Anson BJ, Bast TH, Richany SF. (1955) The fetal and early postnatal development of the tympanic ring and related structures in man. Ann Otol Rhinol Laryngol, 64(3):802-823.

9. Anson BJ, Bast TH, Cauldwell EW. (1948) The development of the auditory ossicles, the otic capsule and the extracapsular tissues. Ann Otol Rhinol Laryngol, 57(3):603-632.

10. Botma M, Kell RA, Bhattacharya J, Crowther JA. (2000) Aberrant internal carotid artery in the middle-ear space. J Laryngol Otol, 114(10):784-787.

11. Djerič D, Savič D. (1985) Anatomical variations and relations of the bony portion of the eustachian tube. Acta Otolaryngol, 99(5-6):543-550.

12. Goodman RS, Cohen NL. (1981) Aberrant internal carotid artery in the middle ear. Ann Otol Rhinol Laryngol, 90(1 Pt 1):67-69.

13. Hasebe S, Sando I, Orita Y. (2003) Proximity of carotid canal wall to tympanic membrane: a human temporal bone study. Laryngoscope, 113(5):802-807.

14. Heimlich F, Dörfler A, Wallner F. (1999) Aberranter Verlauf der A. Carotis interna durch das Mittelohr. HNO, 47(11):986-989.

15. Ide C, Coene BD, Mailleux P, Baudrez V, Ossemann M, Trigaux JP. (2000) Hypoplasia of the internal carotid artery: a noninvasive diagnosis. Eur Radiol, 10(12):1865-1870.

16. Ishijima K, Sando I, Miura M, Balaban CD, Takasaki K, Sudo M. (2002) Postnatal development of static volume of the eustachian tube lumen. A computer-aided three-dimensional reconstruction and measurement study. Ann Otol Rhinol Laryngol, 111(9):832-835.

17. Jacobsson M, Davidsson A, Hugosson S, Tjekkström A, Svendsen P. (1989) Aberrant intratympanic internal carotid artery: a potentially hazardous anomaly. J Laryngol Otol, 103(12):1202-1205.

18. Lee JH, Oh CW, Lee SH, Han DH. (2003) Aplasia of the internal carotid artery. Acta Neurochir, 145(2):117-125.

19. Moreano EH, Paparella MM, Zelterma D, Goycoolea MV. (1994) Prevalence of carotid canal dehiscence in the human middle ear: a report of 1000 temporal bones. Laryngoscope, 104(5 Pt 1):612-618.

20. Oates JW, McAuliffe W, Coates HLC. (1997) Management of pseudo-aneurism of a lateral aberrant internal carotid artery. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 42(1):73-79.

21. Papazian M, Paparella M, Hames E, Frisk J. (1993) Aneurisms of the temporal bone. Ear Nose Throat J, 72(7):474-484.

22. Potter GD, Graham MD. (1974) The carotid canal. Radiol Clin North Am, 12(3):483-489.

23. Prades JM, Dumollard JM, Calloc'h F, Merzougui N, Veyret C, Martin C. (1998) Descriptive anatomy of the human auditory tube. Surg Radiol Anat, 20(5):335-340.

24. Proctor B. Surgical anatomy of the ear and temporal bone. Thieme, New York, 1989:20.

25. Robert Y, Gaillandre L, Chaillet N, Francke JP. (1992) Anatomie de la trompe auditive: aspect tomodensitométrique et IRM. Ann Radiol (Paris), 35(6):444-452.

26. Savič D, Djerič D. (1985) Anatomical variations and relations in the medial wall of the bony portion of the eustachian tube. Acta Otolaryngol, 99(5-6):551-556.

27. Schick B, Kahle G, Draf W. (1998) Vaskuläre Mittelohrstruktur. HNO, 46(5):534-535.

28. **Tóth M.** Handbook of the tympanic cavity. Remedium, Nagykovácsi, 2006:23-38.

29. **Tóth M**, Medvegy T, Moser G, Patonay L. (2006) Development of the protympanum. Ann Anat, 188:267-273.

30. Uchino A, Sawada A, Hirakawa N, Totoki T, Kudo S. (2002) Congenital absence of the internal carotid artery diagnosed during investigation of trigeminal neuralgia. Eur Radiol, 12(9):2339-2342.

31. Windfuhr JP. (2004) Aberrant internal carotid artery in the middle ear. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl, 192:1-16.

Promontorium és cochlea

32. Anson BJ, Bast TH, Cauldwell EW. (1948) The development of the auditory ossicles, the otic capsule and the extracapsular tissues. Ann Otol Rhin Laryng, 57:603-632.

33. Anson BJ, Bast TH. (1949) The development of the otic capsule in the region of surgical fenestration. Ann Otol Rhin Laryng, 58:739-750.

34. Banfai P, Hortmann G, Kubik S, Wustrow F. (1980) Projection of the spiral cochlear canal on the medial wall of the tympanic cavity with regard to the cochlear implant. Scand Audiol Suppl, 11:157-162.

35. Bollobás B. A hallószerv mikrochirurgiai anatómiája. Medicina, Budapest, 1972:119-127.

36. Colletti V, Fiorino FG, Carner M, Pacini L. (1998) Basal turn cochleostomy via the middle fossa route for cochlear implant insertion. Am J Otol, 19:778-784.

37. Dahm MC, Seldon LH, Pyman BC, Laszig R, Lehnhardt E, Clark GM. (1993) Three-dimensional reconstruction of the cochlea and temporal bone. Adv Otolaryngol, 48:17-22.

38. Heinzman C. Die descriptive und topographische Anatomie des Menschen. Wilhelm Braumüller, Wien, 1875:227-232.

39. House WF. (1976) Cochlear Implants. Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl, 27: 2-6.

40. Hyrtl J. (1870) Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Wilhelm Braumüller, Wien, 1870:576-578.

41. Kiratzidis T, Arnold W, Iliades T. (2002) Veria Operation Updated, I. The transcanal wall cochlear implantation. ORL, 64:406-412.

42. Kiratzidis T, Iliades T, Arnold W. (2002) Veria Operation, II. Surgical results from 101 cases. ORL, 64:413-412.

43. Kopsch Fr. Knochen, Bänder. In: Lehrbuch der Anatomie des Menschen, Thieme, Leibzig, 1906:212-215.

44. Rauber/Kopsch. Nervensystem, Sinnesorgane. In: Anatomie des menschen, Band III. Thieme, Stuttgart, 1987:622-627.

45. Kronenberg J, Mirigov L, Baumgartner WD. (2002) The suprameatal Approach in Cochlear Implant Surgery: Our experience with 80 patients. ORL, 64:403-405.

46. Mihalkovics G. A központi idegrendszer és az érzékszervek morfológiája. Franklin Társulat, Budapest, 1892:442-445.

47. Proctor B. Surgical Anatomy of the Ear and Temporal Bone. Thieme, New York, 1989:151-196.

48. Silver RD, Djalilian HR, Levine SC, Rimell FL. (2002) High-resolution magnetic resonance imaging of human cochlea. Laryngoscope, 112:1737-1741.

49. Testut L, Latarjet A. Traitè D'Anatomie Humaine Tome troisième. G. Doin & Cie Éditeurs, Paris, 1949:841-851.

50. **Tóth, M.** Handbook of the tympanic cavity. Remedium, Nagykovácsi, 2006:49-64.

51. **Tóth M**, Alpár A, Bodon G, Moser G, Patonay L. (2006) Surgical anatomy of the cochlea for cochlear implantation. Ann Anat, 188:363-370.

Elülső chorda csatorna

52. Bartsch C, Wagner A, Miehe B, Kowalewski R. (1991) Zum Austritt der Chorda tympani aus der Cavitas tympanica und ihrem Verlauf bis zu ihrem Eintritt in den N. Lingualis. Anat Anz, 173(4):243-246.

53. Benninghoff A. Nervensystem, Haut und Sinnesorgane. 3. Band In: Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen, 13./14. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1985:447.

54. Bock CE. Handbuch der Anatomie des Menschen, Bd 2. Volckmar, Leipzig, 1843:85-86.

55. Clara M. Das Nervensystem des Menschen. 3. Aufl. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1959:379.

56. Fasel J. (1986) Zum Austritt der Chorda tympani aus der Basis cranii externa. Acta anat, 126:205-207

57. Fasel J. (1989) Zum intraossären Verlauf der Chorda tympani. Anat Anz, 168:433-435.

58. Feneis H. Pocket Atlas of Human Anatomy. 2. ed. Thieme, Stuttgart-New York, 1985:14.

59. Gray's Anatomy. thirty-eight edition Churchill Livingstone, 1995:590, 1246, 1373.

60. Gulya AJ, Schuknecht HF. Anatomy of the Temporal Bone with Surgical Implications. Parthenon Publ Group, New York-London, 1995:175.

61. Heitzmann C. Die descriptive und topographische Anatomie des Menschen. 2. Aufl. Bd 1. Braumüller, Wien, 1875:127.

62. Krause W. Handbuch der Anatomie des Menschen. Hirzel, Leipzig, 1905:559.

63. Pernkopf E. Topographische Anatomie des Menschen, 4. Band, erste Hälfte. Urban & Schwarzenberg, München-Berlin-Wien, 1957: Abb. 68a.

64. Reinke-Tellyesniczky K. Az emberboncolástan tanulókönyve. Universitas Könyvkiadó Társaság, Budapest, 1919:541.

65. Spalteholz W. Handatlas der Anatomie des Menschen Bd. 3 Hirzel, Leipzig, 1903:700.

66. Testut L, Latarjet A. Traité D'anatomie humaine. troisième. Doin, Paris, 1949:841-851.

67. Toldt C. A tetembontás atlasza. Universitas Könyvkiadó Társaság, Budapest, 1912:864, 867

68. **Tóth, M.** Handbook of the tympanic cavity. Remedium, Nagykovácsi, 2006:85-92.

69. **Tóth M**, Moser G, Patonay L, Oláh I. (2006) Development of the anterior chordal canal. Ann Anat.,188:7-11.

Fossula fenestrae rotundae

70. Bast TH, Anson BJ. (1952) The development of the cochlear fenestra, fossula and secondary tympanic membrane. Northwestern Univ Med School Quart Bull, 25/26:344-373.

71. Bollobás B. A hallószerv mikrochirurgiai anatómiája. Medicina, Budapest, 1972:275-316.

72. Bonaldi LV, De Angelis MA, Smith RL. (1997) Developmental study of the round window region. Acta Anat, 159:25-29.

73. Clifford AR, Fagan PA, Doust BD. (1990) Isolated congenital round window absence. J Laryngol Otol, 104(12):980-981.

74. Franz BKH, Clark GM, Bloom DM. (1987) Surgical anatomy of the round window with special reference to cochlear implantation. J Laryngol Otol, 101(2):97-102.

75. Hamamoto M, Murakami G, Kataura A. (2000) Topographical relationships among the facial nerve, chorda tympani nerve and round window with special reference to the approach rout for cochlear implant surgery. Clinical Anatomy, 13:251-256.

76. Linder TE, Furong MA, Huber A. (2003) Round window atresia and its effect on sound transmission. Otol Neurotol, 24(2):259-263.

77. Lyons GD, Dodson ML, Casey DA, Malencon BB. (1978) Round window rupture secondary to acoustic trauma. South Med J, 71(1):71-73.

78. Okuno H, Sando I. (1988) Anomaly of the round window: a histopathological study using a graphic recontruction method. Auris Nasus Larynx, 15(3):147-54.

79. Pappas DG Jr, Pappas DG Sr, Hedlin G. (1998) Round window atresia in association with congenital stapes fixation. Laryngoscope, 108(8 Pt 1):1115-1118.

80. Pashley NRT. (1982) Simultaneous round and oval window fistulae in a child. Ann Otol Rhinol Laryngol, 91(3 Pt 1):332-335.

81. Proctor B, Bollobas B, Niparko JK. (1986) Anatomy of the round window niche. Ann Otol Rhinol Laryngol, 95(5 Pt 1):444-446.

82. Richards SH. (1981) Congenital absence of the round window treated by cochlear fenestration. Clin Otolaryngol, 6(4):265-269.

83. Sato H, Takahasi H, Sando I. (1993) Bony dehiscence between singular canal and round window niche. Laryngoscope, 103(1 Pt 1):78-81.

84. Silverstein H, Rowan PT, Olds MJ, Rosenberg SI. (1997) Inner ear perfusion and role of round window patency. Am J Otol, 18(5):586-589.

85. Stewart TJ, Belal A. (1981) Surgical anatomy and pathology of the round window. Clin Otolaryngol, 6(1):45-62.

86. Stidham KR, Roberson JB Jr. (1999) Cochlear hook anatomy: evaluation of the spatial relationship of the basal cochlear duct to middle ear landmarks. Acta Otolaryngol, 119:773-777.

87. Su WY, Marion MS, Hinojosa R, Matz GJ. (1982) Anatomical measurements of the cochlear aqueduct, round window membrane, round window niche, and facial recess. Laryngoscope, 92(5):483-6.

88. **Tóth M.** (2006) Handbook of the tympanic cavity. Remedium, Nagykovácsi, 2006:125-134.

89. **Tóth M**, Alpár A, Patonay L, Oláh I. (2006) Development and surgical anatomy of the round window niche. Ann Anat, 188:93-101.

90. Wysocki J. (1988) Variability of the round window niche entry in children and adults. Otolaryngol Pol, 52(4):463-466.

Tegmen tympani

91. Arensburg B, Nathan H, Ziv M. (1977) Malleus fixed (ossified) to the tegmen tympani in an ancient skeleton in Israel. Ann Otol Rhinol Laryngol, 86:75-79.

92. Chee NWC, Tan TY. (2001) The Value of Pre-operative High Resolution CT Scans in Cholesteatoma Surgery. Singapore Med J, 42:155-159.

93. Crestan C, Czerny C, Gstöttner W, Franz P. (2003) CT und MRT des erworbenen Cholesteatoms: Prä- und postoperative Bildgebung. Radiologie, 43:207-212.

94. De Carpentier J, Axon PR, Hargreaves SP, Gillespie JE, Ramsden RT. (1999) Imaging of temporal bone brain hernias: atypical appearances on magnetic resonance imaging. Clin. Otolaryngol, 24:328-334.

95. Dowd GC, Molony TB, Voorhies RM. (1998) Spontaneous otogenic pneumocephalus. J Neurosurg, 89:1036-1039.

96. Horn KL, Brackmann DE, Luxford WM, Shea III JJ. (1986) The supratubal recess in cholesteatoma surgery. Ann Otol Rhinol Laryngol, 95:12-15.

97. Jones S N. (1991) Cerebrospinal fluid otorrhea at myringotomy. A meningocele through a defect in the tegmen. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 21:79-83.

98. Kale SU, Pfleiderer AG, Cradwick JC. (2000) Bilateral defect of the tegmen tympani associated with brain dural prolapse in a patient with pulsatile tinnitus. J Laryngol Otol, 114:861-863.

99. Kaseff LG, Seiednwurm DJ, Nieberding PH, Nissen AJ, Remley KR, Dillon W. (1992) Magnetic resonance imaging of brain herniation into the middle ear. Am J Otol, 13:74-77.

100. Knerer B, Matula C, Youssefzadeh S, Ulrich W, Swoboda H. (1998) Treatment of a local recurrence of a carcinoi tumor of the middle ear by extended subtotal petrosectomy. Eur Arch Otorhinolaryngol, 255:57-61.

101. Kuhweide R, Ampe W, Depondt M, D'Hont G. (1987) Spontaneous cerebrospinal fluid otorrhea. Acta Otorhinolaryngol Belg, 41:453-462.

102. Lang DV. (1983) Macroscopic bony deficiency of the tegmen tympani in adult temporal bones. J Laryngol Otol, 97:685-688.

103. Mafee MF, Kumar A, Tahmoressi CN, Levin BC, James CF, Kriz R, Capek V. (1988) Direct sagittal CT in the evaluation of temporal bone disease. AJR Am J Roentgenol, 150:1403-1410.

104. Palva T, Northrop C, Ramsay H. (1999) Supratubal recess in neonates and infants. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 50:99-107.

105. Pitts LH, Wilson CB, Dedo HH, Weyand R. (1975) Pneumocephalus following ventriculoperitoneal shunt. J. Neurosurg, 43:631-633.

106. Pozzati E, Giuliani G, Ferracini R, Gaist G. (1988) Facial Nerve Palsy Secondary to a Dural Cavernous Angioma of the Middle Cranial Fossa Eroding the Tegmen Tympani. Neurosurgery, 23:245-247.

107. Rao AK, Merenda DM, Wetmore SJ. (2005) Diagnosis and management of spontaneous cerebrospinal fluid otorrhea. Otol Neurotol, 26:1171-1175.

108. Savva A, Taylor MJ, Beatty CW. (2003) Management of cerebrospinal fluid leaks involving the temporal bone: report on 92 patients. Laryngoscope, 113:50-56.

109. Schepper D Jr, Appel B, Crols R. (1998) Temporal lobe abscess as a complication of cholesteatoma: sequential radiological findings. JBR-BTR, 81:87-89.

110. Schuknecht HF. (1994) Spontane Liquorfisteln im Tegmen tympani. HNO, 42:288-293.

111. Telischi FF, Luntz M, Whiteman ML. (1999) Supracochlear Approach to the Petrous Apex: Case Report and Anatomic Study. Am J Otol, 20:500-504.

112. Tom LWC, Bilaniuk L, Roa RA, Potsic WP. (1992) Recurrent meningitis and a congenital perilymph fistula. Ear Nose Throat J, 71:287-290.

113. **Tóth M.** Handbook of the tympanic cavity. Remedium, Nagykovácsi, 2006:233-242.

114. Uri N, Shupak A, Greenberg E, Kelner J. (1991) Congenital middle ear encephalocele initially seen with facial paresis. Head Neck, 13:62-67.

8. Saját publikációk jegyzéke

Közlemények:

1. **Tóth Miklós**, Nagy Krisztián, Patonay Lajos, A dobüreg endoszkópos anatómiája. Orvosi Hetilap. 1998, 28:1693-1696

2. Nándor Nagy, Attila Magyar, **Miklós Tóth**, Imre Oláh, Origin of the bursal secretory dendritic cell. Anat Embryol, 2004, 208:97-107, **IF: 1,254**

3. Nándor Nagy, Attila Magyar, **Miklós Tóth**, Imre Oláh, Quail as the Chimeric Counterpart of the Chicken: Morphology and Ontogeny of the Bursa of Fabricius. Journal of Morphology, 2004, 259:328-339, **IF: 1,528**

4. **Miklós Tóth**, Gerhard Moser, Lajos Patonay, Imre Oláh, Development of the anterior chordal canal. Annals of Anatomy, 2006, 188(1):7-11, **IF: 0,427**

5. **Miklós Tóth**, Alán Alpár, Lajos Patonay, Imre Oláh, Development and surgical anatomy of the round window niche. Annals of Anatomy, 2006, 188(2):93-101, **IF: 0,427**

6. **Miklós Tóth**, Teréz Medvegy, Gerhard Moser, Lajos Patonay, Development of the protympanum. Annals of Anatomy, 2006, 188(3):267-273, **IF: 0,427**

7. **Miklós Tóth**, Alán Alpár, Gergely Bodon, Gerhard Moser, Lajos Patonay, Surgical anatomy of the cochlea for cochlear implantation. Annals of Anatomy, 2006, 188(4):363-370, **IF: 0,427**

Nemzetközi folyóiratban megjelent idézhető absztraktok:

1. Péter Sótonyi, **Miklós Tóth**, Örs Petneházi, Comparative anatomy of the canine and equine middle and inner ear. ACTA Veterinaria Brno, 72, 2003, supplementum 7, S51, **IF: 0,37**

2. Gábor Baksa, **Miklós Tóth**, Lajos Patonay, A new description of the intracisternal course of the abducent nerve. Surgical and Radiologic Anatomy, 2005, Volume 27, Special issue, I-PI/6, **IF: 0,252**

3. **Miklós Tóth**, Gábor Baksa, Lajos Patonay, Development of the anterior chordal canal. Surgical and Radiologic Anatomy, 2005, Volume 27, Special issue, VI-PI/1, **IF: 0,252**

Könyv, könyvfejezet:

1. András Csillag, Mihály Kálmán, Andrea Székely, **Miklós Tóth**, Atlas of the Sensory Organs (Funcional and Clinical Anatomy). Humana Press, 2005, pp 1-83, 221

2. **Miklós Tóth,** Handbook of the tympanic cavity. Remedium, 2006

9. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet Édesanyámnak és Dr. Patonay Lajosnak, akik éveken át önzetlenül támogattak munkámban és hozzásegítettek ahhoz, hogy ezt az összegző anatómiai munkát elkészíthettem. Időt és fáradtságot nem kímélve voltak segítségemre Medvegy Teréz, Cservenák Imre és Kiss János. Nagyon köszönöm a türelmet, az építő jellegű kritikát és a sokéves segítséget Professzor Oláh Imrének, Professzor Vígh Bélának és Professzor Szél Ágostonnak. Végezetül szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet barátaimnak, labortársaimnak, akikkel sokszor éjszakába nyúlóan próbáltuk megvalósítani terveinket, álmainkat. Erősítettük egymásban a szakma iránti elhivatottságot és alázatot. Köszönöm nekik, hogy velük dolgozhattam: Alpár Alán, Baksa Gábor, Benis Szabolcs, Bodon Gergely, Cs. Frank László, Nagy Krisztián, Nagy Nándor és Reisch Róbert.