

Elefántok leszármazásának újabb elmélete

Az elefántok valószínűleg napjaink egyik legismertebb szárazföldi emlősei. Hatalmas testméretük, szokatlan anatómiájuk, hosszú élettartamuk miatt mindig is az emberi érdeklődés középpontjában álltak. Napjainkban főleg erős családi kötelékeik illetve intelligenciájuk miatt foglalkozik velük a tudomány. Újabb kutatások azt találták, hogy a világ legnagyobb szárazföldi emlősének embrionális szervi fejlődése, illetve a kifejlett állatok egyes szerveinek alakulása vízi ősökre enged következtetni. Továbbá egyes immunológiai illetve molekuláris vizsgálatok eredményei szoros kapcsolatot mutatnak a ma élő elefántok és szirének között.

Evolúciós irányvonal

Az elefántok fejlődése 60 millió évvel ezelőtt kezdődött, amikor a *Condylartha* rend öt csoportra ágazott szét. Ez a nagytestű, primitív növényevők alkotta igen diverz rend magába foglalja a korai paleocénből előkerült emlős fossziliák 70%-át.

Az öt csoport melyre a *Condylartha* rend szétágazott a következő volt:

- *Cetek* (bálnák és delfinek)
- *Meridungulata* (kihaltak †)
- *Phenacodonta* (páratlanujjú patások: lófélék, tapírfélék, orrszarvúfélék ősei)
- *Eparctocyon* (párosujjú patások ősei)
- *Paenungulata* (elefántok ősei)

A *Paenungulata* szuperrendbe tartozó három renden - szirtiborzok, ormányosok, szirének – végzett DNS vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a szirtiborzok hamarabb kiváltak a *Paenungulata* közül, míg az ormányosok és a szirének továbbra is közös csoportba tartoztak, az úgynevezett *Tethytheriak* közé. Ugyancsak ide tartozott a *Desmostylia* csoport, mely mára teljesen kihalt. Újabb immunológiai és molekuláris kutatások eredményei igen közeli rokonságot mutatnak napjaink elefántja és a vízi életmódú szirének (dugongok, manátik) között. A *Tethytheria* csoportba tartozó ősök egy része vízi körülmények között élő állattá fejlődött, melyek közül egyesek aztán újra visszatértek a szárazföldre. Az elefántok számos tulajdonsága megegyezik vízi rokonaival, mint például a

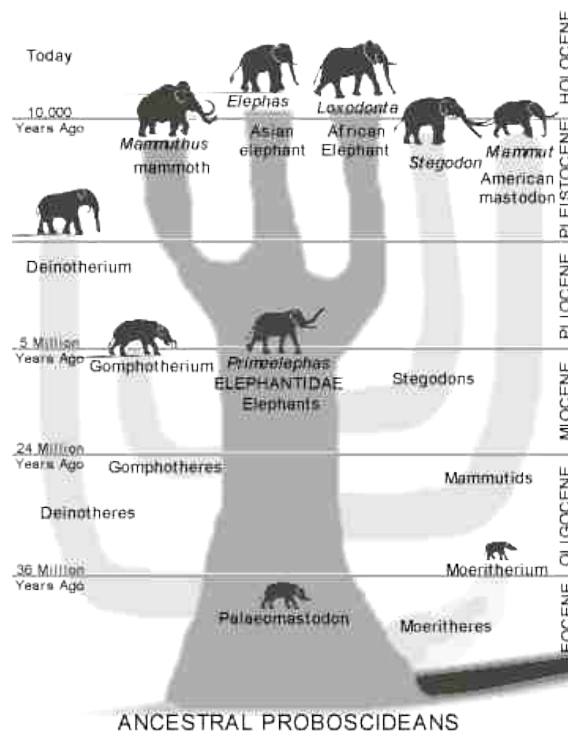
- herék testen belüli, vesék melletti elhelyezkedése,
- a női ivarszervek testbe ágyazottsága és vestibula általi védettsége,
- szőr nélküli testfelszín vastag szubkután zsírréteggel,
- a sűrűn redőzött bőr - a dehidratáció minimalizálása végett, mikor az állat nem tartózkodik vízben,
- illetve a nephrostomák jelenléte (vízi gerincesek jellemzője) az embrionális fejlődés során a mesonephrosban.

Az ormányosok rendje tehát a *Tethytheria* csoportból fejlődött tovább az eocén földtörténeti időszakban, Afrikában, körülbelül 55 millió éve. Az első ormányos pontosan nem ismert, még ma is kutatások folynak felfedezésére. Egy lehetséges elgondolás, hogy a felső vagy felső-közép eocénből előkerült *Anthracobune* az, melyből aztán továbbfejlődhetett többek között a *Moeritherium*, *Numidotherium* és a *Barytherium*. Az *Anthracobune* fossziliái Afrika és Ázsia parthoz közeli, félgáz, sekély vízállású környezetéből kerültek elő.

Taxonómiaiilag az ormányosok rendjébe az alábbi főbb családok tartoznak:

Proboscidea - ormányosok (rend)

- *Numidotheriidae* (család)
- *Moeritheriidae* (család)
- *Barytheriidae* (család)
- *Deinotheriidae* (család)
- *Paleomastodontidae* (család)
- *Mammutidae* (család)
- *Gomphotheriidae* (család)
- *Stegodontidae* (család)
- *Elephantidae* (család) – elefántok, mamutok



Ormányosok evolúciója, [www](#)

A *moeritheriumok* körülbelül hetven – száz centiméter magas, félig vízi, patakokban és tavakban előforduló, vízinövény fogyasztó állatok voltak. Kisebb agyarral rendelkeztek és evolúciósan zsákutcának bizonyultak. Csakúgy, mint a *barytheriumok*, melyeknek két pár agyara volt, lophodont fogazatot volt rájuk jellemző (mint ahogy napjaink elefántjaira is), illetve egyéb hasonlóságaik is voltak a ma élő elefántokkal.

A *deinotheriumok* kétségtelenül az ormányosok közé tartoztak. Lophodont fogazattal és hatalmas lefelé görbülő agyarral rendelkeztek. A koponyájukat tekintve valószínűsíthető hogy volt ormányuk, melynek a hossza rövidebb volt a ma élő elefántokénál. Igen sikeres csoportot alkottak, 24 millió éve alakultak ki és egészen 2 millió évvel ezelőttig éltek, s szélesan elterjedtek voltak Európa, Ázsia és Afrika szerte.

A *paleomastodonok* körülbelül 40 millió éve Afrikában éltek, és számos hasonlósággal rendelkeztek fogazatukat tekintve a ma élő modern elefánttal.

Ugyanebben az időszakban az ősi ormányosoknak sok egyéb csoportja is továbbfejlődött, melyeknek fogazata igen hasonló volt, továbbá agyarral is rendelkeztek. Ezt a sokféle diverz formát az úgynevezett *gomphoteridák* közé sorolják. Ezen állatok igen különböző irányokba fejlődtek tovább: egyesek agyara hosszú, másoké egészen rövid lett. Az általuk birtokba vett élőhelyek is nagymértékben különböztek egymástól, egyes formáik például a mocsaras területekhez alkalmazkodtak. A legismertebb *gomphoteridák* közé tartozik a rövid agyaráú masztodon (*Mamut americanum*), illetve a széles, lapos, ásószerű agyarral rendelkező *Platybelodon*.

Egy szintén zsákutcának számító ormányos család a *Stegodontidae*, melynek tagjai magasan specializált emlősök voltak.

Az *Elephantidae* családba tartoznak az egyetlen ma élő ormányosok. Vizsgálatok alapján ma ennek a családnak 26 faja ismeretes, azonban csupán az afrikai és indiai elefántnak sikerült túlélnie napjainkig. Mondhatjuk hogy ez a két faj az eredménye közel 60 millió évnyi evolúciónak. Mind az afrikai, mind az indiai elefánt Afrikában alakult ki, azonban az indiai elefántok ősei átvándoroltak Euráziába, ahol aztán a ma élő indiai elefánttá fejlődtek, az afrikai elefántok pedig az Afrikában maradt elefántok leszármazottjai. Napjaink egyik izgalmas kutatásai közé tartoznak azok a vizsgálatok, melyek arra irányulnak, hogy az Afrikában élő elefántok vajon egy, vagy két fajba tartoznak-e.

Végigkövetve az ormányosok evolúcióját az eocéntől kezdve egészen napjainkig, a következő főbb evolúciós változásokat láthatjuk:

- általános testméret növekedés (végtagok csontjainak hosszirányú növekedése),
- koponyaméret növekedés,
- agyar méret növekedés,
- ormány fejlődés,
- ormány hossznövekedés,
- fogak számának redukciója.

Vízi eredetű elefántok?

Rengeteg kutatásból származó információ mutatja, hogy az elefántok és a tengeri tehének közös őstől származnak. A korai *Tethytheria* csoport (mely korábban már bemutatásra került) úgy tűnik, hogy félig vízi csoport volt. Végigtekintve az ormányosok evolúcióját, láthatjuk hogy egyes leletek vízpartról, vízhez közeli vagy éppen mocsaras területekről kerültek elő. A *Desmostylia* fossziliái csak tengeri üledégrétegekből kerültek elő, feltételezések szerint tengeri algákkal és zárvatermőkkel táplálkozott. Az *Anthracobune* maradványai, mely feltehetőleg a legkorábbi ismert ormányos a felső vagy felső-közép eocénből, partközeli sekély vízállású területekről került elő. A *Moeritherium* csontváza pedig olyan jellegzetességgel rendelkezett mely erősen utal félig vízi életmódjára.

A növényevő ormányosok és szirének fogazata között hasonlóságot lehet felfedezni, továbbá sajátos jellegzetességgel rendelkeznek a fogzománcuk struktúráját tekintve. A szirének középfülében található perilymphatikus nyílás a magzati korban lévő elefántokban is előfordul. Újabb molekuláris kutatások, mitokondriális 12 S riboszóma RNS és mitokondriális citokróm b gén szekvencia alapján, szintén megerősítették az elefántok és szirének közti rokonságot. A legújabb molekuláris kutatásokat tekintve igen nagy a valószínűsége tehát annak, hogy az ormányosok és szirének közös vízi őstől származnak.

Az elefántok embrionális fejlődését eddig még nem sikerült tanulmányozni. Egy közelmúltban készült vizsgálat alapját éppen ebben a fejlődési stádiumban lévő embriók és magzatok alkották. A tanulmány további nem várt bizonyítékokat hozott a közös vízi származás mellett. A sajátos nephrostoma fejlődés a mesonephrosban, az intra abdominálisan elhelyezkedő herék, és a korán kifejlődő ormány mind-mind egy a vízi életmódhoz való alkalmazkodás bizonyítékai lehetnek.

A vizsgálatban 7 db *Afrikai elefánt (Loxodonta africana)* magzat szerepelt, melyek súlya 0.04-18.5 g-ig terjedt, becsült magzati koruk 58-166 nap volt (az elefántok rendelkeznek a leghosszabb vemhességi idővel, körülbelül 660 nap, az összes ma élő emlős közül).

Eredmények

A szövettani vizsgálatok során a legfeltűnőbb sajátosság a magzatok mesonephrosában előforduló **nephrostomák** voltak, melyek más emlős magzatában nem találhatóak meg. A nephrostoma egy csillós tölcser, mely a mesonephros felszínére nyílik, és a coeloma üregből választja ki a vese glomerulusokból kiszűrődő anyagokat, ezáltal lehetővé teszi a coeloma folyadék és a vér ozmotikus kicserélődését. Az 58 napos embrió mesonephrosa a fejlődésének korai fázisában volt. Benne S-alakú vesetubulusok kapcsolják a glomerulusokat a Wolff-vezetékhez és alakja megnyúlt volt. A nephrostomák korai fejlődése invaginációkként jelenik meg a mesonephros felszínén, melyek aztán a glomerulusokhoz vezetnek tovább. A fiatalabb magzatokban (97-177 napos) minden egyes glomerulushoz tartozott egy teljesen kifejlődött nephrostoma. Az idősebb magzatokban (139-166 napos) a pronephros degenerálódott, a mesonephros pedig elkezdett visszafejlődni, amint a metanephros fejlődésnek indult. A legnagyobb mennyiségű nephrostoma a 115 napos magzatban volt, mikor még a metanephros csupán csekély mértékben fejlett, s alig pár tubulus fedezhető fel benne, továbbá egyetlen glomerulus sincsen jelen. A 166 napos magzatban a mesonephros teljesen visszafejlődött. Ekkor volt jelen a legkevesebb nephrostoma, miközben a metanephrosban rengeteg tubulus és glomerulus volt már felfedezhető, és az külsőleg is elérte a kifejlett, lebenyezett felnőtt elefánt vese kinézetet.

A nephrostomák meghatározó jellegűek az édesvízi gerincesek mesonephrosában (például a tokhal vagy a béka esetében). Amikor a gerincesek kiléptek a szárazföldre, megőrizték embrióik számára a „vízi környezetet” azáltal, hogy egy folyadékkal telt burokból zárták azokat, és így a funkcionális nephrostomák még mindig jelen vannak az embrió mesonephros fejlődésének korai szakaszában a tojásrakó hüllők illetve az összes madár esetében. A kacsacsőrű emlős, egy tojásrakó Monotremata esetében kiterjedt fejlettségű nephrostomák figyelhetőek meg a mesonephrosban (a 8 mm-es példányokban), de mire kikelnek a tojásból a magzatok, csupán nephrostoma maradványok maradnak meg. A hangyászsun, mely szintén egy tojásrakó Monotremata, mesonephrosában a kacsacsőrű emlőshöz képest még kisebb arányban fordulnak elő a nephrostomák. Olyan kezdetleges nephrostomák, melyek sosem kerülnek kapcsolatba glomerulussal, csupán néhány emlős pronephrosában fordulnak elő, mint a bárány, a házimacska vagy a közönséges rókakuzu. Ám nephrostomák a jelenleg ismert elevenszülő emlősök mesonephrosában sosem fordulnak elő, és nem is fejlődnek ki a metanephrosban.

A jól fejlett nephrostomák hosszú élettartama az elefánt magzatok mesonephrosában legkevesebb 2 hónapig tart. Ennek oka lehet a nagyon lassú embrionális és főtális növekedés. Tehát azok a struktúrák, melyek más emlősök magzatában csak rövid ideig találhatóak meg,

az elefántok esetében sokkal tovább megmaradnak. Sajnos nincsen más ilyen hosszú vemhességi idővel rendelkező emlős mint az elefánt, mellyel össze lehetne vetni az eredményeket, de a keskenyszájú orrszarvú esetében, ahol 16 hónap a vemhességi idő, nem fordul elő nephrostoma a magzati mesonephrosban. Ugyancsak hiányzik a hosszúszárnányú bálna magzatának mesonephrosából is, ahol a vemhességi idő 11 hónap. Egy alternatív magyarázat az elefánt mesonephrosában előforduló nephrostómákra az, hogy ez egy pleziomorf tulajdonság, mely a vízi ősével hozható kapcsolatba.

Az elefántok másik ritka sajátossága az intra abdominalisan elhelyezkedésű **herék**, melyek már egészen Arisztotelész óta ismeretesek. A négy hím Afrikai elefánt magzat urogenitális szerveinek korai differenciálódása teljesen megegyezik a normális emlős húgyivarszerv fejlődésével, kivéve, hogy a herék intra abdominalisak maradnak a vese ventromediális területén és nem szállnak le a herezacskóba.

Az organogenezis során a herék kezdetben a mesonephros mediális oldalán lévő nemi lécből fejlődnek, azonban amint a metanephros craniális elhelyezkedésű lesz, a herék felveszik az utóvesével szomszédos végleges elhelyezkedésüket. A herezacskóval rendelkező állatokban a herék és az ősvese csatornácskái leszállnak, és a gubernaculum által vezetődnek a lágyékcsatornán keresztül a herezacskóba. A különböző fejlettségű hím elefánt magzatok egyikében sem találtak gubernaculumra, processus vaginalisra, lágyékcsatornára vagy herezacskóra utaló jeleket. A herezacskóval rendelkező állatokban herékhez térő kanyarulatlan haladó vénák találhatóak, melyek a hasonló lefutású artériákat indaszerűen körülfogják, és így képezik az ún. plexus pampiniformist (repkényfonatot), melynek a feladata a herékhez haladó meleg artériás vér lehűtése a már kihűlt vénás vér által. A repkényfonat a hím elefántokból teljesen hiányzik. A vizsgálatok során kiderült, hogy az elefánt magzatokban a herékbe térő artériák egyenesen a herékbe futottak be, és a herékből elvezetődő vénák pedig egyenesen a vena cava posteriorba futottak bele, tehát plexus pampiniformisra utaló jelek egyáltalán nem voltak felfedezhetőek. Amennyiben az elefántok másodlagosan rejtett heréjű állatok lennének, abban az esetben a heréiknek egykor herezacskóban kellett elhelyezkednie, és valószínűleg megőrződött volna a repkényfonat, ahogy az a fókák és cetek esetében látható is. Mindezek alapján igen valószínű, hogy az elefántok a dugongokhoz hasonlóan elsődlegesen rejtett heréjű állatok. Semmi nem bizonyítja, hogy valamikor történt volna hereleszállás esetükben.

Amikor a fókák és cetek szárazföldi ősei visszatértek a vízbe 60 millió évvel ezelőtt, feltételezhetően rendelkeztek külső herével, melyek aztán visszafejlődtek a lágyékcsatornába vagy az abdominalis területekre azon célból, hogy megvédjék a heréiket a túlzott lehűléstől (mivel csupán egy rövid ideig tartó extrém here lehűlés is teljesen sterillé teszi a hím állatokat). Így aztán a fókákat és ceteket a másodlagosan rejtett heréjű állatok közé sorolják.

Az **ormány** még a legfiatalabb magzatokban is jól látható, és időben egybeesik a nephrostomák mesonephrosbeli első megjelenésével. Az ormány eleinte a vízi környezethez való alkalmazkodás miatt alakulhatott ki. Például használhatta az állat „búvárpipaként”, ahogy azt az elefántok a mai napig is teszik mikor mély vízben úsznak.

Az elefántok esetében a pleura parietalis és visceralis lemeze születés előtt összeolvad, tehát az újszülött elefántok nem rendelkeznek **pleurális üreggel**, azonban az minden magzatban jelen volt. Ez az alkalmazkodás csupán egy szárazföldi emlős esetében lehet szükséges a magasan negatív intrathoracalis nyomás elleni védekezés miatt, mely az ivást megelőzően az ormányba beszívott víz következménye.

Hiába mutatnak napjaink embrionális vizsgálatai irányvonalakat az evolúcióban, mindezek ellenére az egy nagyon vitatott téma. A paleontológiai leletek alapján nem állapítható meg egyértelműen, azonban jelen embriológiai vizsgálatból származó információk azt sugallják, hogy az elefántok mesonephrosa, heréje, ormánya és tüdeje mind-mind eredetileg vízi környezetben fejlődhettek ki és ezek közül a szokatlan anatómiai alkalmazkodások közül néhány még a napjainkban élő elefántokban is jelen van.

Készítette:

Pivarecsi Judit
SZIE-ÁOTK
III. évf. zoológus

Budapest, 2007.12.30.

Források:

A. P. Gaeth, R. V. Short, and M. B. Renfree: The developing renal, reproductive, and respiratory systems of the African elephant suggest an aquatic ancestry
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=21898>

Lavergne A, Douzery E, Stichler T, Catzeflis FM, Springer MS: Interordinal mammalian relationships: evidence for paenungulate monophyly is provided by complete mitochondrial 12S rRNA sequences
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8899726>

Murray E. Fowler, Susan K. Mikota: Biology, Medicine, and Surgery of Elephants

<http://www.elephant.se/>

<http://www.allelephants.com/allinfo/evol.php>

<http://www.bioweb.uncc.edu/biol4235-5235/UNGULATE.htm>

http://home.intekom.com/ecotravel/Guides/Wildlife/Vertebrates/Mammals/Big_5/Elephant/Elphant_Evolution.htm