

Szabó Lajos

**A Hominin technológiai viselkedés filogenetikus eredete:
Evolúció négy adaptív területen**

Doktori (PhD) Értekezés Tézisei

Témavezető:

Dr. Prof. Bereczkei Tamás, DSc

PTE BTK

Pszichológia Doktori Iskola

Evolúciós- és Kognitív Pszichológia Doktori Program

2023

Szabó Lajos

**A Hominin technológiai viselkedés filogenetikus eredete:
Evolúció négy adaptív területen**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

TARTALOM

1. Bevezetés: a humán technológiai evolúció kőeszköz-központú megközelítése 3
2. A Disszertáció célkitűzései: három megoldandó kérdéskör 4
3. Egy új megközelítés: a csimpánzok eszközhasználata, mint a korai Hominin technológiai viselkedés kitüntetett evolúciós analógiája 6
4. A Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának kérdésköre („a hiányzó 3 millió év”) 9
5. Az organikus technológiák evolúciós szerepének kérdésköre 10
6. A korai technológiák többféle adaptív funkciójának kérdésköre 12
7. A technológiai viselkedés három adaptív területe és a pattintott kőeszközök evolúciója 15
8. Egy új általános modell: a korai Hominin technológiai viselkedés négy adaptív területe 18
Hivatkozások 20

1. Bevezetés: a humán technológiai evolúció kőeszköz-központú megközelítése

Az Értekezés célja, hogy a legkorábbi Hominin technológiák evolúciós történetére vonatkozóan egy új, átfogó és egységes fogalmi és elméleti keretet (általános modellt) mutasson be. Egy ilyen keretnek egyúttal arra is alkalmasnak kell lennie, hogy a főemlős eszközhasználatától kezdve, a korai *Hominin*¹ fajok technológiai viselkedésén át, a közelmúltban élő vadászó-gyűjtögető kultúrák által használt technológiákig bezárólag követi nyomon a technológiai változás folyamatát. Egy ilyen célkitűzéssel kapcsolatban a kiinduló kérdést az jelenti, hogy miért válhat egyáltalán szükségessé a technológiai evolúció új megközelítéseinek és elméleti modelljeinek a kidolgozása.

A kérdésre a választ az jelenti, hogy a korai Hominin- majd humán technológiáknak a hozzávetőleg 6 millió éves evolúciójára vonatkozó bizonyítékoknak a hiányos és erősen egyoldalú jellegéből adódóan, a témakör jelenlegi megközelítése is túlzóan egyirányúvá vált. Ahogy ugyanis azt a Disszertáció 3. fejezete bemutatta, a paleoantropológiában és a paleolitikus régészetben a technológiai evolúció hagyományos, standard leírásának (narratívájának) a középpontjában kizárólagosan egyetlen technológiai kategória, a pattintott kőeszközök kategóriája állt. A technológiák evolúciójának jelenleg is elfogadott, „tankönyvi” modellje, amely eredetileg Graham Clark (1969) brit régész nevéhez köthető, a pattintott kőeszközök evolúciójának öt nagy technológiai tradícióját („módozatát”) különböztette meg - melyek egyúttal az őskor nagy kronológiai időszakainak is megfeleltethetőek (1. ábra). Ezt a modellt később már csak részlegesen módosították az Oldowan eszközöknek a jóval korábbi, 2,6 millió éves megjelenését igazoló leletek, illetve egy további, az öt fázist időrendileg megelőző (3,3 millió éves) kezdetleges kőeszköz-tradíció azonosítása, mely az eddigi egyetlen lelőhelye után a Lomekwian technológia elnevezést kapta (Harmand és mtsai, 2015).

¹ A *Hominini* a főemlősök rendjén belül, a *Hominidae* (hominidák, vagyis a nagy emberszabásúak) öregcsaládjának az a nemzetség ága (tribus), amelyhez az ember is sorolható. A Homininek rendszertani csoportjába a jelenkorban egyetlen nemzetség (*Homo* génusz) egyetlen faja (*Homo sapiens*) tartozik. A már kihalt fajok közül ebbe a csoportba sorolhatóak egyrészt a *Homo* genus korábban élt fajai, másrészt néhány más már teljesen kihalt génusz is, elsősorban az *Australopithecus* génusz és *Paranthropus* génusz.

1. Oldowan (kavicseszközök: szilánkok és magkövek)	<i>Alsó paleolitikum (2,6 millió évtől)</i>
2. Acheulian (nagy méretű bifaciális eszközök)	<i>Alsó paleolitikum (1,75 millió - 0,2 millió év között)</i>
3. Levallois (előzetes formázás után leválasztott szilánkeszközök)	<i>Középső paleolitikum (0,3 millió – 0,1 millió év között)</i>
4. Pengeeszközök	<i>Felső paleolitikum (40 ezer évtől)</i>
5. Mikrolit eszközök	<i>Mezolitikum (10 ezer évtől)</i>

- 1 ábra. - Az öt alapvető kőeszköz-készítési tradíció, amelyek kőeszköz technológiák több mint 2 millió éves evolúciója folyamán időrendileg egymást követően jelentek meg, és amelyeket a régészet hagyományosan az őskor (paleolitikum) fő fázisaival is összekapcsolt.

A pattintott kőeszköz technológiák evolúciójának a fent bemutatott, öt lépcsős fejlődési soron alapuló modellje pedig egyúttal az emberi technológiák evolúciójának az általános, standard modelljét is jelenti (Shea, 2017). Ennek megfelelően, a paleoantropológiának (és paleolitik régészetnek) a korai Hominin technológiákra vonatkozó megközelítését a következő axiómában foglalhatjuk össze:

a legkorábbi technológiák = a pattintott kőeszköz technológiák.

Ugyanakkor egy ilyen egyoldalú, egyetlen bizonyíték-csoportra épülő megközelítés a tematikus és az elméleti leegyszerűsítéseknek is tág teret adhat. A Disszertáció általános elméleti kiinduló pontja tehát az a kérdés volt, hogy milyen nagy, megoldatlan problémák maradtak mellőzve az emberi technológiák evolúciójáról alkotott, hagyományos leírás keretein belül a kőeszközökre irányuló kizárólagos kutatási fókusz következtében.

2. A Disszertáció célkitűzései: három megoldandó probléma

Az értekezésben három olyan nagy, megoldatlan problémakört állítottam előtérbe, amelyet a szokásos, a pattintott kőeszközökre fókuszáló modellek keretein belül csak hiányos vagy leegyszerűsített módon lehetséges tematizálni:

1) A Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának kérdése („a hiányzó 3 millió év”).

A pattintott kőeszközöket középpontba állító narratíva egy időrendileg erősen korlátozott filogenetikai perspektívát alkalmaz. Ugyanis, a legkésőbb hozzávetőleg 6 millió éve, a Pan-Homo szétválást követően elkezdődő Hominin evolúció jelentős része időrendileg megelőzte az Oldowan technológia 2,6 millió éves megjelenését (és a Lomekwian eszközök 3,3 millió évvel ezelőtti megjelenését is). Vagyis a kőeszköz-készítés kezdetének a technológiai evolúció kezdeteként való kezelése teljesen mellőzi az azt megelőző, hozzávetőleg 3 millió éves időszakban kialakult technológiai viselkedésmódokat (Lásd: a Disszertáció 1. fejezete).

Az általam az értekezésben megoldani szándékozott átfogó elméleti problémát tehát egy, a Hominin technológiai evolúció teljes, 6 millió évre átfogóan alkalmazható fogalmi-elméleti keret kialakítása jelenti. Ezzel ellentétben, a jelenlegi, kőeszköz-fókuszú elméletek ennek az időszaknak csak a hozzávetőleg 3,3 millió éve kezdődő második felét veszik figyelembe.

2) Az organikus technológiák evolúciós szerepének kérdése.

Másrészt, a kőeszközökre fókuszáló elméletek teljesen mellőzik az organikus technológiák, vagyis a növényi eredetű anyagokból (ágak, gallyak, levelek, kéreg, szarak, stb.) készíthető eszközök evolúciós szerepének a vizsgálatát. Ugyanakkor, mint azt a Disszertáció 4. fejezetében részletesen is tárgyaltam, a csimpánzok viselkedésének tanulmányozásán keresztül kialakítható evolúciós analógiák alapján, az organikus technológiák evolúciós szerepe legalább olyan jelentős, mint a pattintott kőeszköz technológiáké (Pascual-Garrido és Almeida-Warren, 2021).

Ebből következően, egy olyan új elméleti megközelítés kidolgozására van szükség, amely az organikus technológiák evolúciós szerepét a kőeszközökével azonos súllyal veszi figyelembe (lásd: Disszertáció, 3. fejezet).

3) A korai technológiák többféle adaptív funkciójának problémája.

A harmadik megoldatlan probléma, hogy a technológiai evolúció jelenlegi elméletei kizárólagos érvényű előfeltevésként elfogadják azt a viselkedésökológiai indíttatású alapfeltevést (axiómát), miszerint:

a korai kőeszköz technológiák = táplálkozási célú viselkedési adaptációk

Ezen előfeltevés, mint axióma szerint tehát a korai pattintott kőeszköz technológiák használata kizárólagosan egyetlen adaptív területre és adaptív funkcióra, a táplálkozás területére, és azon belül is elsősorban a zsákmányszerzés, vadászat (vagy dögevés), illetve hűvés funkcióira korlátozódott (Dominguez-Rodrigo és Pickering, 2017).

Ezzel a táplálkozást előtérbe helyező felfogással szemben, a Disszertáció 6 – 10. fejezeteiben egy olyan új elméleti keretet mutattam be, amely figyelembe veszi az eszközhasználat további lehetséges adaptív funkcióit is - így a táplálék feldolgozását, a saját test ápolását eszközök használatával, hajlékok és alvóhelyek készítését, más eszközök létrehozását eszköz-használattal.

3. Egy új megközelítés: a csimpánzok eszközhasználata, mint a korai Hominin technológiai viselkedés kitüntetett evolúciós analógiája

Az előző fejezetben a technológiai evolúció jelenleg elfogadott standard narratívájának három megoldatlan kérdéskörére mutattam rá, melyek mindegyike jelentős részben visszavezethető arra a tényre, hogy a korai humán technológiai evolúció elméleteinek középpontjában kizárólagosan a kőeszköz technológiák, mint egységes, jól körülhatárolható adatsoportot állnak. Bár a pattintott kőeszközök egyedülálló információ-forrást képviselnek a Hominin technológiai viselkedés 2,6 millió (vagy akár 3,3 millió) éves evolúciójáról (Kuhn, 2021; Shea, 2017), - azonban e régészeti adatsoport tanulmányozása alapján csak korlátozott mértékben alakíthatóak ki elméleti következtetések a három fent leírt kérdésre vonatkozóan.

E probléma megoldása érdekében, a Disszertációban egy olyan új megközelítést alkalmazok, amely egy másik, önálló adatsoportot, a csimpánzok (*Pan troglodytes*) eszközhasználatáról összegyűjtött főemlős-etológiai (primatológiai) adatokat használja fel a Hominin technológiai viselkedésre vonatkozó következtetések kialakításának céljaira. E megközelítés szerint, a ma élő csimpánzok rendkívül komplex technológiai viselkedésére vonatkozó bizonyítékokat, mint a pattintott kőeszközök 3,3 – 2,9 millió évvel ezelőtti megjelenése előtt élt korai Hominin fajok technológiai viselkedésének az evolúciós analógiáját tanulmányozhatjuk. Annak hátterében, hogy a csimpánzokra vonatkozó adatoknak ilyen kiemelt jelentőséget tulajdoníthatunk a Hominin technológiai viselkedés kutatásában, két nagy jelentőségű tényező szerepét érdemes külön is kiemelni:

I): A Panini és a Hominini leszármazási ágak közeli filogenetikai kapcsolata (részletesen lásd: a Disszertáció 1. és 5. fejezetei)

Annak, hogy a csimpánzoknak kitüntetett szerepe van az emberi evolúció bármely területének tanulmányozása során, van egy nagyon egyszerű, de nagyon jelentős oka: a csimpánz (illetve testvérfaja, a bonobó - *Pan paniscus*) minden más fajnál közelebbi filogenetikai kapcsolatban áll az emberrel. Ugyanis a nagy emberszabásúak csoportja, vagyis a Hominidae öregcsalád (tribus), melyen belül az emberi evolúció lezajlott, számos mára kihalt génusz mellett mindössze négy ma élő génusz-t (nemzetséget) foglal magába: az orangutánokat (Pongidae), a gorillákat (Gorillini) a csimpánzokat (Panini), másrészt az emberféléket (Hominini). Azonban a komparatív molekuláris biológiai kutatások, vagyis az egyes fajok DNS állományának összehasonlító elemzése segítségével pontosítani lehet az e négy klád közötti filogenetikai viszonyokat (Pilbeam és Lieberman, 2017). E szerint, az emberszabásúak négy nemzetsége között az időrendileg legújabb keletű kladogenetikai szétválásra a csimpánz (génusz *Pan*) és az ember (génusz *Homo*) került sor, mindössze 6-9 millió éve.² Tehát, az csimpánz és az ember legutolsó közös őseinek (Last Common Ancestor, - a továbbiakban: LCA) a létezése a genetikai alapú kronológiai becslések szerint kb. 6-9 millió évvel ezelőttre keltezhető. Ezt az időben a jelenkorhoz viszonylag közeli evolúciós - vagyis kladogenetikai - szétválási időpontot figyelembe véve, a két faj, illetve a két nemzetség (a *Pan* és a *Homo* génuszok) között is viszonylag nagymértékű genetikai, morfológiai, fiziológiai és viselkedésbeli hasonlósággal számolhatunk, mely értelemszerűen a technológiai viselkedésre is kiterjed.

II): A csimpánzok nagyfokú komplexitást mutató technológiai viselkedése a Hominin eszközhasználat valós evolúciós analógiájának tekinthető (lásd: a Disszertáció 4. és 6-7. fejezetei)

A csimpánz-modellek használatát a technológiai evolúció kutatása során egy második alapvető tényező is indokolja: a csimpánzok eszközhasználatának a főemősök körében is egyedülálló változatossága, melyet az utóbbi évtizedek primatológiai (főemlős-etológiai) kutatásai részletesen dokumentáltak (McGrew, 2010). A csimpánzok technológiai viselkedésének komplexitásának jellemzése céljával itt három sajátosságot emelek ki:

² Ezzel szemben, a csimpánzok és a gorillák közötti kladogenetikai szétválásra hozzávetőleg legkésőbb 10 millió éve, az orangutánok és az afrikai emberszabásúak közötti szétválásra pedig 12 - 15 millió éve került sor.

a): Szekvenciális, több lépéses eszközhasználati módok:

A főemlősök fajainak körében az egyszerű eszközhasználat nem általános, azonban több különböző fajnál is megfigyelhető, így például eszközök használata más tárgyak elérésére, vagy ütőkő használat a növényi héjak vagy kagylóhéjak feltörése céljára (Campbell és Carvalho, 2017). A csimpánzok esetében viszont az ilyen egyszerűbb eszközhasználati módok mellett, a technológiai viselkedés lényegesen összetettebb változatai is megfigyelhetők. Ennek legjobb példáját az eszköz készletek („tool sets”) jelentik, melyek esetében egyazon tevékenység során (például méz megszerzése, termeszek gyűjtése) során is akár 4 -5 különböző eszköz előzetes elkészítésére és megfelelő sorrendben (szekvenciálisan) elvégzett használatára kerül sor (McGrew, 2010).

b): Technológiai repertoár mérete (eszköztípusok száma):

A csimpánzok négy alfajának populációi körében nagyságrendileg több féle eszköztípust és eszköz használati módot dokumentáltak, mint az összes többi főemlősfajnál együttesen. A megkülönböztethető eszköztípusok számát illetően a faj egészét tekintve megközelítően $n = 20$ körüli érték adható meg (Hunt, 2020). Azonban egyrészt a típusoknak a kutatások által használt kategorizációjától függően, ez a szám ennél is lényegesen magasabb lehet. Másrészt, a terepi kutatásokon újabb és újabb eszköztípusok kerülnek dokumentálásra, ami szintén igazolja, hogy a csimpánzok innovatív képességei a különböző funkciójú új viselkedési módok kialakítását is lehetővé teszik.

c): A csimpánzok eszközhasználatának kulturális eredetű diverzitása:

A technológiai repertoár méretén túl, egy további egyedülálló sajátosság, hogy a csimpánzok által használt számos eszköztípusból (lásd: az előző pontban), az egyes helyi populációk saját, csak rájuk jellemző álló technológiai repertoárokat alakítanak ki, melyek eltérnek a többi csoportétól (Whiten és mtsai, 1999; Boesch és mtsai, 2020). Az ilyen, többféle eszközhasználati módot (eszköztípust) felölelő regionális technológiai repertoárokat önálló kulturális tradícióknak tekinthetjük, mivel azok az adott csoportokon belül tartósan, több generáción át fennmaradnak.

Összegezve, mindkét fent tárgyalt tényező, azaz I) a Panini és Hominini tribuszok közeli filogenetikai relációja, mind II) a csimpánzok technológiai viselkedésének magas szintű komplexitása messzemenően indokolja a csimpánz-modellek alkalmazását a Hominin-technológiai evolúció kutatásában (McGrew és Foley, 2009). Ennek megfelelően, a Disszertáció középpontjában az a tézis áll, hogy a ma élő csimpánzok technológiai

viselkedése a már kihalt korai Hominin – fajok (azaz az Ausrtralopithecus, Paranthropus és Homo génuszok) technológiai viselkedésének az evolúciós analógiájaként vizsgálható.

4. A Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának kérdésköre („a hiányzó 3 millió év”)

A Hominin technológiai evolúció „filogenetikus folytonosságának problémája” kifejezéssel arra a kutatási tendenciára utalok, hogy a pattintott kőeszközöket középpontba állító elméletek a Hominin technológiai evolúció teljes, legalább 6 millió évre kiterjedő időtartamának csak a hozzávetőleg 3 millió éve kezdődő második felét veszik figyelembe. Maga a Hominin evolúció folyamata (vagyis a Pan-Homo közös őstől való szétválást követően lezajló, máig tartó, legalább 6 millió éves folyamat) a pattintott kőeszközök megjelenése szempontjából ugyanis két élesen elváló fázis osztható:

- 1) fázis: az Oldowan eszközök 2,6 millió éves megjelenését megelőző időszak, amikor a korai Hominin fajok még nem készítenek pattintott kőeszközöket
- 2) fázis: a korai kőeszközök 2,6 millió éves megjelenését követő időszak, amikor a pattintott kőeszköz készítés egyre inkább általánossá válik a Hominin fajok körében.

Amennyiben tehát a technológiai evolúció jelenlegi, standard elméletei kizárólag a pattintott kőeszközök használatát tekintik a Hominin technológiai viselkedés megjelenésének definitív kritériumának, akkor a fent leírt 1) fázist teljesen mellőzzük és kizárjuk a Hominin technológiai viselkedés evolúciós eredetének magyarázataiból. Mindez azt eredményezi, hogy a Pan-Homo kladogenetikus szétválás és az Oldowan eszközök 2,6 millió éves megjelenése (vagy a Lomekwian eszközök 3,3 millió éves megjelenése) közötti időtartam, vagyis egy hozzávetőleg legalább 3-4 millió éves időszak teljesen hiányzik a Hominin technológiai evolúció jelenlegi leírásából.

A kérdés tehát az, hogy a fent említett, a pattintott kőeszköz-használatot megelőző, közel 3 millió éves időrendi hiátus folyamán lezajló technológiai evolúció hogyan rekonstruálhatjuk és írhatjuk le. Ugyanakkor a kőeszközöknek a régészeti leletekben való korai megjelenése előtti időszakra vonatkozóan nem állnak rendelkezésre tárgyi bizonyítékok az eszközhasználat korai evolúciójára. Ezért a fenti kérdés megválaszolása során alapvető szerepet kell, hogy kapjanak azok az elméleti hipotézisek és modellek, amelyek a jelenkori főemlősök (*Primates*) eszközhasználatának a komparatív filogenetikus elemzésén alapulnak (lásd: Disszertáció 1.

fejezet). Ezen belül is, ahogy azt fentebb tárgyaltam, kiemelt fontosságú analógiát jelent csimpánzoknak, mint a korai Hominin viselkedés legalkalmasabb etológiai modell-fajának a viselkedésére vonatkozó kutatások eredményei. A csimpánz-modellek különösen alkalmas kiinduló pontot jelenthetnek a korai Hominin eszközhasználat egyedi, konkrét sajátosságaira vonatkozó hipotézisek kialakítása során az itt a 2. fejezetben körülírt két nagy kérdéskör esetében is:

- a korai technológiai viselkedés materiális aspektusai: az organikus technológiák evolúciós szerepe (részletesen lásd: Disszertáció, 4. fejezet)
- a technológiai viselkedés funkcionális aspektusai: az eszközhasználat adaptív funkcióinak azonosítása (a Disszertáció 6-10. fejezetei)

Ezt a két nagy témakört itt a most következő két fejezetben fogom áttekinteni.

5. Az organikus technológiák evolúciós szerepének kérdésköre

A Hominin technológiai evolúció magyarázatának tehát az egyik alapvető kérdése, hogy a pattintott kőeszköz-használat megjelenését (Lomekwian technológia) megelőző, legalább 3 millió éves időrendi hiátus folyamán lezajló technológiai evolúció folyamata hogyan rekonstruálható. A kérdésre a paleoantropológia és primatológia hagyományos válaszát az jelenti, hogy a pattintott kőeszközök, mint technológiai kategória használatának az evolúciós előzményét a nem modifikált ütőkövek kategóriájának a használata jelenti. Ugyanis néhány recens főemlős fajnál (a csimpánzok, a csuklyásmajmok, és a makákók bizonyos fajainál), a pattintott kőeszközök teljes hiánya ellenére, a kőeszközök egy másik, egyszerűbb technológiai kategóriája, az ütőkövek és üllők használata mutatható ki (Haslam és mtsai, 2017). Az ilyen nem modifikált (természetes állapotú) ütőkövek használatával járó viselkedésre a főemlősök esetében táplálkozási kontextusban, zárt héjú, vagy kemény növényi termékek feltörése során kerül sor.

A főemlősöknek ez a fajta ütőkő (és üllő) használata, mint technológia tehát egy lényegesen egyszerűbb eljárást képvisel, mint az emberi pattintásos kőeszköz készítés, mivel azzal ellentétben nem igényli a kőeszközök előzetes, hasításos fizikai modifikációját. Ennek ellenére, ennek a technológiai kategóriának a megjelenése is komplex viselkedést feltételez, mivel az ütőkövek használatához a kövek felkutatásának, kiválasztásának (szelekció) és a táplálkozási helyre való eljuttatásának lépéseit is végre kell hajtani (Haslam és mtsai, 2017).

Mindezek miatt tehát a technológiai evolúció jelenlegi megközelítése a főemlősöknél megfigyelhető ütőkövek használatát, mint evolúciósan ősbibb viselkedést tekinti a Hominin fajoknál megjelenő pattintott kőeszköz – használat előzményének, pre-adaptációjának (Campbell és Carvalho, 2017).

A fent leírt elméleti paradigma kiegészítése céljával, a Disszertáció 4. fejezetében amellet érveltem, hogy a csimpánzok viselkedése, mint a korai Hominin viselkedés evolúciós analógiájának a komolyan végiggondolása egy további, harmadik technológiai kategória evolúciós szerepének az újraértékelését is szükségessé teszi. Ez pedig az organikus technológiák kategóriája, vagyis a különböző növényi eredetű anyagoknak (ágak, botok, gallyak, levelek, kéreg, növényi szárak, héjak, fűszálak) a felhasználásával létrehozott tárgyak és eszközök csoportja.

Ugyanis a legutóbbi években a primatológiai kutatások nagy, jelenleg is zajló felfedezése volt, hogy az organikus (növényi eredetű) technológiák kategóriájának a használatát a csimpánzok esetében milyen magas szintű komplexitás jellemzi (Boesch és mtsai, 2020; Pascual-Garrido és Almeida-Warren, 2021). Az új kutatások szerint, még a csimpánzok egyszerűbb organikus technológiáinak (például a természetfalászatnak gallyakkal) az esetében is jól megkülönböztethető az eszközök használatának az egyes, egymásra épülő fázisai:

- az alapanyagok előfordulási helyének (= lelőhely) a felkeresése,
- a megfelelő tulajdonságokkal rendelkező tárgyak, pl. gallyak, szárak szelekciója,
- majd a tárgyak eljuttatása a használat helyszínére, pl. egy természetvárhoz
- az eszköz elkészítése (a kezekkel, esetleg a fogakkal végzett modifikáció)
- használat (például a gally bevezetése a természetvár járataiba szondázás céljával)
- az eszköz elhagyása (a használat utáni fázis = lelet-képződés).

A fent leírt fázisok a csimpánzok esetében ráadásul mindkét technológiai kategória, az ütőkövek és az organikus (növényi) eszközök használatának esetében ugyanúgy megjelennek. Vagyis az organikus technológiák használatának folyamata a kőeszköz technológiákéval részben azonos szintű bonyolultságot mutathat. Ennek megfelelően, újra kell gondolni az organikus technológiák evolúciós szerepének kérdését, – és a másik két technológiai kategóriához (ütőkövek, illetve pattintott kőeszközök) való viszonyát is. A csimpánzok viselkedését, mint evolúciós analógiát felhasználva, több hipotézis is felvethető a növényi

anyagok technológiai célú használatát illetően a késői Pliocénben élt korai Hominin fajok körére vonatkozóan:

- **1) a technológiai repertoárban az organikus anyagok kategóriája dominálhatott.** Feltételezhető például a faágak, gallyak, levelek, szárok, kéreg használata az eszközkészítés során a táplálkozás vagy a test ápolása céljával, de akár a csimpánzok alvó fészkeinek analógiáját jelentőalvóhelyek vagy hajlékok készítése során is.
- **2) a csimpánzok analógiájára, az organikus technológiák használatának ökológiai kontextusa szélesebb körű lehet, mint az ütőköveké.** Amíg az ütőkövek leggyakoribb, fő funkciója a zárt héjú termések feltörése, a növényi eszközök többféle lehetséges adaptív funkciót is betölthetnek a különböző növényi és állati tápláléktípusok megszerzése során.
- **3) az organikus használatának technológiai komplexitása esetenként magasabb lehetett, mint az ütőkő használat komplexitása:** például a több elemből álló eszközkészletek, a szekvenciális használat, a cselekvési sor lépéseinek száma tekintetében.

A fenti részkövetkeztetéseken túlmenően, a technológiai viselkedés evolúciójának megértése szempontjából a legfontosabb azonban annak felismerése, hogy az organikus technológiák használata, mint összetett viselkedés ugyanúgy a pattintásos kőeszköz készítés pre-adaptációjának a szerepét tölthette be, mint ahogyan azt az ütőkövek (és üllők) használatáról már régóta feltételezik mind a paleoantropológiai, mind a primatológiai kutatások.

6. A korai technológiák többféle adaptív funkciójának kérdésköre

Az organikus technológiák evolúciós szerepénekkérdéséhez hasonlóan, a technológiai viselkedés funkcionális aspektusainak a kérdésköre szintén jelentősen újra-gondolható a csimpánz-etológia területéről származó új kutatási eredmények alapján. A humán technológiai evolúció jelenleg érvényes narratívája szerint ugyanis, a korai pattintott kőeszköz technológiák használata elsődlegesen egyetlen adaptív területre és adaptív funkcióra, a táplálkozás területére, és azon belül is elsősorban a zsákmányszerzés, vadászat (vagy dögevés), illetve húsevés funkcióira korlátozódott (Dominguez-Rodrigo és Pickering, 2017).

Ezen a táplálkozást előtérbe helyező kutatási paradigmán belül azonban egy nem megválaszolt kérdés maradt, hogy az eszközhasználat további lehetséges adaptív funkcióinak (így a saját test ápolása eszközök használatával, hajlékok és alvóhelyek készítése, más

eszközök elkészítése eszköz-használattal) a megjelenésére mikor, azaz a Hominin evolúció mely fázisában került sor. A csimpánzok eszközhasználatának tanulmányozása e problémakör terén is az új hipotézisek kialakítását teszi lehetővé. Egyúttal a három közül ez az a kérdéskör, amelynek újragondolása a Disszertáció fő részének (6-12. fejezetek) is a középpontjában állt. Ez a tematikai választás akkor válik érthetővé, ha röviden összefoglaljuk a kinyeréses táplálkozás (*extractive foraging*) hipotézisét, és a technológiai evolúció elméleteiben betöltött meghatározó szerepét. A kinyeréses táplálkozás fogalma a nehezen hozzáférhető, védett vagy rejtett (tehát valamilyen mátrixba, például burkolatba, héjba, talajba, stb. beágyazott) táplálékforrások kiaknázásához kapcsolódó eszközhasználatnak, mint specializált táplálkozási adaptációnak a leírására vált használatossá. E leírásból kiindulva, a kinyeréses gyűjtögetés hipotézise szerint az emberszabásúak esetében az eszközhasználat egy olyan flexibilis viselkedés, amely egy a főemlősök fejlett intelligenciáján, kognitív és manuális képességein alapuló táplálkozási stratégiának a része (Medin és mtsai, 2014). Ezen elmélet szerint mind a nem-humán főemlős fajok, mind a Hominin fajok esetében az eszközhasználat elsődleges (vagy akár kizárólagos) adaptív funkciója a táplálkozási funkció, mely által egy új adaptív niche-t nyit meg e fajok számára (Van Schaik, 2016). A kinyeréses táplálkozás hipotézise szerint továbbá a főemlősök és a korai emberfélék evolúciója során az intelligencia fejlődése (és az agyméret növekedése) egy koevolúciós fejlődési folyamatban összekapcsolódik az eszközhasználat, vagyis a technológiai viselkedés evolúciójának folyamatával.

A csimpánz-etológia újabb kutatási adatainak a részletes elemzése alapján (lásd: a Disszertáció 6. fejezete), a kinyeréses táplálkozás fent összegzett, az eszközhasználatot a táplálékszerzés adaptív területével kizárólagosan összekapcsoló koncepciója is újraértékelhető. Az általam bemutatott elemzés ugyanis inkább azt a hipotézist támogatja, hogy a jelenkori csimpánzok eszközhasználata (és így az általuk nyújtott evolúciós analógia alapján, a Pan-Homo LCA eszközhasználata is) nem csupán egyetlen, hanem párhuzamosan három fő adaptív területtel is kapcsolatba hozható. E három területet a következőképpen definiáltam:

1). Adaptív terület: A táplálék feldolgozás területe.

Az eszközhasználat, mint viselkedés adaptív funkciója a már megszerzett táplálék elfogyaszthatóvá tétele.

A már megszerzett és birtokba vett táplálékra irányuló tevékenységek tartoznak ide: például kagylók, vagy pálmadiók és más növényi termékek, héjának feltörése eszközökkel, például nem módosított ütőkövekkel.

2). Adaptív terület: A táplálékszerzés területe.

Az eszközhasználat e területen adaptív funkciót tölt be a más módon, vagyis eszközhasználat nélkül egyáltalán nem (vagy csak korlátozottan) elérhető és birtokba vehető táplálék- típusok megszerzésének a során.

A csimpánzok gyakran használnak eszközöket számos különböző, nehezen hozzáférhető táplálék megszerzése során is, mint például a méz, termeszek, hangyák. E táplálékok a megszerzést követően már közvetlenül elfogyaszthatóak, nem igényelnek további feldolgozást és eszközhasználatot (ellentétben a fent definiált 1. kategória eseteivel).

3). Adaptív terület: A saját testhez kapcsolódó technológiák.

- A saját testre irányuló eszközhasználat adaptív területéhez számos olyan, egymástól különböző viselkedésmódot sorolok, melyek közös sajátossága, hogy e viselkedések adaptív funkciót töltenek be azáltal, hogy hozzájárulnak az egyed saját testi állapotának fenntartásához.

Ehhez az adaptív területhez az eszközhasználat több különféle formáját soroltam, melyek célja például a testnek a fizikai stressztől és sérüléstől való védelme, a testhőmérséklet fenntartása, a test tisztogatása, ápolása, vagy gyógyítása.

Az elemzés egy további fontos megállapítása, hogy a csimpánzok különböző regionális populációit vizsgálva, az is kimutatható, hogy a három alterület mindegyikén belül, számos jól elkülöníthető adaptív alterület is kialakult (2. ábra). Ezekben az alterületeken belül a csimpánzok az eszközhasználat önálló, specifikus módjait alakították ki, beleértve a csak az adott alterületre jellemző eszköztípusok használatát is. Ez a fajta technológiai viselkedés innovatív képességeket, magas szintű kogníciót és kulturális tanulást egyaránt feltételez. A jelenség leírására az „adaptív diverzitás tendenciája” elnevezést használtam, arra utalva, hogy az itt tárgyalt specifikus eszközhasználati módok mindegyike egyúttal saját, az összes többi eszközhasználati módtól eltérő adaptív funkciót is hordozhat, és így eltérő útvonalon járul hozzá az adott eszközt használó egyedek inkluzív fitnessének a növeléséhez.

1. A táplálék feldolgozás területének technológiái	1) ütőkövek és kő üllők használata termések feltörésére (pálmadió, stb.)
2. A táplálékszerzés területének technológiái	1) termések szondázása 2) hangyák begyűjtése eszközökkel 3) méz kinyerés eszközökkel 4) kis testű emlősök szondázása faágakkal 5) földalatti gyökerek és gumók kiásása 6) alga halászat faággal
3. A saját testre irányuló eszközhasználat területének technológiái	1) Alvófészkek építése 2) Vízivás célú eszközhasználat 3) saját test tisztítása növényi eredetű tárgyakkal 4) ön-gyógyítás növényi anyagok célzott elfogyasztásával 5) sebek kezelése testidegen anyagokkal.

- 2. ábra. - Adaptív alterületek a csimpánzok technológiai viselkedésének három fő adaptív területén (részletesen lásd: a Disszertáció 6. fejezete).

7. A technológiai viselkedés három adaptív területe és a pattintott kőeszközök evolúciója

A csimpánzok eszköz-használatának a fent leírt három adaptív területének azonosítása jelentős következménnyel jár a technológiai viselkedés evolúciójának elméleti magyarázatainak területére nézve is. A Disszertáció 7-12 fejezeteiben a technológiai viselkedés evolúciójának egy új általános modelljét mutattam be, amely ennek a három különböző adaptív területnek (viselkedési területnek) a filogenetikus fejlődését a *Hominini* ág (*tribus*) fajainak az evolúciós történetével kapcsolja össze. A javasolt modell középpontjában két alapvető folyamat, illetve az e két folyamatra vonatkozó két hipotézis áll:

1) A filogenetikus folytonosságának hipotézise:

A három adaptív területéhez sorolható viselkedésmódoknak főemlősök rendjének ma élő fajainak körében való filogenetikus elterjedési mintázata alapján azt feltételeztem, hogy a technológiai viselkedés az 1) és a 3) területeken (a táplálékfeldolgozás, illetve a saját testre irányuló eszközhasználat területei) már az emberszabásúak (*Hominidae*) közös ősnél, vagyis több mint 20 millió éve kialakulhatott. E feltételezés alapja, hogy mind két adaptív terület megjelenik a ma élő ázsiai és az afrikai emberszabásúak bizonyos fajainál is.

A 2) területhez, azaz a táplálékszerzés területéhez kapcsolódó eszközhasználat filogenetikus előfordulási mintázata két ma élő fajra, a csimpánzra és az emberre (*Homo sapiens*) korlátozódik. Ezért a 2) terület evolúciós megjelenésére csak később, a parszimónia elve alapján feltehetően csak a *Pan-Homo* közös ősnél került sor, 6-9 millió éve. Miután a három adaptív területek korai evolúciós megjelenése lezajlott, azt követően e viselkedési területeknek a folyamatos jelenlétét (folytonosságát) feltételezhetjük az emberszabásúak, illetve annak részeként a *Hominini* ág további evolúciója folyamán.

2) A technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának hipotézise:

A négy adaptív terület kezdeti filogenetikus megjelenését követően mindegyik területen belül az eszközhasználat újabb és újabb változatai (variánsai) alakultak ki. Ez a folyamat a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának a tendenciájaként írható le. A csimpánzok eszközhasználatának elemzésén keresztül számos példával alátámasztható e folyamat létezése (lásd: az előző fejezetet, és a 2. ábrát). A primatológiai kutatások az általam itt javasolt egyes adaptív alterületeken belül nagyszámú egymástól különböző, régióként is eltérő eszközhasználati mód (variáns) meglétét mutatták ki (Boesch és mtsai, 2020).

Az itt leírt 2). hipotézis tehát azt feltételezi, hogy ez a folyamat, amely a jelenkori csimpánzok esetében a földrajzi régiók térbeli dimenziójában zajlik le, a korai Hominin fajok technológiai viselkedése esetében az evolúció időbeli dimenziójában is végbement. A három fő adaptív területen belül az újabb adaptív alterületek (azaz új viselkedésformák) kialakulása tehát egy olyan evolúciós tendenciát jelent, amelyre az adaptív diverzifikáció kifejezés használatát javasoltam.

A fent tárgyalt két hipotézis alapján tehát a korai Hominin fajok (az *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *Paranthropus* génuszok fajtái) technológiai viselkedése egy olyan általános modellel írható le, amely a korábban már tárgyalt, alábbi három fő adaptív terület folyamatos

jelenlétét és evolúcióját feltételezi: - 1) a táplálék feldolgozás területe- 2) a táplálékszerzés területe - 3) a saját testre irányuló eszközhasználat területe.

A Hominin technológiai evolúció e három területet feltételező, fent bemutatott modelljéhez kapcsolódó legfontosabb kérdés, hogy a korai pattintott kőeszközök (tehát a 2,6 millió éve megjelenő Oldowan technológia és az azt követő Acheulian technológia – lásd az 1. ábrát) megjelenése hogyan alakította át a három terület további fejlődését. Ezt a kérdést a Disszertáció 9-10. fejezeteiben tárgyaltam. A kiindulást a korai kőeszközöknek a fő funkcionális sajátossága jelentette, hogy vágó élekkel rendelkeznek, ami három fő adaptív funkció betöltésére is alkalmassá tette őket:

- A) állati táplálék feldolgozása (vágás, darabolás, nyúzás, stb).
- B) növényi táplálék feldolgozása (vágás, darabolás, tisztítás, pépesítés, stb.)
- C) munkaeszköz funkció (vágás, hasítás, fafaragás, lyukasztás, stb).

A kérdés tehát az, hogy a kőeszközök e három funkciója hogyan kapcsolható össze a technológiai viselkedésnek a jelenkori csimpánzoknál azonosított, de evolúciósan ősi, három fő adaptív területével. A három funkció közül a két előbbi, a fenti A) és B) funkciók egyértelműen elhelyezhetőek a 2. adaptív területen, tehát a táplálékfeldolgozás területén belül. Ily módon a pattintott kőeszköz használatnak ez a két funkciója nem jelent evolúciósan új viselkedési területet – e helyett csak egy már meglévő területen belül kialakuló, új adaptív alterületként értékelhető, ami jól beleillik az adaptív diverzitás fentebb leírt tendenciájába.

Ezzel szemben, a kőeszközök harmadik, C) funkciójának, a munkaeszköz-funkciónak a célja más eszközök létrehozása, ezért ez a funkció nem sorolható be közvetlenül az eszközhasználat idáig tárgyalt három adaptív területének egyikéhez sem. A munkaeszközök ugyanis sem a táplálék feldolgozás, vagy táplálékszerzés, sem pedig a saját test gondozásának funkcióját nem töltik be közvetlen módon. Ennek megfelelően, a Disszertáció 9-10. fejezetében azt a hipotézist mutattam be, hogy a munkaeszköz funkcióban használható kőeszközök megjelenése a Hominin technológiai viselkedés egy új, negyedik adaptív területének az evolúciós megjelenéseként értékelhető. E területre a „másodlagos technológiák területe” elnevezést javasoltam, és a következő definíciót alkalmaztam rá:

- A másodlagos technológiák adaptív területén az eszközök használatának a célja az előző három adaptív területhez tartozó eszközök és technológiák előállítás, létrehozása. Ezen az adaptív területen az eszközhasználatnak tehát nincs olyan saját, elsődleges adaptív funkciója,

mint a táplálék megszerzése (1. és 2. terület), vagy a saját test védelme (3. terület). E helyett, az eszközhasználat a 4. területen belül közvetve és másodlagosan járul hozzá az egyedek inkluzív fitnessének növekedéséhez, - oly módon, hogy lehetővé teszi az új, hatékonyabb eszközök készítését, amelyek azután a másik három területen használhatóak.

8. Egy új általános modell:

a korai Hominin technológiai viselkedés négy adaptív területe

A Disszertációban a csimpánzok (*Pan troglodytes*) eszközhasználatát, mint a korai Hominin technológiai viselkedés evolúciós analógiáját egy komparatív filogenetikus elméleti keretben elhelyezve értékeltem. E megközelítést alkalmazva, **a humán technológiai evolúciónak egy új, általános modelljét mutattam be**, melynek középpontjában az a hipotézis állt, hogy a technológiai viselkedés evolúciós eredete nem korlátozódik egyetlen fő adaptív területre, a kinyeréses táplálkozás (*extractive foraging*) területére. E helyett, az eszközhasználat megjelenésére az alábbi négy fő, párhuzamosan egymás mellett fejlődő adaptív-funkcionális területen került sor:

- 1) a táplálék feldolgozás adaptív területén
- 2) a táplálékszerzés adaptív területén
- 3) a saját test gondozásához kapcsolódó eszközhasználat adaptív területén
- 4) a másodlagos technológiák (eszközkészítés) adaptív területén.

A Hominin technológiai evolúciónak az itt felsorolt területeket megkülönböztető, a Disszertációban bemutatott leírására az „Evolúció Négy Adaptív Területen modell” (ENAT modell) elnevezést használtam.

A négy fő területre vonatkozóan azt a feltételezést alakítottam ki, hogy ezek nem csak az eszközhasználat adaptív funkcióját tekintve, de egyrészt e területek filogenetikus megjelenésének a legkorábbi időpontjának, másrészt a négy terület további evolúciójának a tekintetében is elkülöníthetők egymástól. Míg az első három terület korán, már a főemlősök (Primates) és emberszabásúak (Hominidae) evolúciója során kialakult, a negyedik terület csak az emberfélék (Hominini) legalább 6 millió éves evolúciójának második felében jelent meg. Az „ENAT modell” szerint, a technológiai viselkedésnek azok az újabb és újabb formái, amelyek e közel hat millió éves időszakban kialakultak, mint olyan adaptív alterületek

írhatóak le, amelyeket a fent felsorolt négy fő adaptív területen belül lezajló adaptív diverzifikáció tendenciája alakított ki.

A Hominin technológiai viselkedés evolúciójának a hosszú, több millió éves folyamatán belül, az e modell által nyújtott, fent leírt teoretikus kereteken belül, a 10. fejezetben két nagy evolúciós fázist is megkülönböztettem:

- 1) az első fázist a pattintott kőeszközök (Oldowan tradíció) megjelenését megelőző időszak jelenti, az első három adaptív terület technológiáinak a párhuzamos, de egymástól független evolúciójával és adaptív diverzifikációjával, - ahogyan azt a recens csimpánz populációk regionálisan eltérő technológiai repertoárjainak a példáján keresztül is tanulmányozhatjuk;
- 2) a második fázist a pattintott kőeszközök, mint munkaeszközök megjelenését követő időszak képviseli, hozzávetőleg 2,6 millió éve kezdődően. A munkaeszközök megjelenése egyúttal a negyedik adaptív területnek, vagyis a másodlagos technológiáknak a legkorábbi megjelenését is jelenti, amelyet követően az egyes adaptív területek kapcsolata teljes mértékben átrendeződött. A négy adaptív terület technológiái között az eszközkészítés megjelenésével ugyanis kialakulhattak a technológiai visszacsatolás folyamatai, - ami felgyorsította a technológiai evolúció folyamatát, és számos új technológiai adaptáció egyre gyorsabb tempójú kialakítását tette lehetővé mindegyik fő területen belül.

Az itt ismertetett új modell szándékaim szerint arra is felhasználható, hogy a Hominin technológiai viselkedés evolúciójának a teljes, hozzávetőleg 6-8 millió éves folyamata egy új, egységes konceptuális és elméleti kereten belül váljon leírhatóvá és tanulmányozhatóvá. Egy ilyen, a technológiák többféle, eltérő adaptív funkcióját a középpontba állító megközelítés ugyanakkor jelentősen eltér attól a szokásos megközelítéstől, amely kizárólagosan a pattintott kőeszközök kategóriáját állította a humán technológiai evolúció narratívájának a középpontjába. Ezek az eltérések három alapelvben foglalhatók össze. Először is, a csimpánzok viselkedésével kapcsolatos primatológiai adatoknak azonos mértékű relevanciát tulajdoníthatunk az eszközhasználat evolúciójának kutatásában, mint a kőeszközökre vonatkozó régészeti adatoknak. Másodszor, a ma élő és már kihalt emberszabásúak és emberfélék esetében a technológiai viselkedésnek nem csupán egyetlen fő funkcióját (a táplálkozási funkciót), hanem többféle adaptív funkcióját, és többféle, párhuzamos fitness-hozzájárulási „útvonalát” feltételezhetjük. Végül harmadszor, a Hominin fajok körében a technológiai viselkedés egy több génusz-ra és számos fajra kiterjedő sajátosságnak tekinthető,

melynek megjelenése lényegesen megelőzi a korai pattintott kőeszközök megjelenését, és melynek evolúciója akár a *Pan – Homo* közös ősig is visszavezethető.

* * * *

HIVATKOZÁSOK

Boesch C, Kalan AK, Mundry R, Arandjelovic M, Pika S, & mtsai, (2020). Chimpanzee ethnography reveals unexpected cultural diversity. *Nat Hum Behav.* 2020,4(9):910-916. doi: 10.1038/s41562-020-0890-1.

Campbell, R. & Carvalho, S. (2017). Tool use and manufacture in the last common ancestor of Pan and Homo. In: M. Muller, ed. (2017) *Chimpanzees and Human Evolution*. Harvard University Press. 602–644.

Clark, G. (1969). *World Prehistory: A New Synthesis*. Cambridge: Cambridge University Press.

Domínguez-Rodrigo, M. & Pickering, T.R (2017). The meat of the matter: an evolutionary perspective on human carnivory, *Azania: Archaeological Research in Africa*, 52:1, 4-32. DOI: 10.1080/0067270X.2016.1252066

Harmand, S., Lewis, J.E., Feibel, C.S., Lepre, C.J., Prat, S., Lenoble, A., & mtsai. (2015). 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature* 521, 310–315.

Haslam, M., Hernandez-Aguilar, R.A., Proffitt, T., Arroyo, A., & mtsai. (2017). Primate archaeology evolves. *Nat. Ecol. Evol.* 1, 1431–1437. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0286-4>.

Hunt, K.D. (2020). *Chimpanzee: Lessons from Our Sister Species*. Cambridge and New York: Cambridge University Press.

McGrew W.C. (2010). In search of the last common ancestor: New findings on wild chimpanzees. *Philos. Trans. R. soc. B.*, 365: 3267–3276.

McGrew, W. C. & Foley, R. A. (2009). Palaeoanthropology meets primatology. *J. Hum. Evol.* 57, 335–336

Melin, A. D., Young, H. C., Mosdossy, K. N. & Fedigan, L. M. (2014). Seasonality, extractive foraging and the evolution of primate sensorimotor intelligence. *J.Hum. Evol.* 71, 77–86.

Pascual-Garrido, A. & Almeida-Warren, K. (2021). Archaeology of the Perishable: Ecological Constraints and Cultural Variants in Chimpanzee Termite Fishing. *Current Anthropology.* 62. 10.1086/713766#_d31076939e1.

Pilbeam, D.R. & Lieberman, D. E. (2017). Reconstructing the Last Common Ancestor of Chimpanzees and Humans. In: M. N. Muller, R. W. Wrangham, D. R. Pilbeam, Eds.: *Chimpanzees and Human Evolution*. The Belknap Press of Harvard Univ. Press, 22–141.

Shea J.J. 2017. Occasional, obligatory, and habitual stone tool use in hominin evolution. *Evol. Anthropol.*, 26: 200–217.

van Schaik, C. P. (2016). *The primate origins of human nature*. Hoboken (New Jersey): Wiley-Blackwell.

Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., & mtsai. (1999). Cultures in chimpanzees. *Nature* 399, 682–685.

* * * *