

Szabó Lajos

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

Doktori (PhD) Értekezés

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

TARTALOM

I. RÉSZ

*

A HUMÁN TECHNOLÓGIAI VISELKEDÉS EVOLÚCIÓJA:

EGY KOMPARATÍV FILOGENETIKUS MEGKÖZELÍTÉS

1. A technológiai viselkedés evolúciós eredete:	
egy komparatív filogenetikus megközelítés	4
2. A pattintott kőeszköz technológiák használatának evolúciós története	24
3. Az organikus technológiák evolúciós szerepe: a csimpánzok eszközhasználata	41
4. A csimpánzok eszközhasználata, mint	
a korai Hominin technológiai viselkedés modellje	57

II. RÉSZ

**

**A HOMININ TECHNOLÓGIAI VISELKEDÉS EVOLÚCIÓJA NÉGY ADAPTÍV
TERÜLETEN**

5. A technológiai viselkedés többféle adaptív funkciójának középpontba állítása	71
6. A technológiai viselkedés három adaptív területe: A csimpánzok	83

7. A Hominin technológiai viselkedés evolúciója:

A kőeszközök megjelenését megelőző fázis 111

8. A Hominin technológiai viselkedés negyedik adaptív területe:

A munkaeszközök és a másodlagos technológiák 131

9. Egy új modell felé:

A technológiai viselkedés evolúciója négy adaptív területen 149

Bibliográfia**165**

I. RÉSZ:**A HUMÁN TECHNOLÓGIAI VISELKEDÉS
EVOLÚCIÓJA:****EGY KOMPARATÍV FILOGENETIKUS MEGKÖZELÍTÉS**

1. fejezet

A technológiai viselkedés evolúciós eredete – egy komparatív filogenetikus megközelítés {Evolutionary origins of technological behaviour - a comparative phylogenetic framework}

Ha az emberen kívül semmilyen szerves lény nem rendelkezne észbeli képességekkel, vagy ha az ember képességei természetükben teljesen eltérnének az alacsonyabb rendű állatokétól, sohasem lennének képesek belátni azt, hogy a saját magasabb szintű adottságaink fokozatosan fejlődtek ki.

Charles Darwin: Az ember származása és a nemi kiválasztás (Darwin 1871)

1.1. A technológia, mint viselkedésforma evolúciós szempontú definíciója {An evolutionary definition of technology as a form of behaviour}

Az emberi viselkedésnek számos olyan részterülete van, amelyek komplexitás tekintetében látszólag az állatvilág egészén belül egyedülállóak. Ilyen „egyedülállóan emberi” (*uniquely human*) viselkedési módok – többek között – a nyelvhasználat, a csoportos együttműködés, a normák követése, a morális értékítéletek, a csere, a vallás, vagy a művészet. Az ilyen viselkedésformák tudományos megértésének egyik leghatékonyabb módja, ha azt a kérdést tesszük fel velük kapcsolatban, hogy hogyan ment végbe az evolúciójuk, és milyen állati előzményeken alapulnak. A technológiák széleskörű használata az emberi viselkedés egyik legjelentősebb ilyen „egyedülálló” területe.

Ennek a disszertációnak az a célja, hogy a legkorábbi humán technológiák evolúciós történetére vonatkozóan egy egységes fogalmi és elméleti keretet mutasson be. Egy ilyen keretnek pedig egyúttal arra is alkalmasnak kell lennie, hogy főemlős eszközhasználatról kezdve, a korai *Hominin*¹ fajok technológiai viselkedésén át, a közelmúltban élő vadászó-

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.

gyűjtögető kultúrák által használt technológiáig bezárólag követi nyomon a technológiai változás folyamatát.

A humán technológiák evolúciós eredetének vizsgálata során az első olyan alapfogalom, amelynek tárgyalása az elméleti kiindulópontot jelenti, magának a technológiának a fogalma. Azonban a technológia mind a közbeszédben, mind a társadalomtudományokban egy olyan általános fogalom, amely további definíció nélkül használatos, és egyrészt az ember által létrehozott produktumok összességére, másrészt az ezek létrehozása során alkalmazott eljárásokra és folyamatokra vonatkozik. Mindazonáltal, ez az általános definíció alkalmatlan a technológia jelenségének evolúciós szempontú tanulmányozására. A technológiát, mint produktumot, azaz ember által alkotott dolgok összességét határozza meg, ily módon kizárólagosan emberi (*uniquely human*) sajátosságnak tekinti azt, amely élesen elválasztja az embert az állatvilág fajaitól.

A jelen alfejezet célja a technológia (és tágabban a technológiai viselkedés) fogalmának egy olyan definíciójának a kidolgozása, amely egyazon viselkedési tartományon belül, annak két pólusán helyezi el az állati eszközhasználatot és az emberi technológiákat. A definíció problémája álláspontom szerint azért is megérdemli, hogy részletesebben tárgyaljuk, mert az evolúciós orientációjú kutatásokban sem kapott kellő figyelmet. Míg ugyanis állati eszközhasználatnak a közelmúltban is számos, részben eltérő definíciója került alkalmazásra (Smith és Bentley-Condit, 2010; Shumaker és mtsai, 2011; McGrew, 2013).

Az eszközhasználattal szemben, a technológia fogalmának viszont sajnálatos módon nincs olyan elfogadott evolúciós indíttatású definíciója, amely egyúttal az emberi és állati viselkedés összehasonlításának a kereteit is megteremtené. A technológiai viselkedésnek egy az evolúciós elmélet keretein belül is alkalmazható definíciójának két feltételnek kell megfelelnie:

A Hominini kifejezés használata magyar nyelven még nem terjedt el, ennek ellenére használata megkerülhetetlen. A már elterjedt Hominidák kifejezés mintájára, magyar nyelven a többes számú alakját is használhatjuk: „a Homininek”.

A Homininek rendszertani csoportjába a jelenkorban egyetlen nemzetség (Homo genusz) egyetlen faja (Homo sapiens) tartozik. A már kihalt fajok közül ebbe a csoportba sorolhatóak egyrészt a Homo genusz korábban élt fajai, másrészt néhány más már teljesen kihalt genusz is, elsősorban az Australopithecus genusz és Paranthropus genusz.

- egyrészt, a technológia evolúciósan orientált definíciójának elegendően tágnak kell lennie ahhoz, hogy az állati eszközhasználatot, és az emberi technológiai viselkedést ne határolja el egymástól élesen, inkább egyazon, folytonos átmenetkből álló viselkedési spektrum végpontjainak tekintse;
- másrészt, a definíciónak a technológia jelenségeire is az adaptáció koncepcióját kell alkalmaznia. Az adaptáció koncepciójának használata ugyanis bármely, az evolúció (természetes szelekció) útján létrejött viselkedés kialakulásának a tárgyalása során központi szerepet tölt be, e koncepció nélkül az evolúciós magyarázatok elképzelhetetlenek (Dawkins, 1982; Dennett, 1996).

A technológia e két feltételnek megfelelő definíciójának kettős szerepe lehet. Egyrészt lehetővé teszi, hogy a technológiák ember általi használatát egyrészt összehasonlítsuk az állati viselkedéssel, másrészt pedig a viselkedés adaptív funkciójának meghatározásán keresztül kérdéseket tehetünk fel az emberi technológiák, illetve az állati eszközhasználat különböző változatainak az evolúciójára vonatkozóan.

A technológia általam itt javasolt, és a fent leírt két feltételnek megfelelő definíciója tehát két fő meghatározást foglal magába:

- a technológia, mint a saját testtől független (vagyis extraszomatikus) anyagok, tárgyak, eszközök, folyamatok használatával, módosításával vagy kontrolálásával járó viselkedés definiálható,
- a technológia olyan viselkedési adaptáció, amely hozzájárul az egyed sikeres túléléséhez, vagy szaporodáshoz (reprodukcijához), ezen keresztül pedig közvetve növeli az egyed inkluzív fitnesztét (génjeinek előfordulási gyakoriságát) egy adott populáción belül.

A definíció első része tehát a viselkedést helyezi a középpontba. Ennek megfelelően, a technológia fogalma alkalmazható bármely olyan viselkedésre, mely az emberi testtől független (vagyis extraszomatikus) anyagok, tárgyak, eszközök használatával jár, és arra irányul, hogy az ember (vagy az állat), mint élőlény a létfenntartást szolgáló tevékenységei során a környezetében a számára előnyös változásokat idézze elő (White, 1959). A fenti definíció tartományán belül egyúttal az állati eszközhasználat is elhelyezhető: az állat saját testétől független (vagyis extraszomatikus), a környezetről leválasztott tárgyak használata,

mint kritérium az állati eszközhasználat legtöbb definíciójában megjelenik valamilyen formában (Smith és Bentley-Condit, 2010; Shumaker és mtsai, 2011; McGrew, 2013).

A technológiai viselkedés, az általam javasolt definíció második része szerint, amellet, hogy extraszomatikus tárgyhasználattal jár, egyúttal adaptáció is. Ezen a ponton tehát egy további definíciót, az adaptáció definícióját kell áttekintenünk. Egy jellegvonás vagy viselkedés abban az esetben adaptáció, ha hozzájárul az egyed sikeres túléléséhez, és/vagy szaporodáshoz ezen keresztül pedig közvetve növeli az egyed fitneszt (génjeinek előfordulási gyakoriságát) egy adott populáción belül (Dawkins, 1982). A viselkedési adaptációk célja, hogy közvetlenül növeljék az élőlény sikerét a létfenntartás (túlélés), vagy az utódnevelés területein, vagyis egy jól körülhatárolható funkciót hordoznak. Az adaptációkra tehát egy olyan „funkcionális tervezettség” jellemző, amelyet a természetes szelekció alakít ki (Dennett, 1996; Dawkins, 1982). Ezért a viselkedési evolúciójának a magyarázatai a viselkedés adaptív funkcióját állítják a középpontba, vagyis azt a kérdést, hogy ezek az adaptációk milyen módon növelhetik az egyén fitneszt. Annak a feltevésnek az elfogadásából, hogy a technológiák (eszközök) szintén viselkedési adaptációként funkcionálnak, az következik, hogy használatuk nem esetleges vagy járulékos jellegű. Az eszközhasználat mind az állati (Biro és mtsai, 2013), mind az emberi viselkedés (White 1959; Binford 2001) esetében egyaránt direkt pozitív hatást gyakorolhat az egyedek létfenntartási és szaporodási sikerére, és azon keresztül az inkluzív fitneszére.

Összegezve, a fentiekben javasolt, két részes definíció szerint tehát a technológia fogalma egyrészt bármely, az emberi testtől független (vagyis extraszomatikus) anyagok, tárgyak, eszközök használatával járó tevékenységre alkalmazható, másrészt azt feltételezi, hogy ezek a viselkedések adaptív funkciót is hordoznak, vagyis növelhetik az egyes egyedek inkluzív fitneszt. Ugyanez a definíció egyúttal tehát lefedi az állati eszközhasználat különböző formáit is, melyek szintén a saját testtől független (vagyis extraszomatikus) anyagok, tárgyak, eszközök használatával járó tevékenységként határozhatóak meg.

Ezen a ponton érdemes felvetni egy terminológiai kérdést: alkalmazhatjuk-e az állati eszközhasználat néhány formájára, mindenekelőtt a főemlősök eszközhasználatára a technológia kifejezést munkánk további részében? Álláspontom szerint igen, éppen mivel az állati és az emberi eszközhasználat különböző változatai a komplexitás tekintetében egy folytonos skálát képeznek, amelyen belül nehéz lenne egyetlen kritériumon alapuló,

empirikusan azonosítható határvonalat kijelölni. Emiatt tehát az állati eszközhasználat néhány összetett formájára indokolt módon használható a technológia kifejezés.²

E definíció további előnye ugyanakkor, hogy segít pontosabban is megragadni az emberi és az állati viselkedés közötti egyik legjelentősebb különbséget. Ez a különbség nem abban áll, hogy csak az ember használ fel extraszomatikus tárgyakat és eszközöket, mert ezt számos más faj is megteszi.³ E helyett, a különbség inkább abban rejlik, hogy az ember, mint faj a nem emberi állatfajokhoz (*non-human animals*) képest, a technológiákon keresztül egyedülálló gyakorisággal, és nagyszámú viselkedési területen párhuzamosan használja fel a saját testétől független anyagokat és tárgyakat a környezetével folytatott interakcióinak a során.

Ugyanakkor arra is fontos rámutatni, hogy az állati és az emberi viselkedés között fennálló, itt említett különbségnek magának is evolúciós eredete van. Tehát ez a különbség a filogenetikus leszármazás folyamán alakult ki: vagyis, a mai ember (*H. sapiens*) olyan korábbi fajokból evolválódott, amelyek lényegesen kevesebb technológiát használtak a környezetükkel folytatott interakcióik során. A technológiát kizárólagos emberi sajátosságként kezelő definíciók azonban éppen a technológiai viselkedés evolúciós eredetének és filogenetikus folytonosságának a megragadását akadályozzák. Ezzel szemben, az itt javasolt definíció, mely az extraszomatikus tárgyhasználatot állítja középpontba, egyazon viselkedési tartományon belül, annak két pólusán helyezi el az állati eszközhasználatot és az emberi technológiákat.

Összegezve tehát, amennyiben elfogadjuk az itt javasolt, a technológiára nem mint emberi produktumra, hanem mint viselkedési módra fókuszáló definíciót, az emberi technológia elveszíti „humán kivételességét” (*human uniqueness*), és beolvad a viselkedés evolúciójának abba a nagy evolúciós kontinuumába, amelynek a ma is létező további elemeit az állati eszközhasználat nagy számú különböző formái jelentik. Ez a kérdéskör, vagyis a technológiai viselkedés evolúciója lesz a következő alfejezet témája.

² Mindez megfelel a nemzetközi etológia tárgyi és primatológiai kutatások terminológiájának is. E területen leggyakrabban azokkal a fajokkal kapcsolatban szokás a technológia kifejezést alkalmazni, amelyeknél az eszközhasználat egynél több formája is jelen van (például a csimpánz, orangután vagy az új-kaledóniai varjú esetében).

³ E jelenség leírására, vagyis az élőlényeknek a saját testük határain túlnyúlóan a környezetükre gyakorolt hatásainak az összességére javasolta Richard Dawkins (1982) a „kiterjesztett fenotípus” fogalmát, mely fogalom részben átfedésben áll a technológia itt javasolt definíciójával.

1.2. A technológiai viselkedés evolúciós kialakulása a főemlősöknél (Primates)

{The evolutionary origins of technological behaviour in Primates}

Mai ismereteink szerint, az ember megjelenéséhez vezető evolúciós leszármazási ág a főemlősök rendjén belül alakult ki, és a következő módon írható le (Darwin, 1871; van Schaik, 2016):

- az ember (*homo sapiens*) az állatvilágon (*Animalia*) belül a gerinchúrosok (*Chordata*) törzsébe, a gerincesek (*Vertebrata*) altörzsébe, az emlősök (*Mammalia*) osztályába, a főemlősök (*Primates*) főrendjébe, ezen belül az orrtükör nélküliek (*Haplorhini*) rendjébe, a keskenyorrúak (*Catarrhina*) alrendjébe, azon belül az emberszabásúak (*Hominoidea*) öregcsaládjába tartozik. Az emberszabásúakat a földtörténeti jelenkorban mindössze két család képviseli: a gibbonok (*Hylobatidae*) és a nagy emberszabásúak (*Hominidae*).

- ez utóbbi, a nagy emberszabásúak, azaz a Hominidák családja foglalja magába az ember és legközelebbi ma élő, illetve a már kihalt rokonfajait. Két alcsalád tartozik ide, az orangután alakúak (*Ponginae*) és az emberalakúak (*Homininae*). Ez utóbbi alcsaládon belül, két tribus-t (törzset) szokás megkülönböztetni. Ezek egyike a gorillák (*Gorillini*), melyhez 3 ma élő faj tartozik. A másik tribus az emberszerűek (*Hominini*), melyen belül az emberi evolúció lezajlott, és amely két ma élő genusz-t (nemzetséget) foglal magába: egyrészt a csimpánzokat (genusz *Pan*), másrészt az emberfélét (genusz *Homo*). Az előbbibe két ma élő faj, a közönséges csimpánz (*Pan troglodytes*) és a bonobó (*Pan paniscus*) tartozik, az utóbbiba mindössze egyetlen ma élő faj, a *Homo sapiens* tartozik.

A fenti leírásban utolsóként említett két genusz, a *Pan* és a *Homo* közötti szoros, morfológiai és evolúciós (filogenetikus) kapcsolat ténye régóta ismert a fent említett fajok között fennálló, anatómiai-morfológiai hasonlóságok alapján (Darwin, 1871; Almecija, 2021). Mindezt később a genetikai bizonyítékok (a génállományuk jelentős részének egyezősége) még nagyobb mértékben megerősítették – lásd: alább.

Az itt bemutatott filogenetikai kapcsolatrendszeren belül tehát az ember közös leszármazás tekintetében legközelebbi jelenkori testvér faja a közönséges csimpánz. Az emberekhez (genusz *Homo*), illetve a csimpánzokhoz (*Pan troglodytes*). (genusz *Pan*) és a vezető két

leszármazási ág szétválásának evolúciós időpontját a két faj DNS-állományának (genomjának) statisztikai összehasonlítása révén lehet keltezni (Moorjani és mtsai, 2016). E keltezés alapját a két ma élő faj genomja között kimutatható genetikai különbségek mennyiségének (a teljes génállományukban előforduló, azonos pozícióban előforduló eltérő nukleotidok számának) a kialakulásához szükséges időtartamra vonatkozó becslések jelentik. E statisztikai alapú becslések szerint, a *Pan-Homo* szétválásra a 9,3 milliótól 6,5 millió évvel ezelőttig tartó időtartományban élhetett, vagyis ebben az időtartományban került sor a két faj ősi populációinak végleges szétválására két különálló leszármazási ágra (Moorjani és mtsai, 2016).

Míndez azt jelenti, hogy a Hominin evolúció folyamata (hominizáció) is valamikor ezen a 9,3 milliótól 6,5 millió év közötti időtartományon belül vette kezdetét, egy olyan fajjal, amelyre hipotetikusán a Pan-Homo utolsó közös ős (Last common ancestor, rövidítve: LCA) elnevezést szokás használni (Pilbeam és Lieberman, 2017). Egy filogenetikus perspektívában tehát a Hominin evolúció kezdetét az említett közös ős megjelenésével azonosíthatjuk, és a folyamat a ma élő emberi populációkon belül, a jelenkorban is zajlik

Míndezek alapján, a Hominin technológiai evolúció is kezdetét vette a fent említett időtartományon belül, legkésőbb annak vége felé, azaz 6,5 millió éve. A továbbiakban, a Disszertációban egységesen a Hominin technológiai evolúció folyamatának a kezdetére utalva, kerekítés alkalmazásával hat millió évet említek majd.

A technológiai viselkedés előfordulási gyakorisága a főemlősök rendjében.

Az emberi technológiai viselkedés evolúciós eredetét tanulmányozva, arra a kérdésre kell válaszokat találni, hogy a fent leírt leszármazási ágon belül hogyan alakultak ki az állati eszközhasználat egyszerűbb változataiból az emberi technológiai viselkedés ma ismert összetett és komplex formái. Az emlősök osztályán belül, a rendek (*ordo*) taxonómiai szintjén vizsgálva, a legtöbb rendre az eszközhasználatnak ugyanis a mindössze egy, vagy néhány fajra kiterjedő, erősen korlátozott előfordulása jellemző. Ráadásul, még e csekély számú faj esetében is, az eszközhasználat egyszerű jellegű, mivel mindössze egyetlen eszközhasználati módra korlátozódik (Biro és mtsai, 2013; Smith és Bentley-Conditt, 2010).

Ugyanakkor az emlősök más rendjeivel összevetve, általánosságban a főemlősökhöz tartozik a legtöbb olyan faj, amelynél az eszközhasználat előfordul (Smith és Bentley-Condit 2010). Vagyis az eszközhasználatnak (technológiai viselkedésnek) az élővilág egészére kiterjedő, erősen korlátozott előfordulási tendenciája, melyet fentebb tárgyaltunk, csak az emlősök egyetlen rendjének, a főemlősöknek (*Primates*) az esetében fordul meg, és indul el a növekvő előfordulási gyakoriság tendenciája felé.

Ennek ellenére, a technológiai viselkedés megoszlása a főemlősök rendjén belül is nagymértékű különbségeket mutat: a főemlősök több mint 30 nemzetsége közül csupán csak 4 nemzetségben (*genera*) sikerült kimutatni a nem anekdotikus és eseti, hanem rendszeres és habituális, egész populációkra kiterjedő eszközhasználatot (McGrew, 2013; Rolian és Carvalho, 2017):

- csuklyás majmok (*Cebus* genusz)
- makákók (*Macaca* genusz)
- orangutánok (*Pongo* genusz)
- csimpánzok (*Pan* genusz)

Ráadásul, még ezen a négy genuszon belül sem általános az eszközhasználat, hanem csak bizonyos fajokra jellemző.

Összességében ez azt jelenti, hogy a technológiai viselkedés előfordulása más emlős rendekhez viszonyítva bár a főemlősök körében kevésbé korlátozottá válik, - de a nemzetségek és a fajok szintjén továbbra is erősen esetleges és korlátozott marad a technológiai viselkedés előfordulása.

A fent említett, az eszközhasználat növekvő gyakorisága felé irányuló előfordulási tendenciának a szükséges – de nem elégséges feltételét jelenti, hogy a főemlősök számos olyan közös ősi, a rend közös őseitől filogenetikusan örökölt, azaz szünpleizomorfikus tulajdonsággal rendelkeznek, melyek a technológiai viselkedés preadaptációjának⁴ tekinthetőek, abban az értelemben, hogy megkönnyítik e fajok számára az eszközhasználat készség szintű elsajátítását. Ezek a tulajdonságok eredetileg a fák lombkoronasztijén

⁴ A preadaptáció fogalma egy élőlény olyan sajátosságára utal, amely eredetileg kezdetben egy adott funkciót betöltő adaptációként alakult ki, az evolúció egy későbbi fázisában azonban egy új, másodlagos funkció betöltésére is alkalmassá vált (Dennett, 1996; Mayr 2003; Darwin, 1859). A madarak tollazata például eredetileg a hőszigetelés funkcióját ellátó adaptáció volt, de a tollazat preadaptációként később a repülés hatékonyságához is hozzájárult, vagyis új funkciót vett fel. A fogalom részletesebb tárgyalását a 10. fejezetben mutatom be.

folytatott életmódhoz illeszkedő adaptációként jelenhettek meg a csoport evolúciójának kezdeti fázisában. Egyúttal azonban a tárgyak és eszközök hatékonyabb manipulálására is képessé teszik a főemlősöket. Ilyen, a technológia preadaptációjának a szerepét betöltő sajátosságok az alábbiak (Hunt, 2020; van Schaik, 2016):

- a fogókéz és az egymástól függetlenül is mozgatható ujjak
- a fejlett térlátás és kiterjedtebb látókérgi terület
- az emlősök minden más rendjénél összetettebb, magasabb számú agykérgi régiót tartalmazó agy, és az ebből eredő magasabb intelligencia (Herculano-Houzel, 2012).

Az állati eszközhasználat evolúciójának ökológiai feltételei.

A főemlősök fent leírt három, evolúciósan ősi (szünpleizomorfikus) sajátossága tehát nagymértékben „predesztinálja” ezeket az állatokat a technológiai viselkedésre, - azonban ennek ellenére e viselkedés mindössze néhány fajuknál alakult ki ténylegesen is.

Erre az evolúciós tendenciára az összehasonlító viselkedésökológiai elemzések adhatnak magyarázatot. A kutatások azt mutatják, hogy a felsorolt ősi főemlős tulajdonságokon túl, további, ökológiai feltételei is vannak az eszközhasználat megjelenésének.

E szempontból különösen tanulságos a varjúfélék (főképp az új- kaledóniai varjú, a *Corvus moneduloides*, - lásd: Rutz és St Clair, 2012; McGrew, 2013) és a csuklyásmajmok (*Cebus sp.* és *Sapajus sp.*) eszközhasználatának a vizsgálatai (Barrett és mtsai, 2018). E két állatcsoport kutatásának az eredményei arra utalnak, hogy a megfelelő élőhelyi, környezeti, és viselkedésökológiai feltételek nagymértékben hozzájárulnak ahhoz, hogy egy adott (főemlős) fajnál kialakulnak e- az eszközhasználatra épülő viselkedési adaptációk, vagy sem. Különösen négy ilyen ökológiai feltételt érdemes itt kiemelni, amelyek az intenzív eszközhasználattal korrelálva, jellemzőek a fent említett fajokra:

- (1) ragadozók viszonylagos hiánya: lehetővé teszi a kockázatmentes játékot és az exploratív viselkedést
- (2) szoros, diádikus szülő-utód kapcsolat: az utódok hosszú időtartamú gondozása elegendően hosszú időt ad számukra az eszközhasználat megtanulására
- (3) faj életmódján belül a talajszinten töltött időtartam megnövekedése: ez a tényező értelemszerűen a főemlős fajoknál fontosabb, mivel lehetővé teszi a kezek szabad használatát

(4) az időszakos szárazság miatt korlátozott élelemforrások: az elérhető források beszűkülése szükségessé teszi minden lehetséges forrás kiaknázását, akár eszközhasználat útján is

(5) az elzárt, nehezen kiaknázható, de nagy energia-hozamú táplálékok (diók, zárt burkolatú gyümölcsök, kagylók, rejtőzködő lárvák, stb.) jelenléte: az ilyen típusú élelemforrások bizonyos élőhelyeken gyakoriak lehetnek, míg máshol hiányoznak.

Az állati viselkedés összehasonlító tanulmányozása alapján tehát számos olyan ökológiai tényező is azonosítható, amelyek ahhoz szükségesek, hogy bizonyos fajok (vagy azok egyes populációi) elindulhassanak az eszközhasználat evolúciójának irányába. Ez lehet az elsődleges oka annak is, hogy a technológiai viselkedés előfordulása nem egyenletesen oszlik meg még a főemlősök körében sem, és csak néhány fajnál figyelhető meg a rendszeres eszközhasználat.

A főemlősök esetében egy további fontos tényező, hogy a fenti lista 4) és 5) pontja alapján az feltételezhető, hogy az eszközhasználat elterjedésére a legnagyobb mértékben elsősorban azoknál a fajoknál került sor, amelyekre egy speciális táplálkozási stratégia, a „kinyeréses gyűjtögetés” (*extractive foraging*) jellemző (van Schaik, 2016; Gibson és Parker, 1979; Parker, 2015). Ez a stratégia a három nagy, hagyományosan ismert táplálkozási kategória közül (növényevő, ragadozó, mindenevő) leginkább a mindenevőhöz áll közel, amennyiben párhuzamosan használja fel a különböző növényi és állati táplálékforrásokat. E mellett azonban a kinyeréses gyűjtögetés egy további jellemzője, hogy e stratégiában a szűkös források miatt (lásd fent, 4. pont), a magas tápértékű, de nehezen kinyerhető, elzárt, tápláléktípusok (lásd az 5. pontban) is nagy szerepet kapnak. Maga az eszközhasználat, mint viselkedési adaptáció pedig közvetlenül kapcsolódik az 5. ponthoz: az eszközök nagyban elősegíthetik egy faj számára az ilyen elzárt, más fajoknak kiaknázhatatlan tápláléktípusoknak a begyűjtését, feltörését, elfogyasztását.

1.3. A nagy emberszabásúak (Hominidák) eszközhasználata

{ Tool use behaviour in great apes (Homindae) }

A főemlősök rendjén belül az eszközhasználatnak az előző alfejezetben tárgyalt, erősen korlátozott előfordulásának a tendenciája a rend egyetlen csoportjának, a nagy

emberszabásúaknak (Hominidae) a családjának az esetében fordul meg. Ebben a rendben három (illetve az emberrel együtt négy) ma élő genusz található (Malone, 2022).:

- az orangutánok (Pongo) 3 fajjal,
- a gorillák (Gorilla) 2 fajjal,
- és a csimpánzok (Pan) szintén 2 ma élő fajjal.

A három közül két genuszban is megtalálható a technológiai viselkedés (Rolian és Carvalho, 2017; McGrew, 2013; van Scaik, 201):

- az orangutánok három fajából kettőnél;
- illetve a csimpánzok esetében két fajból az egyiknél (közönséges csimpánz) rendszeresen, a másik fajnál (bonobó) csak alkalmilag írtak le eszközhasználatot.

A Hominidák családján belül tehát, ha az embert figyelmen kívül hagyjuk, a nemzetségek (*genera*) szintjén (n=3) vizsgálva, a főemlősök rendjének egészéhez viszonyítva (lásd: 1.2. alfejezet) nagyon magas, 66,6 % előfordulási gyakoriságot mutat a technológiai viselkedés megjelenése.

Továbbá, ha a szintén az ehhez a családhoz tartozó embert (*H. sapiens, illetve Homo* genusz) is figyelembe vesszük, akkor a technológiai viselkedés előfordulási aránya a nemzetségek szintjén (n=4) még egy ennél is magasabb értéket, 75% előfordulási gyakoriságot mutat.

Ezt az előfordulási mintázatot tehát úgy értékelhetjük, mint annak a bizonyítékát, hogy a *Hominidae* családján belül egy olyan evolúciós folyamat zajlott le, amelyen belül a technológiai viselkedés, és az ahhoz szükséges képességek kialakulására.

Ha azonban a technológiai viselkedés előfordulási gyakoriságát egyrészt a fajok szintjén is vizsgáljuk, és másrészt a *Hominini* tribus, és azon belül a *Homo* genusz kihalt fajait is bevonjuk az elemzésbe, akkor a *Hominidae* családon belül is további jelentős eltéréseket mutathatunk ki egyrészt az ember nemzetsége, másrészt az emberszabásúak másik három nemzetsége között.

A ma élő emberszabásúak esetében az előfordulási mintázat, ahogy azt fentebb már összegeztem, az alábbi:

- orangutánok (Ponginae): 3 faj / 2 előfordulás
- gorillák (Gorillini): 2 faj / 0 előfordulás

-csimpánzok (Panini): 2 faj /1 teljeskörű, és egy részleges előfordulás (bonobók)

A fajok szintjén a teljes körű eszközhasználat megjelenésére a 7 faj (n) halmazán belül, mindössze 3 esetben kerül sor, ami 42,8 % előfordulási gyakoriságnak felel meg.

Ez utóbbi előfordulási érték alapján, a nem-humán emberszabásúak (Hominidák) ma élő fajai esetében az eszközhasználat tehát egyrészt lényegesen magasabb előfordulási gyakoriságot mutat a főemlősök rendjének egészére vonatkozó gyakoriságnál. Másrészt az eszközhasználat előfordulása azonban még így sem közelíti meg az általános és teljes körű, minden fajra kiterjedő, azaz 100% értékű előfordulási gyakoriságot.

Vagyis ezeknél az emberszabásúaknál a fent bemutatott, 42,8 % előfordulási érték alapján, a technológiai viselkedésre, mint sajátosságra az esetleges megjelenés tendenciája jellemző. E tendencia egyik lehetséges értelmezése, hogy egyrészt, a potenciális képességek szintjén mind az orangutánok, a gorillák, és a csimpánzok is képesek az eszközhasználat, mint viselkedés kialakítására (Haslam, 2013). Ennek egyik fő bizonyítéka, hogy fogságban tartva, e három említett fajcsoport minden fájának egyedei képesek az összetett eszközhasználat elsajátítására (Haslam, Ez arra utal, hogy e fajok nagyon hasonló manuális, szenzoros, motoros és kognitív képességekkel rendelkeznek, ami lehetővé teszi számukra a magas szintű, kifinomult tárgymanipulációt.

Másrészt, ezzel ellentétben a vadonban jelentős különbségek mutathatóak ki a három fajcsoport között is, és a csoportokon belül az adott csoport saját fajai között is:

- **a gorillák (Gorilla):** Mindkét fajuk nedves, erdei környezetben él, részben a talajszinten, és lágy növényi táplálékokat fogyasztanak. Feltehetően az a táplálkozási preferencia, és az élőhelyükben könnyen elérhető, nagy mennyiségű növényi táplálék a fő oka, hogy szinte sosem fordul elő eszközhasználat a vadonban, noha fogságban könnyen elsajátítják (Malone, 2022; Haslam, 2013).

- **b) az orangutánok (Pongo):** Részben hasonló, trópusi erdei környezetben, de elsősorban a lomkorona szinten élnek. A gorillákkal ellentétben, a három ide tartozó faj közül kettőnél is megfigyelhető az eszközhasználat, bizonyos keményhéjú erdei gyümölcsöket és terméseket botokkal vagy más egyszerű eszközökkel nyitnak fel (Meulman és van Schaik, 2013)

- **c) a csimpánzok (Pan):** Mindkét előző két fajcsoportnál összetettebb és sokfélebb eszközhasználati repertoárral rendelkeznek (Whiten és mtsai, 1999 és 2001; van Schaik,

2016). Ennek egyik vagy talán a legvalószínűbb lehetséges magyarázata, hogy az orangutánokkal és gorillákkal ellentétben, változatos feltételek között, többféle élőhelyen is élnek: így nedves és szárazabb trópusi erdőkben, fás szavannákon, mangrove erdőkben (McGrew, 2011). Emiatt egyrészt többféle élőhelyen, változatosabb adaptív stratégiákat kell kialakítaniuk, másrészt gyakoribb, hogy egyes csimpánz populációk szárazabb, forrás szegényebb környezetben keresik meg a táplálékukat (Sanz és Morgan, 2013). Ezek az ökológiai tényezők tehát oksági magyarázatot adhatnak rá, hogy miért figyelhető meg egyedülállóan intenzív a csimpánzok körében. Sőt, a csimpánzok két faja közötti eltéréseket is megmagyarázhatják: a közönséges a csimpánzok (*Pan troglodytes*) testvérfajánál, a kizárólag nedves trópusi erdőkben élő bonobóknál (*Pan paniscus*) miért figyeltek meg az eddigi kutatások jóval korlátozottabb mértékű eszközhasználatot (Haslam, 2014).

Összegezve, a technológia (eszközhasználat), mint viselkedési adaptáció tehát nem általános vonásként, inkább esetlegesen előforduló, eseti sajátosságként fordul elő a filogenetikus távolság⁵ tekintetében még az emberhez legközelebb álló fajok, azaz a nagy emberszabásúak csoportján belül is. Ez a megoszlási mintázat „az esetleges megjelenés tendenciája” kifejezéssel írható le.

A hominidák fajainál a technológiai viselkedés több eltérő változata figyelhető meg, az eszközhasználat teljes, vagy csaknem teljes hiányától (a gorillák két faja, bonobók) egészen a változatos, többféle viselkedésformát felölelő technológiai repertoárok kialakulásáig (orangutánok, csimpánzok). Az esetleges előfordulásnak ez a fent tárgyalt tendenciája pedig csak a főemlősök rendjének, és azon belül, a nagy emberszabásúak, azaz a hominidák egyetlen csoportja, a Homo genusz esetében fordult át az ellentétébe, „az általános megjelenés a tendenciájába”. Ez utóbbi tendencia bemutatása lesz a következő alfejezet témája.

⁵ Két faj, vagy fajcsoport filogenetikus távolságán itt a fajképződés időpontjának (a két faj szétválásának) időbeli távolságát értem, a jelenhez viszonyítva. A jelenkortól számítva ezt az időbeli távolságot a Homo és a Pan esetében 6-9 millió évre, a Homo és a Gorillini esetében 8-12 millió évre szokás becsülni jelenleg, az orangutánok és az afrikai emberszabásúak között pedig 15 millió év körüli időpontra.

1.4. A technológiai viselkedés további evolúciója: a *Homo* genusz

{The subsequent evolution of technological behaviour: Genus *Homo*}

A technológiai viselkedés megjelenérére tehát, azt evolúciós (filogenetikus) perspektívában elemezve, a Hominidae (nagy emberszabásúak) családján belül tehát az „esetleges megjelenés tendenciája” jellemző. Vagyis, bár az ökológiai feltételeknek jelentős, akár elsődleges szerepe is lehet, de nem tudunk egy vagy több olyan tényezőt beazonosítani, amely az egyes fajok eszközhasználatának fejlettségét és változatosságát meghatározhatja.

A fent leírt tendencia - ismereteink szerint - a Hominidae családon belül mindössze egyetlen genusz az esetében fordul át az ellenkezőjébe, vagyis az „általános megjelenés tendenciájába”. Arról van szó ugyanis, hogy a paleoantropológiai és régészeti lelőhelyekre vonatkozó jelenlegi ismereteink szerint, a *Homo* genusz valamennyi, 2 millió évnél fiatalabb fajára jellemző a technológiai viselkedés. Vagyis erre az időszakra és erre az egyetlen genuszra nézve, a fajok szintjén az eszközhasználat 100%-os, általános előfordulásáról beszélhetünk. Az ebben a jelenkort megelőző 2 millió éves időtartamban megjelenő *Homo* fajok, az egyes fajok legkorábbi ismert megjelenési időpontjainak sorrendjében, a mai ismereteink szerint a következők (Wood és Boyle, 2016 alapján):

<i>H. erectus</i>	1.85 millió év
<i>H. Antecessor</i>	1,2 millió év
<i>H. heidelbergensis</i>	0,7 millió év
<i>H. Luzonensis</i>	0.7 millió év
<i>H. neanderthalensis</i>	0,5 millió év
Denisova-i ember	0,5 millió év
<i>H. naledi</i>	0,34 millió év
<i>H. floresiensis</i>	0,01 millió év
<i>H. sapiens</i>	0,3 millió év -jelenkorig

Az itt vizsgált időszakban tehát összesen legalább 9 fajról van jelenleg tudomásunk a *Homo* genusz evolúcióján belül. A fajok száma ennél természetesen magasabb is lehet, egyrészt a jövőbeni felfedezések miatt, másrészt a vitatott fajbesorolások miatt: a fenti felsorolásban csak a paleoantropológián belül jelenleg leginkább elfogadott fajokat vettem figyelembe.

Az eszközhasználatnak valamennyi, a legutóbbi két millió éven belül megjelent fajára (n=9) kiterjedő, 100%-os előfordulási gyakoriságának a fő bizonyítékát természetesen a korai technológiáknak a régészetileg legjobban dokumentált formája, a pattintott kőeszközök jelentik. Ugyanis az 1. ábrán felsorolt Homo- fajok mindegyikének a fosszilis maradványai kerültek már elő olyan régészeti lelőhelyeken, ahol a fossziliákkal azonos stratigráfiai rétegekben a kőeszközöket is megtalálhatóak voltak.⁶

Ez a pattintott kőeszközök és a fosszilis *Homo* fajok leletei között fennálló asszociáció az az említett 2 millió éves intervallumban egyaránt fennáll az e fajok közül a legkorábban megjelenő *H. erectus*-ra éppúgy, mint a legkisebb agymérettel (mindössze 400 cm³) rendelkező *H. florensis*-re. E szabály alól az egyedüli kivételt a nemrég felfedezett *H. naledi* jelenti (Dirk és mtsai, 2015). Azonban e faj fosszilis leletei mindössze egyetlen helyszín két szomszédos lelőhelyén kerültek elő, ahova a fosszilizálódott emberi maradványok feltételezhetően szándékos temetkezés során kerültek, mely tény magyarázatot adhat rá, hogy a lelőhelyen miért nem kerültek elő kőeszközök. Azonban összességében nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy ez a faj is készített és használt eszközöket.⁷

A fenti állítással kapcsolatban, amely a *Homo* genusz két millió évesnél fiatalabb kilenc faja, és a pattintott kőeszközök között fennálló asszociációra vonatkozik, három kiegészítő megjegyzést szükséges tenni, melyek azonban a fent tárgyalt asszociációra vonatkozó megállapítás érvényességét nem csökkentik:

- a pattintott kőeszközök megjelenésére már a két millió előtti időszakban sor került (lásd később: 2. fejezet)
- a *Homo* genuszhoz az említett kilenc fajon kívül, néhány további, két millió évnél idősebb faj is tartozik (lásd itt, alább: 1.5. alfejezet).

⁶ Kiegészítésként érdemes megjegyezni, hogy kivételesen ritkán kerülnek elő olyan régészeti lelőhelyek, amelyek az itt bemutatott állítás alátámasztására felhasználhatóak, vagyis ahol a kőeszközök és a Hominin fossziliák egyazon régészeti és rétegtani kontextusban kerülnek elő. Az ilyen lelőhelyek az összes lelőhely legfeljebb kis töredékét jelentik: ennek oka, hogy az emberi fossziliák maguk is csak kivételesen maradnak fenn.

⁷ Itt a másik eshetőség természetesen az, hogy a 2 millió évnél fiatalabb ismert Homo-fajok közül egyedülként, a *H. naledi* esetleg evolúciós kivételt képezhet, és mégsem használt eszközöket.

- a legkorábbi, Lomekwian és Oldowan tradíciókhoz tartozó kőeszközök a *Homo* genusz két millió évesnél idősebb fajai mellett, több más Hominin genusz fajaival, így a *Paranthropus*, és az *Australopihecus* különböző fajainak fosszilis leleteivel is időrendi átfedésben állnak (Toth és Schick, 2018). Vagyis, más, a *Homo* genuszba nem besorolható Hominin fajok esetében is fennáll a lehetőség, hogy eljutottak a pattintott kőeszköz technológiák kialakításáig (lásd: 2.3. alfejezet).

* * * *

Összegezve az eddigieket, az 1.3 és 14. fejezetben bemutatott, a technológiai viselkedés megjelenésének az emberszabásúak (Hominidae) családján belüli filogenetikus elterjedését elemezve, a technológiai evolúció két nagy fázisát (állapotát) azonosíthatjuk:

1): az esetleges megjelenés állapota:

A ma élő, non-humán emberszabásúakra (lásd 1.3. alfejezet), és ennek analógiája alapján pedig feltételezhetően a már kihalt, az elmúlt hozzávetőleg 20 millió évben létezett legtöbb nagy emberszabású fajra (Hominidára) is jellemző állapot. Ez az állapot a technológiai viselkedés evolúciójának egy olyan fázisa, amelyen belül az eszközhasználat megjelenése egy esetleges előfordulási tendenciát mutat, ha a fajok szintjén vizsgáljuk. Ez azt jelenti, hogy egyes emberszabású fajoknál kialakul, más rokon fajoknál viszont akár teljesen hiányzik az eszközhasználat. Még a közeli filogenetikus kapcsolatban álló testvérfajok (például a csimpánz és a bonobó) között is jelentős, nagyfokú eltérések állhatnak fenn.

2): az általános megjelenés állapota:

Az előző állapottal szemben az emberfélékhez (*Homo* genusz) tartozó, 2 millió évnél fiatalabb fajok körében a technológiák használatára már a 100% értékű előfordulási gyakoriság, tehát az általános előfordulás jellemző. Az eszközhasználat tehát ezen a filogenetikai csoporton, az emberfélék csoportján belül egy minden fajnál megjelenő, vagyis univerzális előfordulási mintázatot mutató sajátossággá vált.

Következésképp, a technológiák evolúciója egy olyan folyamat volt az emberszabásúak (hominidák) családján, majd a belőlük kialakuló emberfélék (Homininek) alcsaládján belül, amelynek során az eszközhasználat, mint viselkedési adaptáció egyre inkább általánossá (kizárólagossá) vált a nemzetségek (genera), majd azokon belül a fajok (species) szintjén is.

Ez a folyamat pedig az ember saját nemzetségén, a Homo genusz két millió évnél fiatalabb fajai körében érte el végpontját, a technológiai viselkedés általánossá (kizárólagossá) válásának tendenciájában tetőzve.

1.5. A Hominin technológiai evolúció átmeneti időszak: a filogenetikus folytonosság középpontba állítása

{The transitional period of Hominin technological evolution: Focusing on phylogenetic continuity }

Az előző alfejezetben, a technológiai viselkedés megjelenésének az emberszabásúak (Hominidae) családján belüli filogenetikus elterjedését elemezve, a technológiai evolúció két nagy fázisának (állapotának) definiálására tettem javaslatot:

1): az esetleges megjelenés állapota: néhány Hominin faj eljut az eszközhasználatig, mint viselkedési adaptációig –más, ezekkel egyidejűleg, és akár azonos régióban élő fajok (szimpatrikus fajok) viszont nem, vagy csak korlátozott módon alakítják ki az eszközhasználat formáit.

2): az általános megjelenés állapota:

Az előző állapottal szemben az emberfélékhez (Homo genusz) tartozó, 2 millió évnél fiatalabb fajok körében a technológiák használatára már a 100% értékű előfordulási gyakoriság, tehát az általános előfordulás jellemző.

A fent bemutatott érvelésnek egy nagyon fontos, alapvető következménye van a technológiai evolúció megértésére nézve: az 1.3. és 1.4. alfejezetekben azonosított két állapot, azaz a fajok szintjén értendő esetleges előfordulás állapota, illetve az általános előfordulás állapota között, feltehetően volt egy olyan átmeneti időszak, amelynek során egyre több Hominin faj körében, egyre összetettebb technológiai viselkedés jelent meg.

A Hominin technológiai evolúciónak ez az átmeneti időszak a Homininek evolúciójának 6 millió évvel ezelőtti kezdete, és a kőeszközök általános elterjedésének a 2 millió évvel ezelőtt lezáruló fázisa közötti időszakkal azonosítható.

Így tehát a fent említett 2) állapotnak a kialakulása már egy olyan hosszabb evolúciós folyamatnak a végeredménye lehetett, amely a Hominin evolúció egy olyan legalább négy millió éves, azaz hozzávetőlegesen hattól két millió évvel ezelőttig tartó időszakában ment végbe.

Ezen a 6 millió éve kezdődő, korai, több mint 4 millió éves átmeneti időszakon belül számos, a fosszilis leletekből részben már ismert, részben még felfedezetlen Hominin faj élt. E fajok többsége, vagy esetleg mindegyike egyúttal a saját, idővel egyre összetettebbé váló technológiai viselkedési repertoárját is kialakíthatta. Ezeknek a korai technológiai repertoároknak a létezését viszont nem a kőeszköz leletek alapján, hanem a csimpánzoknak a növényi anyagok használatára épülő technológiai viselkedése, mint evolúciós analógia alapján feltételezhetjük. (E kérdést részletesen is tárgyalom majd a 3. fejezetben).

Az ehhez a hozzávetőleg 6-7 millió éve kezdődő, 4 millió éves időszakhoz nagyszámú, a paleoantropológia által feltételeesen a *Hominini* tribus alá sorolt fosszilis faj tartozik. Ezek a fajok, az egyes fajoknak a fosszilis leletekből ismert legkorábbi megjelenési dátumának az időrendjében (Wood és Boyle, 2016 alapján) a következők:

<i>S. tchadensis</i>	7,43 millió év
<i>O. tugenensis</i>	6,14 millió év
<i>Ar. Kadabba</i>	6,7 millió év
<i>Ar. Ramidus</i>	4,6 millió év
<i>Au. Anamensis</i>	4,37 millió év
<i>Au. Africanus</i>	4,2 millió év
<i>Au. Afarensis</i>	3,89 millió év
<i>Au. Bahrelghazali</i>	3,85 millió év
<i>K. platyops</i>	3,54 millió év
<i>P. aethiopicus</i>	2,73 millió év
<i>Au. Garhi</i>	2,5 millió év
<i>P. boisei</i>	2,5 millió év
<i>P. robustus</i>	2,27 millió év
<i>Au. Sediba</i>	1,98 millió év
<i>H. habilis</i>	2,6 millió év
<i>H. rudolfensis</i>	2,09 millió év

E fajokra a Disszertáció további részére gyűjtőnévvel, mint korai Hominin fajokra fogok utalni. A *Hominini* ág 6 millió éves fejlődésének ebből az első, 6 és 4 millió év közötti időszakából tehát viszonylag nagy számú fajt ismerünk, azonban csak erősen hiányos állapotú fosszilis leletek alapján. A korai, 6 és 4 millió év közötti fajoknak (például: *Sahelanthropus tchadensis*) a Hominin tribus alá való sorolása emiatt erősen bizonytalan is bizonytalan jelenleg (Wood és Boyle, 2016).

Az ezt követő, 4 és 2 millió év közötti időszakban viszont a Hominini tribus-hoz már legalább négy különböző genusz is köthető. Ezek közül három az *Ardipithecus*, az *Australopithecus*, és a *Paranthropus* nemzetség nevet kapta, jelenleg ezek mindegyikéhez kettő vagy annál több önálló fajt sorolnak (Wood és Boyle, 2016). A negyedik genusz-t pedig maga a *Homo* genusz, annak legkorábbi, még átmeneti jellegű fajai képviselték a jelenkor előtti 3 millió év és 2 millió év közötti időszakban. Ilyen korai, 2 millió évnél idősebb *Homo* fajok például a *H. habilis* és a *H. rudolfensis* voltak (Wood és Boyle, 2016).

* * * *

A Disszertáció középpontjában elsődlegesen a Hominin technológiai evolúciónak ez a fent leírt és definiált, hozzávetőlegesen 4 millió éves, átmeneti időszaka áll.

Ennek az időszaknak a középpontba állítása több szempontból is a technológiai evolúció témájának az új megközelítését jelenti. Ugyanis az eszközhasználat evolúciójának jelenlegi paleoantropológiai modelljeinek középpontjában kizárólag egyetlen adatsorozat, a kőeszközök állnak. A kőeszközök rendszeressé váló használatának a kezdetét az Oldowan eszközkészítési technológia megjelenéséhez szokás kötni, melynek korai megjelenésére 2,6 millió éve (Braun és mtsai, 2019), vagy azt megelőzően került sor. Vagyis a technológiai evolúció hagyományos, kizárólagosan a kőeszköz technológiákat tanulmányozó modelljei az általam fent leírt, több millió éves átmeneti időszaknak a jelentős részét hagyják figyelmen kívül.

Ezért a jelen Disszertáció fő célja egy olyan, a komparatív filogenetikus megközelítés alkalmazására épülő elméleti és fogalmi keret bemutatása lesz, amely alkalmas lehet a

Hominin technológiai evolúciónak az itt, az 1. fejezetben definiált átmeneti fázisának a leírására.

Ennek első lépéseként, a most következő 2. fejezetben áttekintem az emberi eszközhasználat evolúciójának azt a jelenleg érvényes régészeti és paleoantropológiai narratíváját, amely elsődlegesen kizárólag a pattintott kőeszközök használatának az evolúciójára fókuszál.

Az ezt követő fejezetekben pedig a humán technológiai evolúciónak egy olyan új megközelítését (új általános modelljét) fogom bemutatni. Az itt javasolt új megközelítés remélhetőleg arra is alkalmas lesz majd, hogy a keretein belül az emberi technológiai viselkedést az emberszabásúak (Hominidák) technológiai viselkedésének egy továbbfejlődött változataként tanulmányozzuk majd.

2. Fejezet.

A pattintott kőeszköz technológiák használatának evolúciós története

{The evolutionary history of flaked stone tool technologies}

... szerintem sokkal több igazság van J. Lubbock feltételezésében, hogy amikor az ember először használt kovakövet valamely célra, azt véletlenül hasította szét. Ettől csak igen kis lépés kellett ahhoz, hogy a köveket szándékosan hasítsa, és nem nagy lépés ahhoz, hogy a szilánkokat durván alakítsa.

Charles Darwin: Az ember származása és a nemi kiválasztás (Darwin 1871)

2.1. A humán technológiai evolúció és a pattintott kőeszközök szerepe

{Human technological evolution and the central role of flaked stone tools }

Általánosan elfogadott feltevés, hogy a technológiai viselkedés kialakulása meghatározó hatást gyakorolt a *Hominin* evolúcióra, és ezen belül az emberfélék szűkebb rendszertani csoportja, a *Homo genus* evolúciójára is. A korai kőeszközök használatát kapcsolatba hozták - többek között - a bipedalitásnak és az agyméret növekedésének (Whiten és Erdal, 2012), a húsevésnek és vadászatnak (Braun et al. 2010), illetve a nyelvnek (Morris et al. 2015) az evolúciójával is. Ezen összefüggéseknek a legtöbbit ráadásul jóval korábban maga Darwin (1871) is felvetette. Az emberi evolúció későbbi fázisaiban pedig a technológiák használatának, mint humán viselkedési adaptációnak szintén meghatározó jelentősége volt. Így hozzájárult az ember Afrikán kívüli elterjedéséhez a trópusi és mérsékelt övi Euráziában a korai Pleisztocénben, illetve ahhoz a globális kolonizációhoz, amely a Föld valamennyi éghajlati övére és kontinensére kiterjedt (az Antarktisz kivételével) a késői Pleisztocénben (Gamble, 2014).

Mindezek ellenére, a korai Hominin- és humán technológiák hozzávetőleg 3 millió éves evolúciós történetét azonban jelenleg is csak részlegesen ismerjük. A folyamat kezdeteire vonatkozó bizonyítékok eltérő jellegűek, sokszor csupán közvetettek és erősen korlátozottak.

Alapvetően a bizonyítékok két eltérő csoportját használhatjuk fel a korai technológiák evolúciójára vonatkozó magyarázatok és modellek kialakításához:

- az első csoportot a komparatív etológiai és primatológiai kutatásoknak az állati viselkedésen belül előforduló eszközhasználatra vonatkozó adatai jelentik, - melyeket később, a 4 – 6. fejezetekben tekintek át.
- a bizonyítékok második csoportját a legkorábbi, a késői pliocéntól és a korai pleisztocéntól kezdődően megjelenő, pattintott kőeszköz technológiáknak a kategóriája jelenti – melyek evolúciójának áttekintése lesz e fejezet tárgya.

A pattintott kőeszközök a korai technológiák egy jól körülhatárolható kategóriáját képviselik, mely az alábbi jellemzőkkel írható le (Shea, 2017 a és b):

- az e kategóriába tartozó eszközök nyersanyagát különböző kőzetek jelenthetik,
- melyeket egy kő-, csont- vagy fa ütőeszközzel kivitelezett, ismétlődő, a kontrolált szilánk lehasítást előidéző leütésekkel („pattintással”) munkálnak meg és modifikálnak,
- a pattintásos kőeszköz készítés eljárásának a célja a vágó élként használható hasítási felületek kialakítása,
- az eljárással tehát különböző formájú, méretű szilánkok, magkövek és egyéb formák alakíthatóak ki, melyek vágó eszközként használhatóak

Az itt definiált eszközkészítési módnak a megnevezésére a magyar szaknyelvben elterjedt kifejezés a pattintás (az angol szakirodalomban: percussion, flaking).

A pattintásos modifikáción alapuló, fent leírt eszközkészítési mód, mint viselkedés kizárólagosan az emberfélékre (génusz Homo) jellemző. A ma élő főemlősök, így a csimpánz és az orangután önmaguktól még kísérleti elrendezésben, jutalom lehetőségével motiválva sem produkálják a kőeszközkészítésnek ezt a módját (Bandini és mtsai, 2021; Motes-Rodrigo és mtsai, 2022).⁸

A pattintott kőeszközök teljes hiánya ellenére, a recens főemlős fajok körében a kőeszköz használatnak egy másik technológiai kategóriája viszont megjelenik: a nem modifikált kövek

⁸ Megjegyzendő, hogy az itt hivatkozott kísérletekben naív, azaz emberi ösztönzéstől és beavatkozástól mentes főemlősök vettek részt. Ezzel szemben egyedi esetekben, az ember által felnevelt és instruált emberszabású egyedek (például Kanzi, a bonobo) képesek voltak elvégezni a pattintásos kőeszköz készítés lépéseit (Schick és Toth, 1994). Ez arra utal, hogy a szükséges manuális és kognitív képességekkel egyébként a ma élő emberszabásúak is rendelkeznek.

kalapácsként és üllőként való használata (Haslam és mtsai, 2009; Haslam, 2014; Luncz és mtsai, 2018). Erre a viselkedésre magyar nyelven a „kalapálás”, vagy „ütőkő használat” kifejezést használhatjuk (az angol nyelvű szakirodalomban két kifejezéssel szokás leírni: percussion, vagy pounding). A főemlősök kalapács és üllő használata tehát technológiaként egy lényegesen egyszerűbb eljárást képvisel: az emberi pattintásos kőeszköz készítésével ellentétben, nem igényli a kőeszközök előzetes modifikációját. Ennek ellenére, ennek a technológiai kategóriának a megjelenése is komplex viselkedést feltételez, mivel a kőeszköz használatát megelőzően a kövek felkutatásának, kiválasztásának (szelekció) és a táplálkozási helyre való eljuttatásának lépéseit is végre kell hajtani (Haslam és mtsai, 2009 és 2017). Az ütőkő használat, mint viselkedésre a főemlősök esetében táplálkozási kontextusban, zárt héjú, vagy kemény növényi termékek feltörése során kerül sor.

A humán technológiák evolúciójára vonatkozó ismeretek és elméletek középpontjában a paleoantropológia, mint diszciplína kialakulásától kezdve hagyományosan mindössze a technológiák egyetlen kategóriája, a kőeszközök állnak (Gamble, 2008). A kőeszközöknek ez a technológiai evolúció kutatásában betöltött, kitüntetett szerepe három alapvető összefüggésre vezethető vissza:

- Egyrészt, a pattintás eljárásával készített, vágó éllel rendelkező kőeszközök használata az emberi viselkedésnek egy olyan, az állatvilágban egyedülálló sajátossága, amely a *Homo* genus fajain kívül egyetlen más főemlős fajnál sem található meg, vagyis filogenetikusan újjonnan kialakult, autapomorfikus sajátosság (Shea, 2017a).
- Másrészt, ez az egyetlen olyan technológia, amelynek változásaira vonatkozóan mindvégig tárgyi bizonyítékokkal (leletekkel) is rendelkezünk, a *Homo* genus közel 3 millió éves evolúciója során. Ugyanis a *Homo sapiens*-t, mint fajt tartalmazó nemzetséghez, vagyis a *Homo* genushoz sorolható, legkorábbi jelenleg ismert fosszília kora 2,8 millió év (Villmoare et al. 2015). A Lomekwi nevű kenyai lelőhelyen talált legkorábbi ismert kőeszköz pedig valamivel ennél is idősebb, 3,3 millió éves (Harmand et al. 2015)
- Harmadrészt, a kőeszközöknek a technológiai evolúció narratíváiban betöltött központi szerepének a fő oka, hogy egyetlen más technológiára vonatkozóan sem rendelkezünk a fizikai formában megőrződött tárgyi bizonyítékok olyan nagy mennyiségével, mint a kőeszközök esetében (Gamble, 2008; Kuhn, 2021). Ennek a bizonyítékok (adatok) terén fennálló különbségnek a hátterében azonban elsősorban a tafonómiai, vagyis a leletfennmaradást befolyásoló tényezők állnak (Hurcombe, 2014). Míg a kőzetek csaknem korlátlan ideig fennmaradnak – addig a biológiai és fizikai folyamatok következtében a

szerves anyagokra épülő, őskori „organikus technológiák” csak kivételes esetekben maradnak fenn. Ezért a kőeszközöktől eltérően, minden más korai technológia esetében a tárgyi bizonyítékok mennyisége lényegesen kevesebb, és e bizonyítékok is csupán egy-egy lelőhelyre vagy rövid időszakokra korlátozódnak.

Összegezve, a fent leírt harmadik tényező felveti annak a kérdését, hogy a pattintott kőeszközökkel párhuzamosan, más technológiáknak is, főleg az organikus technológiáknak (tehát a fából és más növényi anyagokból készített eszközöknek) a kőeszközökhöz hasonlóan, szintén jelentős, bár jelenleg nem teljesen ismert szerepe volt a technológiai evolúcióban (erre az alapvető kérdésre részletesebben is visszatérek majd a 3-4. fejezetben).

A fent tárgyalt első és második tényező ugyanakkor arra utal, hogy a kőeszközöknek valóban meghatározó, központi szerepe volt nem csak a technológiai evolúció folyamatán belül, de magának az emberi evolúciónak a folyamatán belül is. A kőeszközök tehát megkerülhetetlenek a humán technológiai evolúció megértésének területén

Másrészt viszont, a lelet-képződésért és lelet-fennmaradásért felelős biológiai és geológiai folyamatok tehát alavetően eltérő módon hatnak a különböző anyag-típusokra (Hurcombe, 2008 és 2014). Az organikus, vagyis szerves anyagokon alapuló technológiák (a fa, fakéreg, növényi rostok, állati inak, bőr) általában már egy, legfeljebb néhány éven belül elbomlanak – emiatt ezek a technológiák régészetiileg „láthatatlanok”. A szerves anyagok egy további csoportját képviselik az állati csontok és agancsok, illetve a belőlük készített tárgyak. Ezek hosszútartamú megőrződésének az esélyei lényegesen kedvezőbbek. Azonban ezeknek a nyersanyagoknak a rendszeres használata csak a késői pleisztocénben, az utóbbi 100 ezer évben terjedt el. Emiatt a csont- és agancs technológiák csak kevésbé informatívak a technológiai evolúció legkorábbi alfejezeteira vonatkozóan.⁹

Míg tehát a korai organikus technológiákra vonatkozóan csak minimális mértékben rendelkezünk adatokkal, a kőzetekből, azaz szervesetlen anyagból létrehozott pattintott kőeszközök fennmaradásának az időtartama geológiai időléptékkel mérhető. Ennek

⁹ A csont- és agancs eszközök készítésének kései elterjedésének egyik lehetséges magyarázata, hogy a technológiai evolúció megelőző fázisaiban e nyersanyagok használata mellőzhető volt a fa és a kő, mint multifunkcionális módon használható, széles körben hozzáférhető nyersanyagok mellett.

köszönhetően, a kőeszköz technológiák a pleisztocén korú régészeti lelőhelyek tárgyi (ember alkotta) leletanyagának közel 100%-át teszik ki.¹⁰

ESZKÖZÖK ALAPANYAGA:	Organikus Technológiák (Fa és egyéb növényi részek, állati bőrök)	Kőeszköz Technológiák (Kőzetek)
1. Eszközök fizikai fennmaradása (régészeti leletté válás esélye)	Nem	Igen
2. A későbbi előkerülés esélye a lelőhelyképződést és geológiai réteggképződést követően	Nem	Igen

2.1. Ábra. A régészeti tafonómiai (leletképződési) folyamatok eltérő hatása a múltban használt organikus- illetve kőeszköz technológiák tárgyi bizonyítékainak a fennmaradására.

A fent leírt tafonómiai összefüggéseknek (5. ábra) tehát egyoldalúan torzító hatása van a technológiai evolúció elméleteire nézve, melyeken belül a kőeszközök képviselik az egyetlen részletesen tanulmányozott technológiai kategóriát. Mindez egy olyan egyoldalú kutatási tendenciát eredményez, amelyet a „*single technology focus*” (*egyetlen technológia középpontba állítása*) kifejezéssel írhatunk le, - és amelynek negatív következménye az egyéb, organikus anyagokra épülő technológiák tárgyalásának mellőzése. A disszertáció egyik célja éppen ezért a technológiai evolúciónak egy realisabb, „*multiple technology focus*” (*„többféle technológián alapuló vizsgálat*) alapú megközelítés kidolgozása lesz majd.

2.2. A pattintott kőeszköz technológiák eredete és a Lomekwi tradíció

{The origins of flaked stone tool technologies and the Lomekwian tradition}

Az előző alfejezetben láttuk, hogy a korai kőeszköz technológiáknak két, egy a viselkedés tekintetében egyszerűbb, illetve egy összetettebb kategóriáját különböztethetjük meg: egyrészt az ütőkövek (kalapács és kőüllő) használatát a főemlősöknél, másrészt a pattintásos

¹⁰ Ez alól csupán néhány olyan lelőhely jelent kivételt, ahol a speciális környezeti feltételek miatt nagyszámú organikus anyagból készített tárgy, vagy azok lenyomatai is fennmaradtak. Ilyen, kivételesen ritka lelőhelyek például: az alsó paleolitikumból Schöningen (Schoch és mtsai, 2015):

kőeszközök használatát a Homo genusz fajainál. Ebben az alfejezetben azt a kérdést vizsgálom, hogy e két technológiai kategória milyen evolúciós kapcsolatban áll egymással (Bandini és mtsai, 2022; Haslam, 2014; Haslam és mtsai, 2017).

Ami az első technológiai kategóriát illeti nem módosított, természetben talált kövek kőeszközként való használata egy olyan viselkedési adaptáció, amely megfelelő környezeti és ökológiai feltételek esetén több, egymással közvetlen leszármazási kapcsolatban nem álló főemlősfajnál is megjelenhet. E viselkedésformák közül a legösszetettebb a megfelelő méretű kövek kalapácsként és üllőként való használata, a zárt héjas növényi termések feltörése során. E viselkedési formát egymástól függetlenül alakították ki a dél-amerikai (*Cebus*) és az afrikai csimpánzok (*Pan*) bizonyos populációi is (Haslam és mtsai, 2009 és 2017).

Mivel azonban ez a viselkedési adaptáció aránylag ritkán fordul elő a mai főemlősöknél, feltételezhetjük, hogy egy ilyen adaptáció fennmaradására és hosszú élettartamú kulturális tradícióvá válására csak az esetek egy kis részében kerül sor. A kulturális tradíciók kialakulásának ugyanis további feltételei vannak: az adott viselkedés tovább adását biztosító szociális tanulás és a fejlett szociális kogníció (Tomasello 1999 és 2003; Boyd és Richerson 1996; Richerson és Boyd, 2005). Vagyis elképzelhető, hogy a jelenkori csimpánzokon és csuklyásmajmokon kívül, a múltban több más főemlősnél is kialakult az átmeneti ütőkő használat, mint flexibilis viselkedési adaptáció - azonban azután nem maradt fenn végleges formában. Ez magyarázatot jelenthet arra nézve, hogy miért viszonylag alacsony a főemlősök kőeszköz használatának az ismert eseteinek száma a fajok és azok helyi populációinak szintjén (vö. Boyd és Richerson 1996).

A nem módosított kövek használatához képest, a pattintásos (perkusszív¹¹) technológián alapuló kőeszköz-készítés egy további jelentős ugrást képvisel a Hominin- és humán technológiai adaptációk evolúciójának a területén. Vagyis, az ennek az evolúciós ugrásnak a végrehajtására képes fajok száma már lényegesen korlátozottabb, mint az egyszerű kövek eszközként való használatára képes fajok száma, - és a jelenkori főemlősök körén belül ilyen fajok nem is léteznek. E technológiai ugrás jelenleg ismert legkorábbi példája a 3,3 millió

¹¹ A kőeszközök létrehozásánál használt tevékenység leírására az angol nyelvű szakirodalomban használatos „percussive” kifejezéssel analóg jelentésben a magyarban a „pattintásos, pattintott” kifejezések terjedtek el – így a Disszertációban is ezeket használom. A tartalmilag pontosabb fordítása céljára azonban a „hasogatott, lehasított” kifejezések lennének javasolhatóak.

éves Lomekwian tradíció (a lelőhely, vagyis Lomekwi után elnevezve). Ezt a technológiát jelenleg mindössze egyetlen helyről ismerjük: a névadó régészeti lelőhely Kenyában, a Turkana tó mellett helyezkedik el, a leletanyag közzétételére nemrég, mindössze 2015-ben került sor (Harmand és mtsai, 2015; Lewis és Harmand, 2015).

A Lomekwian technológiát, leíró régészek kétféle, egy egyszerűbb és egy közvetettebb, de szintén egy lépésből álló pattintásos technikát különböztetnek meg:

- unipoláris leütési technika: a megmunkálendő kő, vagyis a munkadarab szándékos hozzáütését egy szilárd alapfelülethez, a szilánkok leválasztása egy egyetlen irányból érkező erőhatásra következik be. Ez az eljárás a csimpánzok képességeinek határán belül van, mivel analóg a növényi terméseknek a fentebb leírt, kalapács-üllő módszerrel való feltörésével. Továbbá e csimpánz-technológiánál is sor kerülhet a szilánkok véletlen lehasadására. Vagyis az éles kőszilánkok legelső létrehozásához szükséges művelet valójában alig tér el a mottóbeli Darwin-idézetben leírt véletlenszerű, próba-szerencse alapú ráhibázástól.

- bipoláris leütési technika: ennek az eljárásnak a során két oldalról éri erőhatás a megmunkált kődarabot, amelyről a szilánkokat leválasztják: egyrészt az ütköző irányából érkező erőhatás, másrészt az üllőként használt kődarab irányából fellépő ellenerő. (Ezért a kalapács-üllő, vagy „block on block” technika megnevezés is alkalmazható rá, lásd Harmand és mtsai, 2015).

A Lomekwi lelőhelyén előforduló eszköz típusok a következők (Harmand és mtsai, 2015):

- 1) unifaciális, vagyis egyoldali kidolgozású (egy élű) magkövek,
- 2) az azokról lehasított durva, megmunkálatlan szilánkok vágó éllel
- 3) nagyobb méretű kövek, leütési sérülésekkel (üllőként szolgáltak a készítési folyamat során)

Ezek a kőeszköz típusok akár különböző eszköz-funkciók ellátására is alkalmasak lehetnek, azonban a Lomekwian eszközök használati funkciójáról jelenleg nem áll rendelkezésre elegendő információ.

A Lomekwian technológia fent tárgyalt felfedezése és leírása jelentős fordulatot jelent a kőeszköz technológiák evolúciójának kutatásában – de egyúttal számos kérdést is felvet. Korábban, 2015 előtt egyébként évtizedeken át az Oldowan tradíciót (lásd 2.3. alfejezet) tekintették a legkorábbi kőeszköz technológiának, mely csak 2,6 millió évvel ezelőtt jelenik meg a régészeti adatokban. Az ennél jóval korábbi, 3,3 millió éves, viszont mindössze

egyetlen lelőhelyről ismert Lomekwi eszközöket jelenleg csak hozzávetőlegesen helyezhetjük el a Hominin technológiák evolúciójának folyamatában.

A Lomekwian tradícióval kapcsolatban az egyik megoldandó problémát az jelenti, hogy a lelet keltezése egyértelműen megelőzi a Homo *genus* legkorábbi megjelenésének időszakát. Ugyanis a ma ismert legkorábbi, a homo *genus*-hoz sorolt fosszilis lelet egy állkapocs csont, amely 2,8 millió éves (Villmoare et al. 2015). Vagyis a legkorábbi pattintott kőeszköz-technológiák megjelenése időrendileg megelőzte az emberfélék (*genus homo*) evolúciós megjelenését, és vagy a már ismert K-afrikai *Australopithecus* fajokhoz, vagy egy másik, ismeretlen emberszabású fajhoz köthető. Egy másik, jelenleg megoldatlan probléma pedig a Lomekwian viszonya az Oldowan technológiához, e probléma esetében két lehetséges evolúciós forgatókönyv vethető fel:

- 1) egyrészt, a Lomekwian jelentheti az Oldowan közvetlen, direkt technológiai előzményét: ez esetben a kétféle technológiát vagy ugyanaz a jelenleg nem beazonosított Hominin faj hozhatta létre, vagy pedig ugyanannak a nem beazonosított fajnak egy leszármazott utód-faja
- 2) másrészt, a Lomekwian egy olyan technológiai tradíció is lehetett, amely átmeneti maradt, és megjelenését követően rövidebb vagy hosszabb idő után teljesen eltűnt, vagyis ilyen esetekben egy kihalt technológiai tradícióról (vö. Premo és Kuhn, 2010; Kolodny és mtsai, 2015) beszélhetünk.

Itt fontos kiemelni azt is, hogy a Lomekwian eszközök létrehozásához szükséges a pattintási művelet sor lényegesen egyszerűbb, mint a későbbi kőeszköz technológiáké. Vagyis ezt a tradíciót technológiailag jelentős fokozati különbség választja el az időben hozzá legközelebb eső Oldowan kőeszközöktől is (lásd: 2.3. alfejezet). Mindez a fent leírt 2) forgatókönyv irányába mutathat, vagyis a Lomekwian akár egy olyan egyszeri innováció is lehetett, amelynek később nem volt közvetlen folytatása.

Másrészt az is egy lehetséges opció, hogy a kérdéses, 3- 6 millió évvel ezelőtti időszakból később előkerülnek majd olyan új lelőhelyek is, melyek tovább bővítik az ismereteinket az Oldowan tradícióhoz vezető technológiai evolúcióra vonatkozóan (Panger és mtsai, 2003). Darwin (1871) hipotézise szerint ugyanis, a kőeszköz használat feltételét jelentő legfontosabb preadaptáció a bipedális járás, amely felszabadítja a mellső végtagokat, és ezáltal lehetővé teszi a manuális tevékenységeket és a tárgyak hordozását. E feltevésből kiindulva, és a korai, a 4 és 2 millió év közötti időszakban élt, és a fosszilis leletekből paleoantropológiailag is ismert

Hominin- fajok viszonylag magas számát figyelembe véve, a korai kőeszköz-technológiák kialakulására akár egynél több alkalommal is sor kerülhetett a kérdéses időszakban. Ebből a nézőpontból pedig inkább annak eldöntése jelent problémát, hogy az Oldowan tradíció előtti kőeszköz-használatra vonatkozó információk hiánya a valós helyzetet, vagy inkább csak a régészeti kutatások korlátait tükrözi (Thompson és mtsai, 2019).

2.3. Az Oldowan tradíció {The Oldowan tradition}

Az első olyan kőeszköz technológiát, amelynek a leletei folyamatosan, hosszabb időszakon át, és emellett több földrajzi régióban is megtalálhatóak, a már többször említett Oldowan eszközök képviselik (Leakey, 1971; Schick és Toth 1994). Az Oldowan technológiai komplexum (vagy tradíció) élettartama a jelenkort megelőző 2,6 – 1,5 millió év közötti időszakot fogja át, és használata elsősorban Afrikához kötődik (bár a hasonló jellegű kavics-eszközök később Európában és Ázsiában is megjelentek). E leletcsoport névadó lelőhelye a tanzániai Oldowai – szakadékban található, a komplexum definiálása, leírása és tipológizálása Mary Leakey (1971) nevéhez köthető.

Ami az Oldowan tradíció technológiai jelentőségét illeti (Semaw, 2000), a humán evolúció során ez az első standardizált jellegű, vagyis formailag és funkcionálisan azonos eszköztípusok ismételt létrehozását lehetővé tevő eszközkészítési eljárás. E technológiai standardizáció abban nyilvánul meg, hogy az Oldowan repertoárját minden olyan lelőhelyen, amely e tradícióhoz köthető, néhány ismétlődően előforduló, hasonló morfológiai-formai jellemzőkkel rendelkező eszköztípus, így kavicsokból kialakított magkövek (angolul: chopper), illetve szilánkeszközök alkotják (Leakey, 1971).

Ennek a technológiai standardizációnak az alapját egy új, a Lomekwian esetében még ismeretlen, hatékonyabb technika jelentette: a kőeszközöket a kézben tartott munkadarabra (magköre) irányzott, a másik kézben tartott ütőkővel kivitelezett leütésekkel hozták létre. Ez a szabadkezes pattintáson alapuló eljárás („free hand knapping”, - lásd: Shea, 2017b) lényegesen nagyobb technológiai komplexitás elérését teszi lehetővé. Egyrészt, a tartó kézben a munkafolyamat során a céltárgy elforgatható, így az eszközök több oldala is megmunkálható. Másrészt, a szabadkezes pattintás sokkal pontosabb szem-kéz koordinációt, és sokkal finomabban szabályozottabb erő kifejtést tesz lehetővé, mint a Lomekwian technológiára jellemző, bipoláris kalapács-ülő technika.

Összegezve, az Oldowan tehát egy jelentős forradalmat képvisel a technológiai viselkedés evolúcióján belül. Maga az Oldowan, mint technológia közvetlen előzmények nélkül jelenik meg (lásd fentebb, az 1.2 alfejezetben a Lomekwian és az Oldowan között fennálló, több százezer éves időrendi különbséget). Ennek megfelelően, eredetével és megjelenésével kapcsolatba számos nyitott kérdés van. Így például jelenleg nem beazonosítható, hogy a 3 millió és 1,5 millió év között élt számos Hominin faj közül mely fajok voltak felelősek ezeknek az eszközöknek a létrehozásáért (Schick és Toth, 2006; Toth és Schick, 2018).

Ami az Oldowan tradíció evolúciós szerepének és a megjelenése utóhatásainak az értékelését illeti, ennek a technológiai komplexumnak az emberi eszközhasználat későbbi evolúciójára gyakorolt hatása három fő pontban foglalható össze:

1) Ami az Oldowan tradíció technológiai jelentőségét illeti, a 2,6 millió éve megjelenő, új, hatékonyabb pattintási metódusok alkalmazása lehetővé tette a vágó éllel rendelkező kőeszközök ismételt, szisztematikus létrehozását („sorozatgyártását”). Ily módon nem csupán a főemlősökre jellemző, rendszeres ütőkő használatot, hanem a Lomekwian tradícióra jellemző, egyszerű, egy műveleti lépésből álló eszközkészítést is minőségi értelemben meghaladó, komplex technológiai tradícióról beszélhetünk.

2) Ami az Oldowan ökológiai jelentőségét illeti, e tradíció megjelenését úgy szokás értelmezni a kutatásban, mint egy a Homo genusz evolúcióját meghatározó, új táplálkozási stratégia kialakulásának az első fázisát (Isaac, 1976). Vagyis, a technológiai viselkedés ettől kezdve egy új, a főemlős technológiáékétól eltérő, megváltozott szerepet tölt be az emberfélék életmódjában és környezeti adaptációjában is. Az erre vonatkozó fő bizonyítékot az Oldowan lelőhelyeken előkerülő, vágásnyomokat hordozó, közepes és nagyobb emlősöktől származó állati csontok jelentik (Braun és mtsai, 2010). E bizonyítékok arra utalnak, hogy a vágó éllel ellátott szilánkok és magkövek egyik, vagy legfontosabb funkciója az állati tetemek feldarabolása, a hús lefejtése, és a csontok széttörése lehetett (Plummer 2004). Vagyis a Paleoantropológia a kőeszközöket egy a Hominin evolúció során 2,6 millió éve elkezdődő ökológiai átmenet, a húsevésre és a vadászatra (vagy dögevésre) való áttérés bizonyítékának tekinti.

3) Harmadrészt, az Oldowan alapvető hatást gyakorolt a technológiák kulturális evolúciójára.

Míg a főemlősök technológiai jelenlegi ismereteink szerint nem alkotnak több ezer, vagy több tízezer éves élettartamú kulturális tradíciókat, a pattintott kőeszköz technológiák ezzel szemben akár több százezer éven át is fennmaradnak, mely idő alatt további technológiai változások kialakulására is sor kerülhet. Ennek a folyamatnak a kezdete pedig az Oldowanhoz köthető, mint e jelenség legkorábbi példájához. Mint láttuk, maguk az Oldowan típuskészletét alkotó eszközök is egy több mint egy millió éves időszakon át újra meg újra megjelentek Afrikában, Ázsiában, és Európában is. E tradíció két, egy korai, illetve egy fejlett belső fázisának megkülönböztetése (Leakey 1971) azt feltételezi, hogy élettartama során e tradíció egy jelentős fejlődésen ment át. E mellett, az Oldowan második fázisának a vége már átfedésben áll egy későbbi, nála fejlettebb technológiai tradíció, az Acheulian (lásd 1.4. alfejezet) kezdetével is, - melyre a nagyméretű, kétoldalas (bifaciális) kialakítású és szimmetrikus alakú eszközök, elsősorban balták és vésők jellemzőek. Bár e két tradíció között nem beszélhetünk technológiai vagy tipológiai értelemben vett, egyértelműen kimutatható folytonosságról, azonban az Acheulian megjelenése előfeltételezi az Oldowan által kialakított szabadkezes pattintásos eljárás alkalmazását.

Az Oldowan fent tárgyalt, a technológiai evolúció három aspektusára is kiterjedő jelentősége mellett, a legfontosab nyitott, megválaszolatlan probléma jelenleg az Oldowan és a korabeli, egyidejűleg előforduló számos Hominin- faj közötti asszociációk kérdése. Ez a tradíció ugyanis az Australopithecus- és Paranthropus genus-ok több fájával is időbeli átfedésben áll. Viszont a jelenkor előtti 2,5 és 2 millió év közötti időszakban már a Homo genushoz tartozó korai, kis agyméretű fajok (*H. habilis*, *H. rudolfensis*) is megjelennek, noha ezek fossziliái nem túl gyakoriak (Wood és Boyle, 2016). Végül az Oldowan élettartamának végén jelenik meg először a paleoantropológiai adatokban egy új, gyakrabban előkerülő és nagyobb agyméretű fosszilis emberi faj, a *H. erectus* (Whiten és Erdal, 2012; Toth és Schick, 2018). Tehát időrendi alapon a fenti fajok bármelyike szóba jöhet, mint eszközkészítő faj. De emellett még akár az sem zárható ki, hogy az Oldowan komplexum, mint viselkedési adaptáció használatához szükséges képességekkel egynél több korai Hominin- faj is rendelkezett (Toth és Schick, 2018). Ezen okok miatt, a szakirodalomban átfogóan az „Oldowan Hominin-ek” kifejezéssel is szokás utalni arra a jelenleg ismeretlen fajra (vagy fajokra), mely ezeknek az eszközöknek a készítője volt.

Ebből a vázlatos áttekintésből is látható, hogy az Oldowan mint egyazon folytonos technológiai tradíció koncepciója számos bizonytalansági tényezőt is magába foglal. Így

kérdéses, hogy a hosszú, több mint 1 millió éves élettartama során a kőeszközök funkciója (és használati módja) mindvégig azonos volt, vagy pedig jelentős változásokra is sor került e. Vagyis nem zárható ki, hogy sor kerülhetett olyan funkcióváltozásokra (viselkedésbeli változásokra), amelyek a tipológiában jelenleg kevésbé felismerhetőek. Vagyis felvethető, hogy az egy egységként kezelt és címkézett Oldowan tradíción belül, egy bonyolultabb, több lépcsős evolúciós folyamat zajlott le, - amelynek megismerése és leírása csak további kutatások után, a jövőben válhat majd lehetségessé.

2.4. Az Oldowan után: a kőeszköz technológiák további evolúciójának útvonalai **{After the Oldowan: the evolutionary pathways of stone tool technologies}**

Az Oldowan 2,6 millió évvel ezelőtti kialakulását követően ugyanis, az emberfélék további evolúciójának és Afrikából való, Eurázsia irányába meginduló szétvándorlásának a folyamán a pattintott kőeszközök használatának területén több új, egymást követően kialakuló, vagy egymásból kifejlődő technológiai tradíció kialakulására került sor (Shea 2017 a és b).

Tehát a kőeszköz technológiák fent összegzett evolúciójának az egységes tárgyalása szükségessé tette az átfogó, globális léptékű tipológiai kategorizáció kialakítását. Az e célra leggyakrabban használt osztályozás kialakítása Grahame Clark (1969) nevéhez köthető, aki a kőeszköz készítés fejlődésében öt módozatot (*mode 1-5*) különböztetett meg. Ezen az elméleti sémán belül, az Oldowan tehát csupán az első annak a tipológiai - morfológiai kritériumok alapján definiált, időrendileg egymást követő, öt technológiai „módozatnak” a sorában, amelyeket a paleoantropológia a kőeszköz technológiák globális léptékű evolúciójának a leírására használ.

Ez az elméleti modell egy közel 2,6 milliárd éves, a késői Pliocén végétől a Pleisztocénen át a Holocénig tartó, egyirányú, és erősen sematikus tipológiai fejlődési sort feltételez, amelynek kezdeténél az Oldowan tradíció (*mode 1*) áll, a lezárásánál pedig a mikrolitikus technológiák (*mode 5*). Bár Clark modelljével szemben számos észrevétel felvethető (lásd lentebb), mégis jó kiindulást nyújt a kőeszközök evolúciójának áttekintéséhez. Ezért számos tankönyvben a mai napig használatban maradt, és e Disszertációban szintén e modell alapján foglalom össze a kőeszközök fejlődését. Az öt módozatra vonatkozó legfontosabb, alapvető információkat a 6. ábra összesíti.

	<i>Technológia Elnevezése és Leírása</i>	<i>Európai kronológiai szisztéma</i>	<i>Afrikai kronológiai szisztéma</i>
Mode 1: 2,6-1,7 millió éve	Oldowan: Kavicseszközök: szilánkok vágó éllel, unifaciális vagy bifaciális magkövek,	Alsó paleolitikum	Alsó kőkor
Mode 2: 1.75-0,1 millió éve	Acheulian: Nagyméretű, szimmetrikus bifaciális magkő eszközök (szakócák, vésők, egyéb)	Alsó paleolitikum	Alsó kőkor
Mode 3: 0,3-0,05 millió éve	Levallois: Előkészített magkőről leválasztott, falevél alakú szilánkeszközök	Középső paleolitikum	Középső kőkor
Mode 4: 40-20 ezer éve	Felső paleolitikus pengeparok: Előkészített magkőről leválasztott pengeeszközök, hosszú, párhuzamos vágóélekkel	Felső paleolitikum	Késői kőkor
Mode 5: 12 – 6 ezer éve	Mikrolit eszközök: Kis méretű (akár 1 -2 cm) szilánkeszközök, pengék	Mezolitikum	-

2.2. Ábra. Grahame Clark klasszifikációja a kőeszköz technológiák evolúciójára vonatkozóan (Shea, 2011 alapján).

A Clark féle modellben tehát a technológiai fejlődési sort első fázisát az Oldowan, mint 1. módozat (*mode 1*) képviseli a 2,6 és 1,5 millió év közötti időszakból, – lásd a 2.3. alfejezetben.

Ezt követi az Acheulean¹² tradíció (2. módozat), melyre a nagyméretű, bifaciális (vagyis mindkét oldalfelületen megmunkált) kőeszközök megjelenése jellemző, először Afrikában 1,8 millió éve, majd Ázsiában és Európában is. amelyre jellemzőek. E tradíció kezdete nagy biztonsággal összekapcsolható a *Homo erectus* fajjal (Beyene és mtsai, 2013). Ugyanakkor ez a leghosszabb életű is az öt módozat közül, és hozzávetőleg még i.e. 100.000 körül is találhatóak Acheulian lelőhelyek mind három említett kontinensen (Key et al. 2021). Vagyis feltételezhető, hogy az 1,8 és 0,1 millió év közötti időszakban először az afrikai, majd eurázsiai *Homo erectus*, később pedig annak több különböző, európai utódfaja (*H. Antecessor*; *H. Heidelbergensis*) is használta ezt a technológiát (Moncel és Schreve, 2016).

A 3. módozatnak Clark rendszerében a Levallois technológia felel meg, amelynek előfordulása 300 ezertől 110 ezer évvel ez előttig szintén az óvilág mind három kontinensén előfordul. Bár korábban történt rá kísérlet, hogy a geográfiai elterjedése alapján, eredetét a kizárólag Afrikán kívül, azaz Eurázsiaiban elterjedt Neandervölgyi ember (*Homo neanderthalensis*) korai evolúciójával kapcsolják össze (Foley, 1987), de ma már azt feltételezik, hogy a különböző emberfajták egymással egyidejűleg, és akár egymás csoportjaitól elsajátítva is használhatták a Levallois technológiát. Vagyis az olyan nagy agyméretű, a középső és a késői Pleisztocénben egyidejűleg élő fajok (Wood és Boyle, 2016), mint a Neandervölgyi ember, a Gyenyiszovai ember, és a modern ember, amelyek ráadásul a paleogenetikai bizonyítékok alapján biológiailag is kereszteződtek egymással (Reich 2018). Technológiai értelemben az öt módozat közül egyébként a Levallois a legösszetettebb pattintásos eszközkészítési eljárás (Müller és mtsai, 2017), mivel egy bonyolult, több oldali megmunkálással előkészített magkő használatára épül, amelyről ezután egy ütéssel leválasztva, egyetlen hosszú éllel ellátott szilánk-eszközt állítottak elő.

A 4. módozatot a Felső paleolitikus pengeiparok képviselik, melyek legjellegzetesebb eszköztípusát („type fossil”) az egyazon magkőről a hosszanti tengely mentén leválasztott, nagyszámú penge jelenti. A Levallois-val összehasonlítva, technológiailag ezek készítése kevésbé bonyolult, viszont anyaghasználat szempontjából lényegesen gazdaságosabb, mivel egyetlen magkőből is számos penge hozható létre (Müller és mtsai, 2017; Bar-Yosef és Kuhn,

¹² Mint minden kőeszköz készítési módot, ezt is egy névadó lelőhely, az első előkerülés helye (a franciaországi Saint Acheul városa melletti köfajtó) után nevezték el. A szakirodalomban jelenleg is kétféle, egy a franciának, és egy az angolnak megfelelő írásmódja létezik: Acheulian, illetve Acheulean.

1999; Gamble, 2008) A legelső, geográfiailag már széles körben elterjedt penge tradíció az Aurinacian technológia volt: ez a hozzá köthető lelőhelyek nyugat- eurázsiai elterjedése, és késői időrendi helyzete miatt (i.e. 40-50 ezer évtől i.e. 20 ezer évig) az előzőektől eltérően már kizárólagosan összekapcsolható egyetlen emberfajjal, a *Homo sapiens*-szel (Bar-Yosef és Kuhn, 1999).

Az 5. módozatra a mikrolit technológia, vagyis a kis, akár mindössze 1-6 cm méretű penge- és szilánk eszközök jellemzőek, melyeket nyélbe illesztve vágóeszközként, vagy nyílhegyként használtak. Clark (1969) szerint ez a technológia csak a Jégkor végén és a Holocén kezdetén terjedt el, tehát a Paleolitikum végét követően, a Mezolitikum (átmeneti kőkor) vadász- és halász kultúráira volt jellemző a használata, hozzávetőleg i.e. 12 - 6 ezer évvel ezelőtt.

* * * *

Clark eredeti célja egy olyan, leíró-rendszerező célú klasszifikációs rendszer kidolgozása volt, amely globális szinten is egységesen alkalmazható az adatok kategorizálására: azaz a régészeti lelőhelyeken előkerülő kőeszközök leírására és kronológiai besorolására (Shea 2011 és 2). Másrészt azonban a Clark féle klasszifikációnak nem csak egy leíró-rendszerező, hanem egy elméleti-teoretikus aspektusa is van. E rendszer használata ugyanis egy olyan mögöttes teoretikus feltevést is implicál, melyet később annak felismerése nélkül is, sok kutató automatikusan átvett (Gamble 2008). E mögöttes elméleti implicáció szerint, a kőeszköz készítés területén egy egyirányú, progresszív technológiai evolúció feltételezhető, amely az emberi kognitív evolúcióval párhuzamosan zajlott le (Coolidge és Wynn, 2009). Vagyis egy olyan fejlődés, amelynek folyamán az egyre hatékonyabb és bonyolultabb, de egyre magasabb kognitív igénybevétellel járó eszközök jelentek meg (Gamble, 2008; Müller és mtsai, 2017).

E feltevés egy további következménye volt, hogy az egyes kőeszköz technológiákat (az 1-5 módozatokat) kizárólagos jelleggel próbálták összekötni az egymást követő, egyre nagyobb agyméretű Homo fajokkal is: így az Acheulian eszközöket a *H. erectus*- és utódfajaival, a Levallois-t a neandervölgyi emberrel (*H. neanderthalensis*), a pengeiparokat, azaz a 4. módozat pedig a *H. sapiens*-szel hozták kapcsolatba.

Ugyanakkor az ilyen progresszív és egyirányú technológiai evolúció feltevése ellen számos, ennek ellentmondó példa felhozható. Ezek egyike, hogy technológiai értelemben, a szükséges műveleti lépések számát és hierarchiáját tekintve, a penge-eszközök előállítására kevésbé

bonyolult, mint a magkő összetettebb kidolgozását igénylő Levallois-szilánkok előállítására (Müller és mtsai, 2018). Ezt azért érdemes hangsúlyozni, mert ebből következően, az időrendileg korábbi Levallois-eszközök egy magasabb szintű kognitív igénybevételt (nagyobb számú, az elmében előre eltervezett és sorrendileg kötött készítési műveletet) feltételeznek, mint a náluk későbbi, és elsősorban a Homo sapiens-hez köthető penge-eszközök. Egy további cáfolatát jelenti a kőeszköz technológiák területén a korábbi kutatás által feltételezett, egyirányú progresszív fejlődésnek az is, hogy a pengékészítés Afrikában jóval korábban, több mint 300 ezer éve megjelent, azonban nem maradt fenn folyamatosan, és így később az eurázsiai felső paleolitikumban e technika egy másik változata jött létre (McBrearty és Brooks, 2000; Shea, 2011).

Egy másik példa a mikrolit technológia, amely Clark (1969) eredeti feltevése szerint csak nagyon későn, a Jégkor legvégén terjedt el általánosan. Ezzel szemben újabban Pargeter és Shea (2019) kimutatta, hogy a kisméretű, akár 1-2 cm mérettartományú eszközök rendszeres használatára már az alsó paleolitikumban sor került, több mint 1 millió évvel ezelőtt kezdődően.¹³ Vagyis a mikrolitok nem egy önálló technikai innovációt, vagy egy új technológiai tradíciót (*sensu* Clark, 1969) képviselnek a kőeszközök evolúciójában, hanem az eszközkészítés egy mérettartományát, amelynek a jelentősége bizonyos korszakokban (így a Mezolitikumban is) nagyobb mértékben került előtérbe

A fenti példákól kiindulva, a kőeszköz technológiák evolúcióját egy egyirányú, progresszív technológiai evolúció koncepcióján belül értelmező korábbi megközelítésekre vonatkozóan (McBrearty és Brooks, 2000). Az ilyen kritikák alapvetően egy irányba mutatnak: a kőeszköz technológiák különbségei önmagukban nem alkalmasak rá, hogy a vizsgálatukon keresztül egzakt módon azonosítsuk a különböző Homo – fajok kognitív és viselkedésbeli fejlettségének a különbségeit (Shea, 2011).

Az őket készítő emberfajok kognitív különbségeinek hangsúlyozásával szemben, a paleolitikus kőeszközöket újabban számos kutató már inkább egy olyan rugalmas

¹³ Annak, hogy a mikrolitoknak a paleolitikum korai alfejezeteiben való megjelenését nem ismerte fel a korábbi kutatás, módszertani okai vannak. A kisméretű kőszilánkokat ugyanis a feltárásokon nem kezelték önálló leletként. E helyett törmelékként és készítési hulladékként („derbitage”) csoportosították, és így a „tényleges” eszközöktől elkülönítve, nem vizsgálták, és nem írták le őket a régészeti beszámolóokban sem (Pargeter és Shea, 2019).

viselkedésbeli adaptációnak tekinti, amely flexibilis módon igazodott a helyi ökológiai, életmódbeli, klimatikus és szociális körülményekhez (Kuhn, 2021). Így például, az Európában a felső-paleolitikumhoz köthető penge-eszközök megjelenését sokáig a csak a *Homo sapiensre* jellemző „kognitív modernség” (lásd 1.4. fejezet) egyértelmű bizonyítékának tekintették (Mellaars, 1989). Újabban ehelyett más, inkább az ökológiai alkalmazkodáshoz sorolható tényezőkkel magyarázzák a megjelenésüket, mint például a klimatikus változásokkal és az utolsó jégkorban lezajló eljegesedési maximummal, amely az összetett ruházat készítéséhez szükséges, újfajta kő- és csont- eszközök elterjedését is előidézte (Gilligan, 2010).

Összegezve tehát, a Clark féle módozatok legjobb esetben is csak egy tág leíró keretet képezhetnek, mely segítséget nyújt a nagy, átfogó korszakhatároknak a kijelöléséhez. Ezen belül azonban önmagában ez az osztályozás túl sematikus, és így nem alkalmas a kőeszköz készítés egyidejűleg létező, helyi, regionális variációinak (helyi kulturális tradícióinak) a pontos leírására (Shea, 2011). Ennek ellenére a szisztéma a technológiai evolúció nagyléptékű fázisainak a kijelölésére alkalmas lehet, ezért több újabb, globális léptékű paleoantropológiai összegző munka továbbra is e módozatok alapján tárgyalja a humán technológiák evolúcióját (lásd például: Gamble 2008 és 2014). Vagyis, a kőeszköz technológiáknak az ebben a fejezetben tárgyalt, eredetileg Clark (1969) által definiált 1-5. számú módozatai továbbra is hasznos tipológiai és leíró keretet alkotnak a humán technológiai evolúció tárgyalása területén, - feltéve, ha figyelembe vesszük ezeknek és az ehhez hasonló, tipológiai alapú elemzési kategóriáknak a korlátait is.

3. fejezet

Az organikus technológiák evolúciós szerepe: a csimpánzok eszközhasználata

{The evolutionary role of organic technologies: Chimpanzee tool use behavior}

3.1. A korai technológiák harmadik kategóriája: az organikus technológiák

{The third category of the earliest technologies: the organic technologies}

A 2. fejezetben a Hominin fajok eszközhasználatának korai fázisainak két alapvető technológiai kategóriájának az evolúciós szerepét tárgyaltam:

1) Ütőkövek és kőüllők: a nem módosított kőeszköz technológiák kategóriája:

A nem módosított kövek ütőkőként használhatóak a nagy erőhatás kifejtését igénylő tevékenységek során. Az ilyen jellegű ütőkő használat tehát független a pattintott kőeszközök készítésétől, így ez a viselkedés feltételezhetően már a Lomekwian tradíció (2.2. alfejezet) megjelenése előtt is létezett. A csimpánzok a pálmadiók és más növényi termések feltörésénél használják ezt a technológiát. Ráadásul ez a kalapács-használatnak is nevezhető viselkedés nem csak az emberszabásúaknál (Hominidáknál), hanem több más főemlős fajnál (Haslam és mtsai, 2009) is előfordul. Sőt, néhány további emlősnél, például a tengeri vidráknál (*Enhydra lutris*) is megtalálható (Haslam és mtsai, 2019).

2) A pattintott kőeszköz technológiák kategóriája:

Ütő kövek használatával, leütéses (pattintásos) eljárással módosított magkövek és szilánkeszközök. Ezek a kőeszközök a készítésük során elvégzett módosításoknak köszönhetően vágó élként funkcionáló hasadási felületekkel rendelkeznek (Shea, 2017b). Ennek köszönhetően számos különböző tevékenység során, multifunkcionális módon használhatóak. Az ilyen jellegű, szisztematikus modifikáción alapuló kőeszköz készítés megjelenésének legkorábbi példája az Oldowan tradíció (lásd 2.3. alfejezet).

A korai technológiáknak ez a két kategóriája alapvető szerepet foglal el a humán technológiai evolúcióra vonatkozó magyarázatokban. A technológiai evolúció legtöbb modellje azt feltételezi, hogy az 1) kategória, az ütőkövek használata jelentette az evolúciós előzményét,

vagyis a preadaptációját annak az összetettebb technológiai viselkedésnek, amely a 2) kategória, azaz a pattintott kőeszközök megjelenésének a feltételét jelentette (Rolian és Carvalho, 2017; Haslam, 2014; Haslam és mtsai, 2017).

Ugyanakkor, a kőeszközök e két kategóriája mellett, a korai technológiáknak egy harmadik kategóriája is létezik, melynek az evolúciós szerepét azonban jóval ritkábban szokás tárgyalni a Hominin evolúció kutatásában. Ezt a harmadik kategória az organikus technológiák jelentik, melyekre az alábbi definíciót használom a továbbiakban:

3) Az organikus technológiák kategóriája:

A különböző növényi eredetű anyagoknak (ágak, botok, gallyak, levelek, kéreg, növényi szárak, héjak, fűszálak, stb.) a felhasználásával létrehozott tárgyak és eszközök csoportja. Ezekből a növényi anyagokból minimális módosítással több különböző egyszerű eszköz is kialakítható.

Az „organikus eredetű technológiák” kifejezés tehát gyűjtőnévként használható, és azoknak az eszközöknek és tárgyaknak különböző csoportjaira utal, melyeket különböző növényi és állati eredetű anyagokból készítettek a korai emberfélék és emberek (Oswalt, 1976; Gamble, 2008). Vagyis itt valójában az anyagok és technológiák heterogén sokféleségéről van szó, amelyeknek azonban van egy közös sajátossága: a kőeszközökkel szemben, az organikus anyagokból készített technológiák többsége nyomtalanul megsemmisül (Hurcombe, 2008 és 2013).

3.2. Az organikus technológiák evolúciója, mint megoldatlan probléma

{ The evolution of organic technologies as an unresolved issue }

A humán technológiai viselkedés evolúciójának a tanulmányozásán belül jelenleg az egyik legjelentősebb nyitott kérdést az organikus technológiák evolúciós eredetének problémája jelenti. Vagyis az a kérdés, hogy különböző féle növényi eredetű, organikus anyagoknak a technológiai célú használatának milyen különböző formái, milyen időrendet követve jelenhettek meg a hat millió éven át lezajló Hominin evolúció különböző fázisaiban.

Ezt a kérdést ugyanakkor módszertani okokból nagyon nehéz, vagy lehetetlen közvetlenül megválaszolni. A technológiai evolúció elméletei szempontjából ugyanakkor a kőeszköz

technológiák és az organikus technológiák legfontosabb különbsége, hogy az utóbbiak nem maradnak fent régészeti leletek formájában, így evolúciójukra vonatkozóan nincsenek fizikailag létező bizonyítékaink. A kiinduló problémát tehát az organikus (növényi) technológiák evolúciós szerepének megértése területén a közvetlen információk, vagyis a tárgyi leletek csaknem teljes hiány jelenti, - ami mögött tafonómiai tényezők, vagyis a szerves anyagokból készült tárgyak korlátozott fennmaradása áll.

Ennek megfelelően, a technológiai evolúció kőeszköz-fókuszú elméleteiben és modelljeiben is erősen alulreprezentált az organikus technológiák különböző csoportjainak a jelentősége. A kőeszközök középpontba állításából eredő torzítás problémájára természetesen számos szerző rámutatott már (lásd például: Gamble 2008; Hurcombe 2014; Hayden, 2015). A paleoantropológiai gondolkodás ugyanis hagyományosan azt feltételezi, hogy a nyersanyagok kritériumának tekintetében a korai technológiák legfontosabb kategóriáját a kőeszközök jelentették. Bár egyrészt tény, hogy a kőeszközök régészeti adatforrásként a humán technológiák evolúciójának számos aspektusát teszik vizsgálhatóvá (lásd 2. fejezet).

Másrészt azonban ennek hátrányos következménye is van, mivel a humán technológiák evolúciós történetének leírásai az organikus technológiák evolúciós szerepét erősen hiányosan tárgyalják. Így a Hominin- és humán evolúció korai fázisaiban használt organikus technológiák evolúciójának az általános modellje és leírása mindmáig hiányzik. Emiatt e problémakör újra értelmezésére van szükség. Ugyanakkor az organikus technológiák evolúciójának tudományos tanulmányozása alapvetően eltérő megközelítést igényel, mint a kőeszközöké. A kőeszköz technológiák esetében az Oldowan tradíciót követően (lásd: 2. fejezet) két millió éven át folytonos jelleggel rendelkezésre állnak a régészeti lelőhelyeken megmaradt fizikai bizonyítékok, vagyis maguk a kőeszközök.

Az organikus technológiák ezzel éles ellentétben, időrendileg jóval később, és akkor is csak kivételes esetként jelennek meg a régészeti leletekben, így a tárgyi bizonyítékok nagyrészt hiányoznak. Ilyen kivételként említhető például a németországi Schöningen lelőhelye, ahol tíz darab fa dobóeszköz (lándzsa, dobófa) került elő, melyek 330 ezer évvel ezelőttre keltezhetőek (Schoch és mtsai, 2015). A mindössze néhány további, alsó és középső Pleisztocén korú lelőhelyről származó faeszköz-maradvány azonban jelenleg még nem nyújt átfogó adatokat az organikus technológiák legkorábbi evolúciójáról (Conard és mtsai, 2015).

Módszertani szempontból a fő akadályt az jelenti a technológiai evolúció jelenleg domináns, a kőeszközökre fókuszáló régészeti elméletei esetében (lásd: 2. fejezet), hogy kizárólag a fizikai formában fennmaradt tárgyi bizonyítékok vizsgálata áll a kutatás középpontjában. Ezzel szemben, a fentebb már tárgyalt tafonómiai (leletfennmaradási) korlátok miatt, az organikus technológiák használata esetében nem maradtak fenn fizikai, tárgyi bizonyítékok. Ezért az organikus technológiák evolúciójának kérdéseit teljesen más irányból és más típusú adatok szükséges megközelíteni (Hurcombe, 2008 és 2014).

Itt, az 5. fejezetben amellet érvelek majd, hogy a legkorábbi, időrendileg akár a korai Oldowan kőeszközöket is megelőző organikus technológiák problémáját nem egy régészeti, hanem egy komparatív filogenetikus kereten belül célszerű vizsgálni. Egy ilyen keret lehetővé teszi, hogy az emberszabásúak eszközhasználatára vonatkozó primatológiai adatok és terepi megfigyelések, és azon belül is elsősorban a csimpánzok viselkedésének adatai alapján alakítsunk ki hipotéziseket a Hominin technológiai viselkedésre vonatkozóan.

Mint azt a most következő alfejezetekben látni fogjuk, a csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó bizonyítékok értéke abban rejlik, hogy megfelelő evolúciós analógiát nyújthatnak számunkra a humán technológiai evolúció újra-konceptualizálása során, az organikus technológiák szerepére vonatkozó következtetések kidolgozáshoz. Ennek az adatszoportnak az alapján az feltételezhető, hogy a legkorábbi Hominin fajok technológiai viselkedésének a kőeszközök használata csak egy kis részét képezte, - az organikus technológiák evolúciós szerepe pedig jóval jelentősebb volt, mint ahogyan azt a korábbiakban gondoltuk.

3.3. A csimpánz eszközhasználata: a kőeszközök és az organikus technológiák eltérő jelentősége

{ Chimpanzee tool use: the different significance of stone tools and organic technologies }

A nyersanyaghasználat kritériuma tekintetében a főemlősök és a korai Hominin fajok által használt technológiáknak három fő kategóriáját különböztethető meg, melyek az alábbiak:

- 1) ütőkövek és kőüllők használata
- 2) pattintott kőeszköz technológiák
- 3) organikus technológiák

Ebben az alfejezetben amellet fogok érvelni, hogy e három technológiai kategóriának a ma élő csimpánzok viselkedési repertoárjában való megjelenésének (vagy a 2. kategória esetében, a hiányának) jelenségét tanulmányozva, fontos hipotéziseket és következtetéseket alakíthatunk ki a technológiák e három csoportjának a korai evolúciójára vonatkozóan is. Ennek megfelelően, a következőkben áttekintem, hogy e három kategória milyen módon van jelen a csimpánzok eszközhasználatában.

A pattintott kőeszközök, mint hiányzó kategória

Az áttekintést a második kategóriával, a pattintott kőeszközökkel érdemes kezdeni, mivel e kategóriára a csimpánzok esetében negatív előfordulás jellemző, vagyis teljes mértékben hiányzik. A pattintott kőeszköz technológiák hiányának a feltételezhető oka, hogy a csimpánzok kognitív képességei nem teszik lehetővé annak az oksági összefüggésnek a felismerését, hogy kövekből és kavicsokból a mechanikus behatások (pattintás, leütés) kifejtése útján, vágóélel rendelkező eszközök hozhatóak létre (Bandini és mtsai, 2021; Snyder és mtsai, 2022). Mindez egy olyan hipotézis irányába mutat, hogy a 6 millió éve lezajló Pan-Homo szétválást követően, a korai Hominin fajok több millió éven át egyáltalán nem lépték át azt a viselkedésbeli határvonalat, amelyet a pattintásos kőeszközkészítés elsajátítása jelent (Haslam, 2014). Mint azt a 2.2. alfejezetben láttuk, e határvonal átlépésének a legkorábbi bizonyítékát a 3,3 millió éves Lomekwi eszközök jelentik (Harman és mtsai, 2015).

Összevetés: az ütőkő/üllő technológiák és az organikus technológiák eltérő szerepe.

A pattintott kőeszközökkel ellentétben, a csimpánzok technológiai viselkedésén belül a másik két kategória, azaz az 1) kategória, a nem módosított ütőkövek és kőüllők, illetve a 3) kategória, az organikus technológiák egyaránt jelen van. Azonban a csimpánzok életmódjának esetében betöltött szerepük jelentősége és használatuk változatossága is nagymértékben eltérő. Ennek az állításnak az igazolása céljával, az alábbiakban ugyanazon három fő kritérium tekintetében hasonlítom össze e két fő technológiai kategóriának a csimpánzoknál való megjelenését:

a) Az eszközkészítés módjainak kritériuma

b) Az eszközhasználat funkcióinak kritériuma

c) a technológiai repertoár méretének (eszköztípusok száma) kritériuma

Az ütőkövek és üllők kategóriájának területén a csimpánzok technológiai viselkedése e három kritérium mentén az alábbiak szerint értékelhető:

a) Az eszközkészítés módjainak kritériuma: A csimpánzok az eszközkészítés során használt kőzeteket egyrészt nem modifikálják (nem alakítják át pattintással vagy más módon).

b) Az eszközhasználat funkcióinak kritériuma: ellentétben az organikus technológiák területével, a kőeszközöknek egyetlen fő használati funkciója, illetve használati módja van: az ütőkövek használata a növényi táplálék megszerzésének a területén, a pálmadiók vagy más termékek feltörése során (Siriani és mtsai, 2015).

c) a technológiai repertoár méretének (változatosságának) kritériuma: a repertoár mindössze két alaptípusból áll, melyek az üllők, illetve a kalapácsok .

A csimpánzok technológiai viselkedése értékelése az organikus technológiák kategóriájának területén ugyanazon három kritériumának tekintetében:

a) Az eszközkészítés módjainak kritériuma: A különböző növényi anyagokat egyrészt az eszközkészítés során modifikálják, azaz kézzel, vagy fogakkal módosítják, például töréssel, tépéssel, rágással (Hunt, 2020; McGrew, 2013). Ráadásul egyazon tevékenységhez akár 4-5 eszköztípusból álló eszköz készleteket is használnak, mely készletek előállítása így legalább 4-5 lépésből álló, szekvenciális cselekvési sor végrehajtását feltételezi (McGrew, 2013).

b) Az eszközhasználat funkcióinak kritériuma: Az nagyszámú különböző funkcióra használják, növényi és állati táplálékok megszerzése területén és a saját test ápolásával, védelmével kapcsolatos területeken is, az ilyen funkciók száma az egyes csimpánz populációknál a tízet is meghaladhatja (Sanz és Morgan, 2007; Hunt, 2020).

c) a technológiai repertoár méretének (változatosságának) kritériuma: a b) pontból következően, az egyes populációk repertoárjában az eszköztípusok száma szintén meghaladhatja a tízet. Ráadásul, mivel a legtöbb populáció saját egyedi technológiai repertoárt, azaz típuskészletet alakít ki, a csimpánzoknak, mint fajnak a teljes technológiai repertoárja a tíz többszörösére kiterjedő számú eszköztípust foglal magába (Meulman és van Schaik, 2013; Hunt, 2020).

A technológiai viselkedés két most vizsgált fő kategóriájának az itt tárgyalt három kritérium mentén történő összehasonlítása alapján, az alábbi két következtetést tehetjük:

- a csimpánzok esetében az organikus technológiák kategóriájának használatára a technológiai komplexitás és változatosság magasabb szintje jellemző, mint az ütő kövek kategóriájának használatára.

- ez a két kategória közötti különbség mindhárom tárgyalt kritériuma, tehát az eszközkészítés módjainak, és az eszközhasználat funkcióinak, és az eszközkészlet (repertoár) változatosságának a tekintetében is fenn áll.

Ezt a csimpánzok esetében a két fő technológiai kategória között fennálló különbséget azért érdemes kiemelni, mert a technológiai evolúció kutatásán belül hagyományosan elsősorban a második kategóriát, azaz a csimpánzok kőeszköz technológiáit szokás úgy tárgyalni, mint a komplex technológiai viselkedés előszobáját és a Hominin kőeszköz technológiák megjelenéséhez vezető lépcsőfokot (Haslam, 2014; Haslam és Mtsai, 2009). Vagyis a kutatás az ütőkövek/ és üllől táplálkozási célú használatát úgy értékeli, mint az evolúciós előzményét, azaz a preadaptációját a Hominin fajokra jellemző kőeszköz készítési viselkedésnek: azaz ütőkövek használatának a kőeszközök átalakítása céljára.¹⁴

Míg tehát a csimpánzok kőeszköz-használata a fent leírtaknak megfelelően, nagy figyelmet kap a technológiai evolúció kutatásának területén, ezzel szemben az organikus technológiákra jóval kevesebb figyelem irányul. A kőeszközöknek a humán technológiai evolúcióban betöltött központi szerepének a feltételezése miatt (lásd: 2. fejezet) ugyanis, a csimpánzok növényi anyagokra épülő eszközhasználatát viszonylag ritkán kezelik úgy, mint az emberi technológiai viselkedés legkorábbi evolúciós előzményének a legfontosabb modelljét.

Ráadásul, a kőeszközöknek a technológiai evolúció középpontjába állítása egy további feltételezést is implicál: e szerint, az organikus (növényi) anyagok használata nem teszi lehetővé a magasabb szintű technológiai komplexitás kialakulását. A most következő alfejezet célja ez utóbbi feltételezés részletekbe menő megcáfolása lesz. Ennek során bemutatom, hogy a viszonylag egyszerű, ágakból, gallyakból, levelekből létrehozott eszközök használata során is a technológiai viselkedés viszonylag magas szintű összetettsége alakulhat ki, amint azt a modern csimpánz-etológia egyre részletesebben dokumentálja (Sanz és Morgan, 2009; McGrew 2013; Hunt, 2020)

¹⁴ Az angol nyelvű szakirodalomban ráadásul egy terminológiai zavar is járul mindehhez, mivel általában mind az ütőkő/üllő táplálkozási célú használatára, mind a pattintásos kőeszköz készítésre is a „percussive technology” kifejezés használatos.

3.4. A csimpánz eszközhasználata: organikus anyagok és technológiai komplexitás {Chimpanzee tool use: organic materials and technological complexity}

A most következő alfejezetben a csimpánzok eszközhasználatát a technológiai viselkedésre általánosan jellemző kritériumok (dimenziók) mentén fogom értékelni, kiemelt hangsúlyt helyezve az organikus technológiák használatára jellemző, több dimenzió mentén is érvényesülő komplexitás bemutatására. Az alábbi értékelésben az eszközhasználat nyolc elkülöníthető dimenzióját vizsgálom majd, később a 6. fejezetben pedig ugyanezen nyolc dimenzió mentén tárgyalom majd a korai Hominin fajok technológiai viselkedését is.

A technológiai viselkedés egy átfogó folyamat eredménye, amely magába foglalja az anyagok és tárgyak összegyűjtésével, átalakításával és eszközként való használatával járó tevékenységek egymásra épülő lépéseit. Vagyis a technológia (eszközhasználat) egy összetett, az egymáshoz funkcionálisan és okságilag is kapcsolódó cselekvések sorából felépülő viselkedésforma, mely több különböző **dimenziót (megvalósulási módot)** foglal magába, így materiális, ökológiai, társas (szociális és kulturális), és kognitív dimenziókkal is rendelkezik (Rolian és Carvalho, 2017; Kuhn, 2021).

A további elemzés céljára a csimpánzok és Hominin-ek technológiai viselkedésének az alábbi nyolc különböző dimenzióját fogom vizsgálni, illetve összehasonlítani:

- 1) **Materiális dimenzió:** a nyersanyagok mely kategóriái és típusai kerülnek használatra az eszközkészítés folyamatában
- 2) **Szelekció (anyagválasztás):** milyen fizikai és mechanikai tulajdonságok figyelembe vétele alapján kerül sor a nyersanyagok vagy kiindulási tárgyak kiválasztására az eszközök elkészítésének elkezdése során.
- 3) **Összegyűjtés és szállítás:** hogyan kerül végrehajtásra az eszközök készítéséhez szükséges anyagok felkutatása, összegyűjtése, a használat helyére való eljuttatása.
- 4) **Eszközkészítés eljárásai (előállítás):** milyen műveletek és milyen modifikáció irányul a nyersanyagra (kiindulási tárgyra) az egyes eszközök elkészítése során.
- 5) **Használat módjai:** az egyes eszközök használata során követett cselekvési sémák típusai.
- 6) **Technológiai repertoár változatossága:** az egyazon populáció (vagy egyazon faj) által használt, összes eszköztípus együttesén belül a megkülönböztethető eszköztípusok számának nagyságrendje.

7) Kulturális különbségek megjelenése: az egyazon faj különböző populációinak a technológiai repertoárjai (eszköztípusok együttese) között fennálló területi és regionális eltérések

8) Kognitív mechanizmusok: a technológiai viselkedés kivitelezéséhez szükséges kognitív funkciók, például előrelátás, tervezés, problémamegoldás, viselkedésbeli flexibilitás, szándékosság, tanulás, tanítás, önkontrol, stb.

Az itt következő áttekintés során tehát a csimpánzok technológiai viselkedésének a fent definiált nyolc dimenzió köré csoportosítva mutatom be. Ezt követően, a 6. fejezetben pedig ugyanezen nyolc dimenzió mentén hasonlítom össze a csimpánzokéval a korai Hominin-fajok technológiai viselkedését. Az alábbiakban, az egyes dimenziók tárgyalásánál, a csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó adatok bemutatásánál elsősorban az összegző tanulmányokra támaszkodtam (így például: McGrew 2010; 2013 Hunt, 2020; Whiten és mtsai, 1999 és 2001).

1) Nyersanyagok felhasználása (Materiális dimenzió): a nyersanyagok mely kategóriái és típusai kerülnek használatra az eszközkészítés folyamatában:

- organikus anyagok: a növényi eredetű anyagok széles köre (Pascual –Garrido, 2021), vagyis fa (vesszők, ágak, botok), levelek, fűszálak
- kőzetek: nagyméretű kövek ütőkőként (kalapácsként) és üllőként való használata
- a fő különbség a növényi anyagok és a kőzetek használata terén: az előbbit többféle funkcióra is használatos, az utóbbi esetében egyetlen fő funkció, a kalapács funkció dominál.

2) Szelekció (anyagválasztás): milyen fizikai és mechanikai tulajdonságok figyelembe vétele alapján kerül sor a nyersanyagok vagy kiindulási tárgyak kiválasztására az eszközök elkészítésének elkezdése során:

- a csimpánzokra többféle növényi nyersanyagok (fák, növények, növények részei) a használata és e nyersanyagok tulajdonságaiknak az ismerete jellemző (Pascual-Garrido, 2018 és 2019):
- vagyis a különböző növényi anyagokat szisztematikusan használják fel eszközkészítés céljára, kiválasztva a legmegfelelőbb anyagokat biztosító növényfajokat
- hasonló szelektivitás és a tulajdonságok mérlegelése (súly, méret, porózusság) figyelhető meg a kalapács-üllő funkcióban használt kövek kiválogatása során is.

3) Összegyűjtés és szállítás: hogyan kerül végrehajtásra az eszközök készítéséhez szükséges anyagok felkutatása, összegyűjtése, a használat helyére való eljuttatása (Pascual-Garrido és mtsai, 2012; Haslam és mtsai, 2017):

- az egyszerű (egy elemből álló) eszközök elkészítése is az alapanyagok felkutatását, szelektálását igényli
- felhasznált növényi alapanyagokhoz szükséges növényfajok megkülönböztetésének és felkutatásának képessége
- anyagok szállítása a későbbi használat helyére: igen (legfeljebb pár száz méteres távolságra)
- eszközök hordozása: igen (legfeljebb pár száz méteres távolságra)

4) Eszközkészítés eljárásai (előállítás): milyen műveletek és milyen modifikáció irányul a nyersanyagra (kiindulási tárgyra) az egyes eszközök elkészítése során (McGrew, 2013; Hunt, 2020):

- a csimpánzok számos különböző eszköz-funkcióban használnak egyrészt a természetben talált tárgyakat (naturalfacts), szándékos modifikáció nélkül és átalakított, modifikált tárgyakat (artefacts)
- a kőeszközöknél: nincs szándékos modifikáció (naturalfacts)
- az organikus eszközöknél: kézzel és fogakkal kisebb vagy nagyobb mértékben módosított, átalakított tárgyak (artefacts) használata.
- az organikus technológiák esetében az állatoknak előzetesen úgy kell kialakítaniuk az eszközöket, hogy azok a majdani használatnak megfelelő végződéssel, hosszúsággal, vastagsággal, terhelhetőséggel rendelkezzenek
- a növényi anyagokból készített eszközöknél alkalmazott modifikációs eljárások: hajlítás, törés, tépés, fogakkal való alakítás

5) Használat módjai: az egyes eszközök használata során követett cselekvési sémák és cselekvési stratégiák típusai:

- repetitív erő kifejtésen alapuló használat: egyetlen művelet ismételtetése, például leütések ismétlése (kalapács és üllő használata pálmadió feltörésére), betolás és kihúzás ismétlése (a természetvár bejáratának kitágítása bottal, természetfogás fűszál használatával, stb.). Ez tekinthető az eszközhasználat alaplómódozatának, aminek lényege, hogy az eszköz az egy adott céltárgyra irányuló erő kifejtést, hatásgyakorlást tesz lehetővé.
- szekvenciális használat: több elem megfelelő sorrendben történő szekvenciális használata, melynek során az ugyanazon végcélra irányuló tevékenység több, logikailag is egymást

követő cselekvési lépésből épül fel. Ezekben az esetekben a csimpánzok több eszközből álló eszközkészleteket (tool set) használnak (Sanz és Morgan, 2009; Wiefreid és mtsai, 2014). Így például, egy vastagabb ág a természetvár vagy hangyaboly bejárati nyílásának kitágításához, vékonyabb gally/fűszál használata a rovarok begyűjtéséhez (Bermejo és Illera, 1999). Hasonló módon, több eltérően kialakított botot/ágot használnak a fán, faodúban található kaptárhoz való hozzáférés, majd a méz kimeregetése céljára (Sommer és mtsai, 2012).

- egyazon eszköz alkalmi használata: a csimpánzok a kész eszközöket általában a használat helyén hagyják, és nem viszik magukkal, egy másik helyen történő használat céljára. E helyett, a legközelebbi alkalommal új eszközt készítenek maguknak. Mindez összefügg azzal, hogy egyszerű, manuális eszközkészítési módokat alkalmaznak, így az újabb eszköz létrehozása nem igényel nagy ráfordítást.

- egyazon eszköz rendszeres használata: a fenti tendencia alól kivételt jelent a kőalapácsok és üllők használata. Ezeknek a súlyos, nehezen szállítható eszközök, melyek a táplálkozási helyeken maradnak és több alkalommal visszatérve ismételten használhatóak.

6) Technológiai repertoár változatossága: az egy adott helyi csoport, illetve a csimpánzok, mint faj által rendszeresen, ismétlődő jelleggel megvalósított különböző eszközhasználati formák összesített száma (Whiten és mtsai, 1999 és 2001):

- eszközök típusainak száma: ahogy azt fentebb már tárgyaltam, a csimpánzok esetében az egyazon populáció által használt, összes eszköztípus számának nagyságrendje a tizet is meghaladhatja, a legtöbb csoportnál az eszköztípusok száma 6 és 15 között található (Hunt, 2020).

7) Kulturális különbségek megjelenése: az egyes csoportok eszköz-repertoárjában állandó jelleggel ugyanazok az eszközhasználati módok vannak jelen, miközben az eltérő régióban élő csoportok repertoárjai között eltérések mutathatóak ki (Henrich és Tennie, 2017). Feltételezhető, hogy az ilyen helyi különbségek nem genetikai eltérésekre, hanem az eltérő tanult, vagyis kulturális eredetű viselkedésbeli eltérésekre vezethetőek vissza:

- a csimpánzok különböző populációi körében kulturálisan eltérő, helyi technológiai tradíciók, vagyis eltérő nyersanyaghasználat (például más-más növényfajok használata), és eltérő eszköztípusok figyelhetőek meg (Whiten, 1999 és 2001, Sanz és Morgan, 2007).

- a technológiai viselkedés során felhasznált ismeretek és lépések nagy száma (Sanz és Morgan, 2009) kizárja azt, hogy minden egyes egyed az egyéni, próba-szerencse jellegű ráhibázásos tanulás útján jusson el az eszközhasználat hatékony formáihoz.

- vagyis az eszközhasználathoz az egyedek közötti kulturális tanulás és információ átadás szükséges (Henrich és Tennie, 2017).
- Az emberszabásúak esetében a csimpánzoknál, gorilláknál, és orangutánoknál is ez a kulturális tanulás tehát elsősorban az anya – gyermek kapcsolaton belül zajlik le (van Schaik, 2016).

8) Kognitív mechanizmusok: az eszközkészítés és eszközhasználat során végrehajtott következtetési, emlékezeti és döntéshozási műveletek (Lonsdorf és Sanz, 2022):

- a csimpánzok eszközeinek az elkészítése és a használata is több egymást követő, sorrendileg és logikailag egymásra épülő cselekvési lépést igényel, ezért az egyes lépések elvégzése során a munkamemóriában felidézést igényelnek a rákövetkező lépések és a végcél is
 - mindebből adódóan az eszközkészítéshez szándékosság, tervszerűség és előrelátás szükséges, ami egyúttal a múltbeli tapasztalatok és szituációk memorizálását és felidézését is feltételezi
- előrelátáson alapuló öntéshozás az eszközkészítés egyes fő fázisai során (vagyis az 1.-5. számú dimenziók területein)

A fentieket összegezve, a csimpánzok technológiai viselkedését tehát a növényi eredetű (organikus) anyagok széleskörű felhasználása jellemzi. Az organikus technológiák használatára mind a nyolc fentebb tárgyalt dimenzió mentén jelentős mértékű komplexitást és sokféleséget mutat. A csimpánzok eszközhasználatára ez a változatosság ráadásul nem csak az itt tárgyalt technológiai dimenziókon belül jellemző. Az eszközhasználat adaptív-funkcionális dimenziója területén szintén jelentős változatosság figyelhető meg, mivel az eszközöket számos táplálkozási tevékenység és egyéb tevékenység során is használják (lásd később: 6. fejezet).

A kövek (kőzetek) eszközként való használata bár jelen van, egyetlen fő funkcióra korlátozódik: a növényi termések feldolgozására (héjak feltörésére) a kalapácsként, vagy kalapács/üllő kombinációjaként használt kövekkel (lásd: 3.3. alfejezet). Ezzel szemben, a csimpánzoknál az organikus anyagok (ágak, szárazak, levelek, stb.) eszköz-funkcióban történő használata terén jelentős, nagymértékű változatosság mutatható ki.

Ha pedig a csimpánzok eszközhasználatát a technológiai aspektuson túllépve, az eszközhasználat adaptív-funkciója alapján kategorizáljuk (lásd 6. fejezet), szintén azt látjuk,

hogy az organikus technológiák lényegesen több adaptív funkcióval kapcsolódnak össze: részben különböző táplálkozási tevékenységekkel (rovarokhoz, földalatti gumókhoz, mézhez való hozzáférés), részben egyéb, nem-táplálkozási tevékenységekkel is (lásd 6. fejezet).

Ezzel szemben, az ütőkövek/üllők kategóriájának a használata mindössze egyetlen fő adaptív funkció területén jelenik meg: a szilárd héjú növényi termések (pálmadió fajok, stb.) feltörése.

Összegezve a csimpánzok technológiai viselkedésének középpontjában az organikus technológiák állnak, melyeket számos különböző módon használnak, és amelyek így a csimpánzok életmódján belül több különböző adaptív funkciót is betölthetnek. Ily módon, a csimpánzokra, mint fajra, illetve a fajuk különböző populációira nem csak a technológiai repertoárjuk változatossága jellemző, hanem a technológiai viselkedés adaptív funkcióinak a sokfélesége is (ez utóbbi témát lásd később, a 6. fejezetben).

3.5. A főemlős-régészet, mint új kutatási irányzat

{Primate archaeology as a new research agenda}

Az előző alfejezetben egy átfogó értékelést mutattam be a csimpánzok technológiai viselkedéséről. Ezzel a képpel kapcsolatban érdemes kiemelni, hogy nagyban támaszkodik arra a primatológián (főemlős etológián) belül lezajló kutatási fordulatra, ami az utóbbi időszakban ment végbe (Haslam és mtsai, 2009 illetve 2017; Luncz és mtsai, 2022).

Korábban ugyanis sokáig a főemlős etológia (primatológia) kutatási fókuszában az eszközhasználat, mint állati viselkedési mód megfigyelése állt, - vagyis az eszközökre, mint e viselkedés produktumaira nem irányultak vizsgálatok. Ez a magának az állati viselkedésnek a leírását célzó megközelítés olyan témákat állított az előtérbe, mint az eszközhasználat ökológiai szerepe a táplálkozásban, az eszközhasználat és a szociális kapcsolatok közötti összefüggések, vagy éppen a kognitív képességek azonosítása (Rolian és Carvalho, 2017). Ezekkel a viselkedésnek a tanulmányozásából kiinduló témákkal szemben, újabban viszont egyre nagyobb teret kap a főemlős-technológiák tárgyi és materiális aspektusainak a kutatása. E megközelítés középpontjában tehát az eszközök, mint a viselkedés produktumai állnak. A kutatás célja annak a folyamatnak a leírása, amelynek az fázisai az eszköz létrehozása, használata, majd végül a használatot követő megőrződése (Haslam és mtsai, 2017).

Ennek az új megközelítésnek a kialakulása egy új irányzat, a „főemlősrégészet” (Primate Archeology) megjelenésével kapcsolódott össze (Haslam és mtsai, 2009 és 2016). A főemlősrégészet elnevezése arra utal, hogy ez a megközelítés a hagyományos régészettudomány kérdéscégeit alkalmazza a főemlősök technológiai viselkedésére. E régészeti szemléletnek megfelelően (mint azt fentebb leírtam), a kutatás fő tárgyát elsődlegesen nem a viselkedésnek, hanem a viselkedés tárgyi produktumainak a vizsgálata jelenti.¹⁵

Ennek az új megközelítésnek a kidolgozása során a főemlősrégészet kezdetben a főemlősök kőeszköz-használatát állította a középpontba, vagyis az az ütőkövek/üllők által itt fentebb tárgyalt technológiai kategóriáját. Ennek a téma-választásnak a fő oka, hogy a hagyományos régészeti kutatásnak is a kőeszköz-használat áll a középpontjában, így a régészet kutatási módszertanának egyes elemei közvetlenül is alkalmazhatóak voltak a főemlősök kőeszköz-használatára. Ennek megfelelően, a főemlős-régészet az eszközhasználat teljes folyamatának a materiális aspektusait vizsgálja, beleértve az alábbi kérdéseket:

- hogyan kutatják fel és választják ki a majmok a köveket,
- milyen anyagokat és milyen méretű és súlyú tárgyakat preferálnak,
- milyen távolságból juttatják el az eszközöket a táplálkozási helyekre,
- hogyan halmozódnak fel a táplálkozási helyeken, például a diótörő helyeken a használat során a kőeszközök (kalapácsok, üllők, szilánkok és töredékek),
- sor kerül e- lelőhely-képződésre a főemlősök azonos helyen zajló több évtizedes eszközhasználat során, vagy azt kövően (például kialakul e- záró talajréteg a helyszínen hagyott kőeszközök fölött, hasonlóan az emberi eredetű régészeti lelőhelyekhez)
- milyen használati nyomok és kopások alakulnak ki az eszközökön,
- hogyan utalnak ezek a nyomok az eszközök használati funkciójára.

A főemlősrégészet itt leírt új megközelítése mára több különböző főemlős taxon, így a dél-amerikai csuklyásmajmok, az ázsiai makákók, és az afrikai csimpánzok tanulmányozásában is egyre nagyobb nyert teret (Haslam és mtsai, 2017).

¹⁵ A régészetnek azonban a jelen és a múlt között fennálló időbeli távolság miatt valójában nincs lehetősége a múltbeli viselkedés vizsgálatára, ezért tudja csupán annak materiális maradványait vizsgálni. A főemlősrégészet tehát előnyösebb kutatási pozíciót foglal el, mivel nem csak az eszközhasználat produktumait, hanem magát a viselkedést is közvetlenül tanulmányozhatja.

Ez a megközelítés kezdetben tehát a csimpánzok kutatása esetében is elsősorban kőeszközök használatának kutatására területén érvényesült (Luncz és mtsai, 2018). Az utóbbi néhány évben azután az új módszertan széleskörű hatást gyakorolt a primatológián belül az eszközhasználatnak, mint viselkedési módnak a kutatására, vizsgálati módszereire és kérdésfeltevéseire. Vagyis mindössze néhány éven belül, a „főemlősrégészet” egy új irányzatból napjainkra már a primatológia általános, standard megközelítési módjává vált.

Mindennek fontos következményei voltak a csimpánzok viselkedésének kutatása terén is. Ugyanis ma már nem csak a kőeszközök használatnak, de az organikus technológiák használatának a kutatásán belül is előtérbe került ez az új, az eszközhasználat valamennyi fő részfázisának a leírását és dokumentálását célzó kutatási módszertan (Pascual-Garrido 2021; Luncz és mtsai, 2022). A csimpánzok technológiai viselkedésének az 5.2. alfejezetben bemutatott áttekintése során tehát nagyban támaszkodtam a primatológián belül lezajlott, itt csak vázlatosan ismertetett kutatási fordulat eredményeire.

3.6. „Növény-korszak” a kőkorszak előtt: az organikus technológiák szerepe {„Plant age” before the stone age: the role of organic technologies}

A csimpánzok eszközhasználatának a technológiai komplexitására vonatkozóan a 3.2 – 3.3. alfejezetekben bemutatott átfogó kép alapján két, a humán technológiai evolúcióval kapcsolatban is alapvető belátást szükséges kiemelni:

-1: az emberszabásúak eszközhasználatának az organikus technológiák változatos használata áll a középpontjában. Vagyis, bár a kővek eszközként való használata is jelen van, és néhány csimpánz populációnál fontos szerepet játszik, összességében nem ez a technológiai repertoár fő eleme.

-2: az eszközhasználat viszonylag magasfokú komplexitásának és sokféleségének kialakulása végbemehet egy, az elsődlegesen az organikus (növényi) anyagokra épülő viselkedési repertoáron belül is. Vagyis a magasabb szintű komplexitás felé tartó technológiai evolúció beindulása számára megfelelő materiális közeget jelenthet az organikus anyagok használata is.

E két új belátás egyúttal, ahogyan arra később, a II. rész fejezeteiben visszatérek, a humán- és Hominin technológiai evolúció új elméleti modelljének kialakításának a szükségességét is felveti. A jelenlegi modellek szerint ugyanis a technológiai evolúció kezdete a pattintásos kőeszköz technológiák használatának a kezdetével esik egybe. Ezen a hagyományos modellen belül maradva, a kőeszközök, mint viselkedési adaptáció evolúciós előzményét az ütőkövek használata (kalapálás) jelentette (Haslam és mtsai, 2009; Barrett és mtsai, 2018). A diók és más termések ütőkövek használatával, kalapálással való feltörése során, véletlenszerű melléktermékként jelent volna meg a pattintásos (leütéses) eljárással végzett kőeszközkészítés.

A technológiai evolúció kezdetének e hagyományos, kőeszköz centrikus magyarázatával szemben, az e fejezetben bemutatott primatológiai bizonyítékok alapján azonban egy új hipotézis is felvethető: a kőeszközök használatának legfontosabb evolúciós előzményét az organikus technológiáknak a több millió éven át zajló használata jelenthette, melynek különböző formái ismétlődően kialakulhattak és továbbfejlődhettek az egymást követő Hominin-fajok viselkedési repertoárján belül.

Vagyis a csimpánzok organikus anyagokra épülő eszközhasználatának adatai jelentős mértékben átalakíthatják a technológiai evolúcióra vonatkozó, hagyományosan a kőeszközöket középpontba állító korábbi képünket (Pascual-Garrido, 2021). A csimpánzokra ugyanis – bár ütőkő technológiákat is használnak - egy alapvetően organikus technológiákból álló repertoár a jellemző. Tehát egy a szerves, lebomló, „régészeti leletként” csak a jelen időben, vagyis mindössze legfeljebb néhány hétig megőrződő növényi anyagokból álló eszközkészletről beszélhetünk (Pascual-Garrido, 2018 és 2021).

Ezekre a környezetükben nagy mennyiségben rendelkezésre álló növényi anyagokra épülően azonban, a komplex technológiai viselkedés számos komplex formáját alakítják ki. Ez a technológiai viselkedés mind funkcionálisan sokrétű, mind pedig a csimpánzok fejlett kognitív képességeinek a sokoldalú alkalmazását feltételezi (lásd később: 6. fejezet).

4. fejezet

A csimpánzok eszközhasználata, mint a korai Hominin technológiai viselkedés modellje {Chimpanzee tool use as a model of the earliest Hominin technological behaviour}

4.1. A Hominin technológiai evolúció ismeretlen időszaka: a kőeszközök megjelenését megelőző fázis

{The unknown period of Hominin technological evolution: the pre-stone tools phase }

A paleoantropológiának a Hominin technológiai evolúció hagyományos narratívája kizárólag egyetlen adat-csoporton, a régészeti lelőhelyeken előkerülő kőeszközök adatain alapul (lásd: 2. fejezet). Ezek az adatok viszont egyoldalú módon korlátozzák a Hominin technológiai evolúció magyarázatait. A kőeszköz adatok ugyanis egyáltalán nem szolgáltatnak információkat az organikus (növényi anyagokon alapuló) technológiák evolúciós szerepére és az ilyen technológiák korai adaptív funkcióira vonatkozóan.

A csimpánzok technológiai viselkedésének részletes analízise (3. fejezet) számos kérdést vet fel a fent leírt, a kőeszközökre fókuszáló narratívával szemben. A csimpánz eszközhasználat ugyanis nem korlátozódik a kőeszközökre (ütőkővekre és üllőkre), e helyett egy olyan materiális sokféleség jellemezi, amelyen belül az ezeknek az emberszabásúak (Hominidáknak) a környezetében korlátlan mennyiségben elérhető organikus eredetű (főleg növényi, de részben állati eredetű) anyagok széles körének a használatára került sor (Pascual-Garrido, 2018; 2019 és 2021).

Mindez továbbá felveti annak a hipotézisnek a lehetőségét, hogy a Hominin fajok technológiai viselkedésének közel 6 millió éves evolúciója során, a korai Oldowan kőeszközök 2,6 millió évvel ezelőtti megjelenését is az organikus technológiák használatának a hosszú, ismeretlen időszakai előzhették meg.

Itt, a 4. fejezetben, illetve azt követően a Disszertáció teljes II. részében, amellet fogok érvelni, hogy a csimpánzok fentebb részletesen bemutatott, organikus technológiákra eszközhasználata evolúciós analógiaként használható fel a Hominin technológiai viselkedésre vonatkozó evolúciós modellek kialakítása céljára.

Ez a megközelítés természetesen nem előzmények nélküli a primatológia, illetve paleoantropológia területén belül (McGrew, 2010; McGrew és Foley, 2009; Gamble, 2008; Wynn és mtsai, 2011; Bandini és mtsai, 2022). E megközelítések középpontjában azonban általában egy, a csimpánzok és korai Hominin fajok technológiai viselkedése között fennálló, közvetlen, direkt analógia lehetőségének feltételezése áll.

Innen továbblépve, ebben a Disszertációban ezt az evolúciós analógiát megpróbálom majd egy szisztematikusan használt, komparatív filogenetikus elméleti kereten belül elhelyezni. Ez a keret pedig lehetőséget nyújt rá, hogy a technológiai viselkedés evolúcióját egy jóval tágabb filogenetikus perspektívában is tanulmányozzuk, amelyet az 1. fejezetben már felvázoltam. Ez az általam alkalmazott megközelítés tehát lehetőséget nyújt majd rá, hogy a nem-humán nagy emberszabásúak (*Hominidae*), másrészt a már kihalt korai emberfélék fajainak (*Hominini*) az eszközhasználatát egy egységesített elméleti és fogalmi kereten belül tárgyaljuk.

A fent felvázolt egységesített elméleti keretnek a részletes kidolgozását a későbbiekben Disszertáció II. részének a fejezetében fogom elvégezni. Ez az itt javasolt megközelítés tehát tulajdonképpen, mint a Hominin technológiai evolúció csimpánz-modellje írható le. Ezt megelőzően, a most következő 4. fejezet célja a Hominin technológiai evolúció egy ilyen csimpánz-modelljéhez szükséges elméleti háttér áttekintése lesz. Ebben a fejezetben tehát részletesen áttekintem azokat a kérdéseket, hogy a csimpánzok viselkedését milyen filogenetikai, illetve ökológiai összefüggések mentén kezelhetjük úgy, mint a korai Hominin fajok eszközhasználatának az evolúciós analógiáját.

4.2. A korai Hominin technológiai viselkedés evolúciója egy komparatív filogenetikus keretben

{The evolution of early Hominin technological behaviour in a comparative phylogenetic framework}

Az előző alfejezetben tehát egy olyan megközelítés mellett érveltem, amely a csimpánzok technológiai viselkedésének adatai használja fel a korai Hominin viselkedésre vonatkozó hipotézisek kialakítása céljára.

E megközelítésre röviden a korai humán technológiai evolúció „csimpánz-modellje” elnevezést is használhatjuk. E modell kialakításának első lépéseként itt, vagyis a Disszertáció I. részének záró fejezetében a továbbiakban azt a kérdést tekintem át, hogy a csimpánzokra vonatkozó adatokat hogyan használhatjuk fel egy komparatív filogenetikus elméleti megközelítésnek a keretei között a korai Hominin-fajok technológiai viselkedésére vonatkozó, tesztelhető következtetések kialakítása céljára.

A komparatív filogenetikus megközelítés alkalmazása azt jelenti, hogy az emberre jellemző morfológiai, fiziológiai, vagy viselkedési adaptációk evolúciós eredetének kérdéseit egy, a főemlősökre és az emberre is kiterjedő, komparatív törzsfajlódási perspektívában vizsgáljuk (Van Schaik, 2016). Egy ilyen filogenetikus elméleti keret három fő, egymáshoz kapcsolódó elvre épül:

- 1) a fajok közötti leszármazási viszonyokat a modern molekuláris biológiai (elsősorban genetikai) elemzések alapján felvázoló „filogenetikus fák” használata (Upham és mtsai, 2019)
- 2) a filogenetikus összehasonlító elemzés alapfogalmainak alkalmazása (Van Schaik, 2016): bármely, éppen vizsgált sajátosság eredetét tekintve lehet egyrészt „homoplázia” (két vagy több fajnak a nem leszármazás, hanem a hasonló környezethez való párhuzamos alkalmazkodás útján szerzett közös, analógiás tulajdonsága), másrészt „homológia” (két vagy több fajnak a közös őstől leszármazáson keresztül örökölt közös tulajdonsága). Az utóbbi, vagyis a homológikus sajátosságok esetében megkülönböztetést igényelnek egyrészt a pleizomorfikus (evolúciósan ősi, eredeti) sajátosságok, melyeket egy osztály (*classis*) vagy rend (*ordo*) valamennyi faja örököl a csoport közös őseitől, másrészt az apomorfikus (evolúciósan új, szerzett vagy leszármazott) sajátosságok, melyek csak egy behatárolt fajcsoport, azaz klád fajainak körében jelennek meg.
- 3) az összehasonlított tulajdonságok átfogó vizsgálata a magyarázat különböző szintjein: egy adaptívnek nyilvánított humán sajátosság filogenetikai történetének rekonstruálásához az adott sajátosság mögött álló fiziológiai, hormonális, idegrendszeri, és genetikai mechanizmusoknak az összehasonlítására is szükség van (Konner, 2021; Szabó és Bereczkei, 2022).

A technológiai evolúció kutatása esetében egy ilyen, az emberszabásúak eszközhasználatát is figyelembe vevő, komparatív filogenetikus megközelítés alkalmazásának számos előnye van. Ezek közül a legfontosabb azonban, hogy ily módon arra az időszakra vonatkozóan is lehet következtetéseket és hipotéziseket kialakítani, amely megelőzi a kőeszközök rendszeres

használatának 2,6 millió éves kezdetét. (Az 1. fejezetben ezt az időszakot, mint a technológiai viselkedés esetleges evolúciós megjelenésének fázisát határoztam meg).

Az itt javasolt, filogenetikus kereten belül, a ma élő főemlősök és emberszabásúak eszközhasználata, mint olyan evolúciós analógia vizsgálható, amely párhuzamba állítható a már kihalt, korai Hominin-fajok technológia viselkedésével. Ezen az analógián belül tehát a ma élő fajoknak a priamtológia által leírt viselkedése alapján alakíthatunk ki tesztelhető elméleti következtetések a múltbeli Hominin fajok viselkedésére vonatkozóan (van Schaik, 2016; Rolian és Carvalho, 2017; Bandini és mtsai, 2022). Ily módon a technológiai viselkedés evolúcióját a humán evolúció teljes, hozzávetőleg 6-7 millió éves időtartamán keresztül, vagyis az emberfélék (*génusz Homo*) és a csimpánz (*génusz Pan*) legutolsó közös őseitől (last common ancestor, - a továbbiakban rövidítve: LCA) vizsgálhatjuk. Nyilvánvaló, hogy egy ilyen átfogó filogenetikus és időrendi kereten belül, az evolúciós magyarázatok egyrészt jóval nagyobb magyarázó erőre tehetnek szert, másrészt a korábban mellőzött problémákat is új nézőpontokból közelíthetjük meg.

4.3. A csimpánz (*Pan troglodytes*) mint modell-faj a humán technológiai evolúció tanulmányozásában

{The chimpanzee (*Pan troglodytes*) as a model species for the studies of human technological evolution}

A komparatív filogenetikus keret alkalmazása tehát azt jelenti, hogy a technológiai viselkedést egy olyan jóval tágabb időrendi és evolúciós perspektívába helyezzük, melyen belül a ma élő recens főemlősök (Primates) eszközhasználatának a modern főemlős-etológia (primatológia) által dokumentált, nagyszámú különböző példáját a mára kihalt, korai Hominin fajok eszközhasználat evolúciós analógiáiként vizsgálhatjuk.

Ezen a ponton fontos ismét utalni arra, hogy a főemlősök rendjén belül az eszközhasználat az újvilági és az óvilági majmok több fájára is jellemző, így például a csuklyásmajmokra (Barrett és mtsai, 2018), a makákókra (Haslam és mtsai, 2016), az emberszabásúak nemzettségén belül pedig az orangutánokra (Meulman és van Schaik, 2013) illetve a csimpánzokra (McGrew, 2010). E fajok viselkedése tehát egyaránt potenciális analógiaként használható a technológiai evolúció tanulmányozása során is. Emiatt felvethető az a kérdés, hogy az

eszközhasználó főemlős fajok halmazán belül miért éppen a csimpánzok technológiai viselkedését szükséges a korai emberfélék technológiai viselkedésére vonatkozóan kiemelt fontosságú evolúciós analógiaként kezelnünk.

A fenti kérdés nem csak a technológia, hanem más „egyedülállóan emberi” viselkedésformákra is vonatkozik. Alapvetően kétféle válasz fogalmazható meg erre a kérdésre. Az egyik megközelítés szerint, a csimpánznak, mint modell fajnak kiemelt szerepe van az emberi viselkedés evolúciójának tanulmányozása terén (Wrangham, 1987; McGrew és Foley, 2009). Ennek egyszerűen az az oka, hogy a csimpánz filogenetikailag az ember legközelebbi testvérfaja, amely emellett azonban morfológiai (és feltételezhetően viselkedési) sajátosságai tekintetében az embernél nagyobb mértékben őrizte meg a két nem közös ősére (Pan-Homo LCA) jellemző kiinduló állapotnak a sajátosságait (Pilbeam és Lieberman, 2017). Más kutatók azonban bírálattal illették a humánevolúció e csimpánzokra fókuszáló megközelítését, melyet Tooby és De Vore (1987) referenciális modellként azonosítottak. E modell lényege, hogy minden humán sajátosság evolúcióját a modell-faj annak megfeleltethető sajátosságaira visszavezetve vizsgálja. Tooby és De Vore (1987) a referenciális modellek helyett, a konceptuális modellek alkalmazását javasolják. Az ilyen modellek külön vizsgálják az egyes humán sajátosságokat, és nem csak egyetlen faj, hanem azokat valamennyi főemlős faj megfeleltethető sajátosságaival összehasonlítva alakítanak ki filogenetikus következtetéseket.

A fent ismertetett kritika ellenére, számos érv hozható fel amellelt, hogy a csimpánzt, mint modellfajt használjuk az emberi viselkedés valamennyi aspektusának evolúciójának kutatása során. Mindazonáltal, e kérdést itt csak a technológiai viselkedés evolúciója vonatkozásában tárgyalom. Álláspontom szerint, a technológiai evolúció területén belül a csimpánzok eszközhasználatának kiemelkedő jelentőségét három meghatározó összefüggés is indokolja:

- 1): Filogenetikai összefüggések: a csimpánz (*Pan troglodytes*) mint faj filogenetikus helyzetét tekintve a *Homo* génusz legközelebbi ma élő rokonfajának tekinthető.
- 2): Technológiai viselkedés komplexitásának szintje: a csimpánzok technológiai viselkedése egyedülálló az állatvilágban mind változatosságát, mind komplexitását tekintve, ezért minden más ma élő állatfajnál jobb evolúciós analógiát nyújthat a korai emberi technológiai viselkedés kutatásához.
- 3) Ökológiai összefüggések: az Afrika egyenlítőhöz közeli területein ma élő csimpánzok olyan biogeográfiai környezethez adaptálódtak, amely az ökológiai feltételek tekintetében

több szempontból is párhuzamba állítható a korai Hominin fajok eredeti adaptációs környezetével.

A következő alfejezetben tehát ezt a három, alapvető összefüggést fogom részletesebben is ismertetni.

4.4. A csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó adatok jelentősége: három összefüggés **{The significance of chimpanzee tool use data: three correlations}**

Az alábbiakban tehát azt a három elméleti összefüggést tárgyalom, amelyek miatt a csimpánz, mint modell faj kitüntetett szerepet tölt be a humán technológiai evolúció tanulmányozásában.

1) Filogenetikai összefüggések.

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 filogenetikus 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 (nemzettséget) foglal magába (van Schaik, 2016): az orangutánokat (pongidae), a gorillákat (Gorillini) a csimpánzokat (génusz Pan), másrészt az emberfélét (génusz Homo). Azonban a komparatív molekuláris biológiai kutatások, és azon belül is legújabbban a genetikai bizonyítékok, vagyis az egyes fajok DNS állományának összehasonlító elemzése segítségével pontosítani lehet az e négy klád közötti filogenetikus viszonyokat (Moorjani és mtsai, 2016; Pilbeam és Lieberman, 2017). E szerint, az emberszabásúak négy nemzettsége között az időrendileg legújabb keletű kladogenetikus szétválásra a csimpánz (génusz Pan) és az ember (génusz Homo)¹⁶ került sor, mindössze 6-9 millió éve. Ehhez viszonyítva, a csimpánzok és a gorillák közötti kladogenetikus szétválásra hozzávetőleg legkésőbb 10 millió éve került sor, az orangutánok és az afrikai emberszabásúak közötti szétválásra pedig 15 millió éve (Moorjani és mtsai, 2016).

¹⁶ Az előbbibe, azaz a Panidae-hoz két ma élő faj, a közönséges csimpánz (*Pan troglodytes*) és a bonobó vagy törpecsimpánz (*Pan paniscus*) tartozik. Az utóbbiba mindössze egyetlen ma élő faj, a *Homo sapiens* tartozik.

Tehát, az ember és a csimpánz legutolsó közös ősének (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 kladogenetikus - 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.

Mindebből következően, a csimpánz filogenetikus értelemben a ma élő legközelebbi rokonfaja nemcsak az embernek (*H. sapiens*), hanem minden más, az 1.2 alfejezetben említett, mára kihalt Hominin- fajnak is.¹⁷ A csimpánznak (*Pan troglodytes*) mint fajnak a Hominidák családján belül elfoglalt filogenetikus pozíciójából adódóan, a csimpánz tehát a legfontosabb jelenleg élő, nem kihalt modellfaj szerepét tölti be az emberi evolúcióra vonatkozó következtetések kialakítása során.

Ez ráadásul egy olyan evolúciós analógia, amely az eszközhasználat mellett, mára már a „kizárólagosan emberi” viselkedési módok számos más területén is széles körben használatossá vált. Így a „csimpánz-modellek” használatának kiemelkedő szerepe volt például a háború és csoportközi agresszió (Wrangham, 2019), a dominancia elérésére irányuló szociális koalíciók (de Waal, 2007), a nyelvi kommunikáció (Hunt, 2020 a vadászat (Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2017) és a táplálékon való osztozkodás (Isaac, 1978) evolúciójára vonatkozó kutatások területén is.

A filogenetikai összehasonlítás végkövetkeztetése, hogy figyelembe véve mindkét faj, a csimpánz és az ember jelenkori fejlett technológiai képességeinek mai meglétét, feltételezhető, hogy e képességeknek az evolúciós előzményeivel az említett közös ő (LCA) is rendelkezett (Rolian és Carvalho, 2017). Ebből következően, az organikus technológiák használatának a mai csimpánzoknál megfigyelhető különféle formái a részét képezhették az ősi emberfajoknak (a mai ember elődeinek) a viselkedési repertoárjának is.

2) Technológiai viselkedés komplexitásának szintje által képviselt analógia.

¹⁷ Természetesen ez az állítás csak az ember, azaz a *Homo sapiens* figyelmen kívül hagyásával érvényes.

A csimpánz-modellek használatát a technológiai evolúció kutatása során egy további ok is indokolja: a csimpánzok eszközhasználatának a változatossága és bonyolultsága. Ugyanis a csimpánzok technológiai viselkedése a legsokrétűbb az egész állatvilágban. Ha pedig az összevetést a ma élő főemlős fajokra szűkítjük le, akkor is csak egyetlen másik emberszabású, az orangután viselkedésének a komplexitása közelíti meg a csimpánzokét, a megkülönböztethető eszköz-típusok számának tekintetében (Meulman és van Schaik, 2013; van Schaik, 2016).

CSIMP TECHN –REVIEW:

A korai terepi primatológiai kutatások egyik legnagyobb hatású eredménye az 1950-es és 60-as években az a felfedezés volt, hogy a vadon élő csimpánzok viselkedésének a tanzániai Gombe térségében az eszközkészítés és eszközhasználat is része (Goodall, 1986). Azóta, az utóbbi évtizedek primatológiai (főemlős-etológiai) kutatásainak egyik eredményeként, mára minden korábbinál összetettebb és részletesebb adataink vannak a csimpánzok technológiai viselkedéséről (McGrew, 2010 és 2013). Az elmúlt évtizedekben Gombe mellett több más afrikai országban is kialakultak a terepi kutatóállomások (Hunt, 2020), amelyek a helyi csimpánz-populációk hosszú távú megfigyelése során, részletesen dokumentálták a csimpánzok technológiai viselkedésének változatos formáit. Ezen adatok alapján, egy közelmúltbeli áttekintés a csimpánzok által használt eszközök 63 különböző típusát összesítette (Meulman és van Schaik, 2013), de ez a lista folyamatosan bővíthető az újabb kutatások alapján.¹⁸

A csimpánz, mint faj esetében a technológiai viselkedés két olyan fontos sajátossága is kimutatható, amelyek minden más főemlős körében csak egyetlen másik ma élő fajra, az emberre jellemzőek:

- 1) az eszközhasználat a fajon belül általános: valamennyi olyan csimpánz populációnál, amely hosszú tartamú terepi primatológiai kutatás alanya volt, kivétel nélkül dokumentálásra került a technológiai viselkedés valamely formája (Rolian - ???)
- 2) helyi, csak az adott populációkra jellemző eszközhasználati repertoárok, vagyis a regionálisan eltérő kulturális tradíciók kialakulása is (Whiten és mtsai, 1999 és 2001).

¹⁸ E kutatási terület fő problémáját inkább az jelenti, hogy a csimpánzok (és más főemlősök) vadon élő populációi az erdőirtások és az élőhely rombolás miatt gyorsabban pusztulnak ki, mint ahogyan a kutatók az eszközhasználati szokásaikat, és persze más viselkedési módjaikat tudományosan is dokumentálni képesek (Kühl és mtsai, 2019).

E két sajátosság megléte további erős érvet jelent a csimpánznak a modell-fajként való kezelésére a technológiai evolúció tanulmányozása során.

Ugyanakkor az itt tárgyalt technológiai komplexitás a csimpánzok esetében elsősorban nem a kőeszközhasználatra épül, hanem a különféle növényi anyagok (faágak, kéreg, levelek, szarak), felhasználására, - azaz arra, amire az „organikus eredetű” technológiák” elnevezéssel fogok utalni (részletesen lásd később, az 5. fejezetben). Az organikus technológiák használatára a csimpánzok esetében ráadásul meglepően bonyolult példákat találhatunk. Mivel a kérdést az 5. fejezetben fogom tárgyalni, itt csak néhány jelenséget emelek ki előzetesen:

- növényi nyersanyagok szelektív gyűjtése eszközkészítés céljára, a célra legalkalmasabb növényfajok felkutatása (Pascual-Garrido, 2018 és 2019).
- az anyagok vagy a készeszközök eljuttatása (odavitele) a használat helyszínére akár több száz méter távolságra (u.ott).
- három, vagy négy darab önálló, eltérő funkciójú eszközből álló eszköz-készlet szekvenciális használata egyazon tevékenység, például a mézgyűjtés vagy természet-fogás során (Sanz és Morgan, 2009; McGrew 2010).
- döfő fegyverként használható eszközök készítése: hegyezett végű ágak használata az odúban rejtőző kisemlősök zsákmányolása során (Pruetz és Bertolani, 2007).

Összességében tehát a csimpánzok technológiai viselkedését olyan mértékű változatosság és komplexitás jellemzi, amely egyedülálló az állatvilágban. Emiatt a csimpánz, mint faj a korai Hominin fajok technológiai viselkedésének a legmegfelelőbb állati analógiáját jelenti.

3) Az ökológiai tényezők terén fennálló analógiák.

Bár a fentebb a 2.) pontban tárgyalt tényező, a csimpánzok eszközhasználatának magas komplexitása látszólag teljes mértékben összefüggésben áll az 1.) tényezővel, a csimpánz és az ember filogenetikai helyzetének közelségével, ezt a látszólagos összefüggést könnyű cáfolni. A legtöbb esetben ugyanis egyáltalán nem áll fenn kizárólagos korreláció egy adott főemlős fajnak az emberhez viszonyított filogenetikai közelsége, és ugyanezen faj technológiai viselkedésének a komplexitása között. Erre jó példát jelent a gorillák és az orangutánok technológiai viselkedésnek összevetése. A teljes genomra kiterjedő, modern genetikai elemzések alapján (Moorjani és mtsai, 2016), a gorilla és az ember utolsó közös őse körülbelül 10-12 millió éve élt, azonban a vadon élő gorillánál nem mutatható ki

eszközhasználat. Ezzel szemben, az orangután és az ember utolsó közös őse körülbelül 15 millió évvel ezelőttre keltezhető, szintén genetikai módszerek alapján. Azonban, az orangután és az ember közötti nagyobb filogenetikai és időbeli távolság ellenére is, az orangután esetében változatos eszközhasználatot dokumentáltak (van Schaik, 2016). Vagyis egy az embertől (és így a csimpánztól is) filogenetikai tekintetben távolabb álló klád, az orangutánok esetében is kialakulhat a magas szintű eszközhasználat, konvergens evolúció eredményeként – míg a filogenetikailag közelebb álló gorillánál mindez hiányzik.

Egy másik, még meggyőzőbb példa a csimpánz, és közeli testvérfa, a bonobo (*Pan paniscus*) összehasonlítása. A csimpánzok populációra széles körű és változatos eszközhasználat jellemző, ami a bonobonál csaknem teljesen hiányzik (Rolian és Carvalho, 2017; Haslam, 2014). Összegezve, az eszközhasználat, mint viselkedési stratégia még az ugyanazon szűkebb filogenetikai csoportba (kládba) tartozó fajok körében is fajonként eltérő módon fejlődik ki. Ráadásul, az eszközhasználat számos filogenetikailag egymástól távoli taxonban is megjelenhet, konvergens evolúció eredményeként (Bíró és mtsai, 2010). Így az összetett eszközhasználatnak a főemlősökkel filogenetikai kapcsolatban egyáltalán nem álló fajok körében is ismeretes legalább egy példája, az új-kaledóniai varjú (*Corvus moneduloides*, lásd: McGrew, 2013; Rutz és St Clair, 2012).

Mindebből arra következtethetünk, hogy az egy adott fajra ható, a helyi ökológiai feltételek által meghatározott szelekciós nyomásoknak is nagy hatása van a technológiai viselkedés evolúciójának beindulására egy adott faj esetében. Ugyanis még az egyazon kládba (taxonba) sorolható fajok között is számos ökológiai tényező, így az adott biogeográfiai környezet élővilága, az összehasonlított fajok életmódja, vagy táplálkozási módja, stb. esetében is fennállhatnak eltérések. Vagyis az ilyen ökológiai eltérések mindegyikét figyelembe kell vennünk, amikor két vizsgált fajnak, vagy akár egyazon faj két populációjának az eszközhasználatát hasonlítjuk össze (Koops és mtsai, 2014; Haslam, 2014).

Összegezve tehát, a relatív filogenetikai közelség nem az egyetlen kritérium akkor, amikor valamely faj vagy fajcsoport (ez esetben a korai emberfélék) viselkedésére vonatkozóan egy másik faj viselkedését használjuk fel evolúciós analógiaként. Ezt figyelembe véve, a csimpánzok abból az okból is különösen alkalmas modell-fajnak tekinthetőek az emberi technológiai viselkedés evolúciós magyarázatainak kialakítása során, hogy ökológiájuk több

lényeges tényező tekintetében is a korai emberfajok ökológiájának egy meglehetősen közeli analógiáját képviseli:

- elterjedési terület: Afrika egyenlítőhöz közeli területei. A korai Hominin fajok fossziliái szintén ebben a tágabb földrajzi térségben a leggyakoribbak, bár előfordulásuk leginkább a Kelet-Afrikai Nagy-Szakadékvölgyre korlátozódik.
- élőhely: Afrikai trópusi erdői és erdős szavannái, vagyis az a két ökoszisztéma, amely az emberi evolúció kezdeti fázisaiban is jelentős szerepet játszott.
- ökológiai fülke: A csimpánzok egy olyan speciális niche-t foglalnak el, amelynek egyszerre része a lombkoronán és a talajszinten élés is (Hunt, 2020). E tekintetben egy előre haladott evolúciós átmenetet képviselnek a főemlősök ősi arboreális életmódja és az emberre jellemző talajszinten lakó (terrasztriális) életmód között
- életmód: A csimpánzok kisméretű, zárt csoportokban élnek, melyek tagjai fission-fusion dinamika szerint használják a csoport közös területét (Hunt, 2020; Wrangham, 2019). Ez az életmód részlegesen összehasonlítható a humán vadászó-gyűjtögető csoportok szerveződésével, bár néhány fontos különbség is fennáll (Wrangham, 2019).
- táplálkozás: A csimpánzoknál mindenevő, generalista táplálkozás figyelhető meg, alkalmankénti húsevással. Az emberre szintén egy hasonló generalista táplálkozási stratégia jellemző, azonban fontos különbség, hogy ennek a „ragadozó táplálkozási mód”, vagyis a nagyvad-vadászat előfordulása is a része (Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013; van Schaik, 2016).

Az itt felsorolt, az ökológiai tényezők terén fennálló részleges hasonlóságok mellett, természetesen a *Pan* (csimpánzfélék) és a *Homo* fajok között az ökológiai tényezők terén fennálló különbségeket is érdemes számba venni. A legfontosabb ilyen különbségek egy részére már a fenti felsorolásban is utaltam. Így a *Homo* génusz fajaira a fákon élés feladása, és a fáramászáshoz szükséges anatómiai sajátosságok evolúciós visszafejlődése jellemző (Darwin, 1871; Wood és Boyle, 2016) Szintén korán, legalább két millió éve kimutatható a húsevésnek, vagyis a közepes és nagytestű növényevők elfogyasztásának a megjelenése (Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013).

A legfontosabb korai különbség azonban a két lábon járáson (bipedalizmus) alapuló helyváltoztató mozgás és az ahhoz szükséges testfelépítés kialakulása (Lieberman és Bramble, 2012), és az ebből adódó életmódbeli és ökológiai különbségek. A kétlábon járás egyik ilyen következménye, hogy a kezek (és az elülső végtagok) felszabadulnak a csimpánzok esetében

jellemző helyváltoztató mozgás funkciója alól, így jobban adaptálódhattak az eszközkészítés és eszközhordozás funkciójához (Darwin, 1871). A bipedalitás egy további evolúciós előnye, hogy a csimpánzok bütyökre támaszkodó négylábú járásmódjával összehasonlítva, egy energetikailag hatékonyabb helyváltoztatást tesz lehetővé (Pontzer, 2017). Ennek pedig alapvető hatása volt a korai Homo fajok ökológiájára, mivel napi szinten a csimpánzokénál lényegesen nagyobb területet felölelő táplálkozási terület bejárását teszi lehetővé, megnövelve így az elérhető tápláléknak (energiaforrásoknak) a mennyiségét (Pontzer, 2012).

A fenti különbségeket tehát mindenképpen figyelembe kell venni egy, a csimpánzokat középpontba állító komparatív filogenetikai elemzés során. Azonban összességében így is elmondható, hogy a csimpánzok ökológiája az egyik legjobb jelenkori analógiáját jelenti a korai Hominin fajok ökológiájának.¹⁹ Ez az ökológiai összefüggés pedig még inkább megerősíti az előzőleg tárgyalt két összefüggés (filogenetikai relációk, technológiai viselkedés egyedülálló komplexitása) jelentőségét arra vonatkozóan, hogy a csimpánzokat mint a legfontosabb etológiai modell-fajt vehetjük figyelembe a korai humán technológiák evolúciójának a tanulmányozásánál.

4.5. Összegzés az I. Részhez

{ Conclusion to Part I }

Összességében a tényezők mindhárom, az előző alfejezetben tárgyalt csoportja erős érvet jelent amellett, hogy a csimpánzokra vonatkozó adatokat elsődleges forrásként kezeljük a legkorábbi humán technológiai evolúció ra vonatkozó elméletek és következtetések kialakítása során. A fent tárgyalt 1) tényező, azaz a filogenetikai közelség miatt, az evolúciós antropológián belül széles körben elfogadott, hogy a közönséges csimpánz egyúttal a Pan- és a Homo génusz közös ősének (LCA) az életmódjára, ökológiájára és szociális viselkedésére vonatkozóan a jelenleg létező legpontosabb evolúciós analógiát és etológiai modellt is képviseli (Pilbeam és Lieberman, 2017; Wrangham, 2019).

¹⁹ Az emberi evolúció kezdeteinek tanulmányozása terén a másik ilyen közeli ökológiai analógiát a páviánok (*Papio species*) jelentik (Fischer és mtsai, 2019). Azonban a technológiai viselkedés kérdéseiben a páviánok tanulmányozása mellőzhető, mivel jelenleg az eszközhasználatra vonatkozóan nincsenek bizonyítékok a pávián-fajok körében.

A fent tárgyalt 2) tényező, vagyis a csimpánzok eszközhasználatának az állatvilágban egyedülálló komplexitása legalább ugyanilyen fontos. A csimpánzoknak ez az összetett technológiai viselkedése ugyanis jelenidőben és teljes részletességgel tanulmányozható a terepi primatológiai megfigyelések útján. Emiatt a csimpánzokra vonatkozó adatokat olyan bizonyítékként szükséges használni, melyek alapján tesztelhető következtetéseket lehet kialakítani a legkorábbi kőeszköz leletek megjelenését (Lomekwian és Oldowan tradíciók) megelőző evolúciós periódusban jellemző technológiai viselkedésformákra vonatkozóan (Haslam, 2014; McGrew és Foley, 2009; Rolian és Carvalho, 2017).

Álláspontom szerint, az itt a 4. fejezetben bemutatott összefüggések miatt, a csimpánz-eszközhasználatra vonatkozóan jelenleg rendelkezésünkre álló adatok (3. fejezet) legalább olyan súlyú és jelentőségű bizonyítékcsoportot nyújtanak a humán technológiai evolúció elméletei számára, mint a paleolitikus régészet által feltárt legkorábbi kőeszközök (2. fejezet).

Az e fejezetben tárgyalt összefüggéseknek megfelelően, a technológiai evolúció korai időszakát a Disszertáció II. és III. részében tehát egy „csimpánz-modell” keretében vizsgálom majd. E megközelítés középpontjában egy evolúciós analógia áll, amely első lépésben a csimpánzok technológiai viselkedésére vonatkozó adatokat tekinti át, majd második lépésben a csimpánz eszközhasználat fő aspektusainak ismeretében a korai Hominin- és Homo- fajok technológiai repertoárjára vonatkozó következtetéseket és hipotéziseket alakít ki.

Ez a megközelítés tehát azt feltételezi, hogy a csimpánz – eszközhasználat jelenlegi komplexitásának szintje egy olyan evolúciós analógiát képvisel, amely a hozzáférhető legrészletesebb mai, jelenkori analógiáját nyújtja az Oldowan tradíció kezdetét megelőzően (azaz 2,6 Millió évnél korábban) élő, korai Hominin-fajok, és azon belül *homo génius* legkorábbi korai fajainak az eszközhasználatának.

Az itt, a 4. fejezetben felvázolt, a csimpánzok és a korai Hominin-fajok technológiai viselkedése között fennálló analógiából kiinduló megközelítést alkalmazva, előzőleg itt a Disszertáció I. részében elsősorban az organikus technológiák evolúciós szerepének problémáját vizsgáltam (3. fejezet).

Ezt követően, a Disszertáció II. részében (5 - 9. fejezetek) a korai technológiák többféle, párhuzamosan létező adaptív funkcióinak az azonosításának a problémakörét tárgyalom majd, azzal a céllal, hogy egy olyan új modellt vázoljak fel, amely a Hominin technológiai viselkedés fő adaptív területeinek az azonosításán alapul.

II. RÉSZ

A HOMININ TECHNOLOGIAI VISELKEDÉS EVOLÚCIÓJA

NÉGY ADAPTÍV TERÜLETEN

**{ THE EVOLUTION OF HOMININ TECHNOLOGICAL BEHAVIOUR
IN FOUR ADAPTIVE DOMAINS }**

5. fejezet

A technológiai viselkedés többféle adaptív funkciójának középpontba állítása

{Focusing on the multiple adaptive function of technological behaviour}

5.1. Bevezetés

{Introduction}

A Disszertáció I. részének fejezeteiben a humán technológiai viselkedés evolúcióját egy komparatív filogenetikus elméleti keretben elhelyezve tárgyaltam. E megközelítés előnye, hogy lehetőséget ad rá, hogy a Hominin technológiai viselkedés korai, 6 milliótól 2 millió évvel ezelőttig tartó időszakára vonatkozóan a ma élő főemlősök, és elsősorban a csimpánzok viselkedését evolúciós analógiaként használva (lásd: 3. és 4. fejezet) azonosítsunk evolúciós tendenciákat, és alakítsunk ki hipotéziseket.

Itt, a II. rész fejezeteiben pedig ugyanezt, az I. részben már ismertetett komparatív megközelítést arra a célra fogom felhasználni, hogy a humán technológiai evolúciónak egy új, általános modelljét mutassam be. Ennek a most bemutatásra kerülő modellnek a keretei között, a technológiai viselkedést annak különböző, változatos adaptív funkciót kategorizálva fogom majd tárgyalni.

Egy ilyen, a technológiák különböző, eltérő adaptív funkcióit a középpontba állító megközelítés ugyanakkor jelentősen eltér azoktól az elméleti megközelítésektől, amelyeket a humán technológiai evolúció kutatásának a jelenleg domináns, nagy paradigmái alkalmaznak. Ez a három paradigma, melyeket e fejezetben részletesebben is tárgyalok majd:

- A): a viselkedésökológiai teóriák,
- B): a kognitív elméletek,
- C): illetve a kulturális evolúciós elméletek.

Ebben a fejezetben tehát először röviden bemutatom az említett három, meghatározó elméleti paradigma alapfeltevéseit, és rámutatok e megközelítések közös elméleti és tematikai hiányosságaira is (5.2. alfejezet). Mint látni fogjuk, e megközelítések hiányosságai elsősorban

arra vezethetőek vissza, hogy kizárólag egyetlen technológiai kategóriát, a pattintott kőeszközök kategóriáját állítják a humán technológiai evolúció magyarázatának a középpontjába. A kőeszközök előtérbe állításához pedig egy második probléma is kapcsolódik: a jelenleg érvényes elméletek egyoldalú módon, mindössze egyetlen fő adaptív viselkedési területtel, a táplálkozás területével kötik össze a kőeszközök használatának az értelmezését (Hovers és Belfer-Cohen, 2020).

Ezután e fejezet lezárásaként (5.3. alfejezet), a technológiai viselkedés értelmezését egy olyan elméleti kerettel kapcsolom össze, amelynek középpontjában a viselkedés, mint az evolúció elméletének egyik alapfogalma áll. Ily módon egy olyan megközelítést vázlok fel, amely rámutat, hogy a technológiák (eszközök) használatára számos különböző viselkedési területen sor kerülhet, - vagyis semmilyen elméleti alapja nincs annak a közkeletű és a régészetben, a paleoantropológiában, a primatológiában is elterjedt hipotézisnek, hogy a korai technológiák elsődlegesen a táplálkozás adaptív területéhez kapcsolódnának.

5.2. A humán technológiai evolúciójának három fő elméleti megközelítése

{The three main theoretical approaches to the evolution of human technology }

Ebben az alfejezetben a Hominin- és humán technológiai viselkedés korai evolúcióját magyarázó, fent már említett, három domináns elméleti paradigma elméleti hipotéziseit és kutatási témáit mutatom be vázlatosan, vagyis a viselkedésökológiai teóriák, a kognitív elméletek, illetve a kulturális evolúciós elméletek területeit.

Mindhárom megközelítés közös célja, hogy a paleolitikus régészet által azonosított és leírt kőeszköz technológiáknak (lásd: 2. fejezet) az evolúciós idő léptékű változásaiban kimutatható mintázatokra és tendenciákra különböző oksági magyarázatokat alakítsanak ki.

A három terület azonban különbözik is egymástól abban a tekintetben, hogy ezeknek a magyarázatoknak a kialakítása során milyen fő elméleti összefüggésekre helyezik a legnagyobb hangsúlyt. A következőkben ezt a három elméleti területet itt kialakulásuk, illetve a Paleoantropológián belüli előtérbe kerülésük időrendjének a sorrendjében tárgyalom:

A). Viselkedésökológiai elméletek: a táplálkozási célú technológiai adaptációk evolúciójának modelljei (az 1960-as évektől):

Az emberi evolúció során a technológiai viselkedés kialakulásával egyidejűleg a táplálkozás területén lezajló változásoknak, és a húsevésre való áttérés szerepének a vizsgálata sokáig (az 1990-es évek végéig) a Paleoantropológiában leggyakrabban előkerülő kérdéskör volt a kőeszközök evolúciója kapcsán. Az ilyen irányú kutatásokra itt összefoglalóan a „viselkedésökológiai elméletek” kifejezést alkalmazom, annak korai úttörője az amerikai Glynn Isaac (1977) volt.

A húsevés szerepe az emberi evolúcióban. - E megközelítés a nagy emberszabásúak (hominidák) és az emberfélék (homininek) között a táplálkozás, vagyis az ökológiai alkalmazkodás területén fennálló különbséget helyezi a középpontba. Ennek a táplálkozási különbségnek a lényege, hogy a főemlősök, illetve azon belül a nagy emberszabásúak legtöbb faja is általában kizárólagosan növényevő (van Schaik, 2016). Ezzel szemben, a *Homo* genus fajaira jellemző a nagyarányú állati húsfogyasztás és vadászat jellemző (Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013; Churchill 2014). Bár alkalmanként a csimpánzok is esznek húst, a teljes étrenden belül az állati hús fogyasztásának százalékos aránya a jelenkorban is lényegesen magasabb a *Homo sapiens* esetében, mint más főemlősöknél (Ailello és Wheeler, 1995).

Ráadásul a húsevés, mint táplálkozási adaptáció az ember esetében nagyszámú technológiai adaptáció megjelenésével is összekapcsolódik. A vadászat, mint hominin – és humán viselkedési adaptáció ugyanis a fegyvereken, mint technológián alapul (Churchill, 2014). Ráadásul a zsákmány elejtését követően, a húshoz való hozzáférés és a feldarabolás pedig a vágóeszközök (Plummer, 2004), vagyis a további technológiák használatát feltételezi. A fenti okok miatt, a viselkedésökológiai indíttatású kutatások a kőeszközök evolúcióját, így az új kőeszköztípusok, vagyis a Clark féle 1- 5 módzatok (lásd: 2. fejezet) megjelenését gyakran a vadászati stratégiák és az étrend változásával próbálják magyarázni. Így például az Oldowan tradíciót a húsevésnek az emberi táplálkozásban való megjelenésének kezdeteivel (Isaac, 1977; Braun és mtsai, 2010; Plummer, 2004).

Ugyanakkor a viselkedésökológiai elméletek nagyrészt mellőzik a korai humán technológiák használatának számos lehetséges adaptív-funkcionális területét. E mellőzés oka, hogy a hagyományos paleoantropológiai elméletek kizárólag azokat a régészeti összefüggéseket helyezik előtérbe, amelyek a kőeszközöket a régészeti lelőhelyeken előkerülő állati csontokhoz kapcsolják (Hoverss és Belfer-Cohen, 2020). Mint arról szó volt (2.3. alfejezet), a

régészeti megfigyelések alapján a pleisztocén korú régészeti lelőhelyeken a pattintott kőeszközök közvetlen, oksági kapcsolatba hozhatóak az állati csontok maradványaival, mivel az állati csontok egy részén kőeszközöktől származó vágásnyomok mutathatóak ki (Isaac, 1977; Braun és mtsai, 2010 és 2019)

A vágóélek funkciója. - A kőeszközöknek a legfontosabb technológiai jellemzője, hogy a kőzetek hasításának (pattintásának) eredményeként, vágó éllel rendelkeznek (Shea, 2017 a és b; Rezek és mtsai, 2018). Bár a vágó élek számos tevékenység során, multifunkcionálisan használhatóak, például növényi táplálék feldolgozására, vagy faeszközök létrehozására (Hayden, 2015). Azonban a technológiai evolúció elméleteinek középpontjában azonban egyoldalú módon a kőeszközöknek a vadászattal és húsevészel kapcsolatos funkciói állnak (Ambrose, 2001; Plummer, 2004; Hovers és Belfer-Cohen, 2020). Ilyen funkciók a következők: az elejtett zsákmány kizsigelése, megnyúzása, feldarabolása, a hús lefejtése az állati csontokról.²⁰ E funkciók alapján, a korai humán technológiák evolúciós eredetét a legtöbb elmélet az emberfélék (Homo génusz) fajainak a vadászatra és húsevésre, mint táplálkozási adaptációra való áttéréséhez kapcsolja (Isaac, 1976 és 1981, Plummer, 2004; Braun és mtsai, 2010).

A vadászat evolúciós megjelenése. - A technológiai evolúciónak ez a megközelítése a kőeszközöket kezdetben, mint vágóeszközöket (korai Pleisztocén), majd az emberi evolúció későbbi fázisában, már mint távolsági fegyvereket, azaz lándzsa-, nyílhegyeket (középső Pleisztocén) is vizsgálja (Wilkins és mtsai, 2014; Lombard, 2011; Milks és mtsai, 2019). A kőeszközöknek az ilyen funkcionális értelmezéséből közvetlenül következik a vadászatnak és húsevésnek, mint a korai humán technológiák feltételezett fő adaptív funkciójának a középpontba állítása (Shea 2009; Hovers és Belfer-Cohen, 2020).

A technológiai evolúciónak ez a táplálkozásra fókuszáló, viselkedésökológiai jellegű paradigmája ugyanakkor nagymértékben korlátozza a korai technológiák más, további lehetséges funkcióinak a tudományos tanulmányozását. Az ezzel az egyoldalú értelmezéssel kapcsolatos problémák részletes tárgyalását az 5.3. alfejezetben mutatom majd be.

²⁰ Az itt felsorolt, az állati zsákmány feldolgozási folyamatához kapcsolódó különféle tevékenységekre az angol nyelvű szakirodalomban használatos gyűjtőfogalom a „butchery” kifejezés (magyarul: mészáros-munka).

B.) A kognitív evolúció elméletei (az 1990-es évek elejétől):

Az előző pontban bemutatott irányzat tehát a kőeszközöknek a táplálkozás területén adaptív funkcióját állította középpontba. A viselkedésökológiai megközelítés jelentőségét nem csak az adja, hogy ez volt a technológiai evolúció területének a legkorábban kialakuló kutatási irányzata. Abban is alapvető szerepe volt, hogy minden, később megjelenő új kutatási irányzat axiómaként (további elemzést nem igénylő, előzetes alapfeltevésként) vette át azt a tételt, hogy a korai technológiai viselkedés kizárólagosan a táplálkozás adaptív területével állt kapcsolatban.

A viselkedésökológiai irányzat után, a technológiai evolúció területének következő jelentős, akár önálló paradigmának is tekinthető megközelítését a kognitív evolúció szerepét vizsgáló elméletek jelentik (Wynn, 2002). A kognitív, neuronális és agyi tényezők szerepének vizsgálata az 1990-es évektől napjainkig szintén egyre nagyobb teret kap a technológiai evolúció kutatásában. Az ide sorolható megközelítések azt vizsgálják, hogy az emberi agy mely neuronális és/vagy kognitív folyamatai, illetve mely agyi területek aktivitása szükségesek a kőeszköz készítés eljárásaihoz (Coolidge és Wynn 2009; Stout, 2011; Stout és mtsai, 2011).

A humán technológiai evolúció kognitív megközelítésének területén belül három nagyobb kutatási témakör alakult ki:

- Egyrészt, az adott kőeszköz technológiákkal (1-5 módzatokkal) hozzávetőleg egyidejű fosszilis hominin-fajok agykoponyáinak belső felületéről készített agyöntvények („*endocast*”) által nyújtott neuroanatómiai információk alapján következtetések alakíthatóak ki az eszközkészítő korai emberfélék kognitív képességeire, illetve az agynak az e képességeket lehetővé tevő neuronális organizációjára vonatkozóan (Falk, 2012; Csathó, 2016).

- Egy másik kutatási irányzat pedig agyi képalkotó eljárásokat felhasználva (Stout és Chaminade, 2007; Stout és mtsai, 2008), vagy azok nélkül vizsgálja a kísérletekben résztvevő személyeknek a kőeszköz készítés során mutatott agyi aktivitásának mintázatait, tanulási

stratégiáit, az eszközkészítéshez szükséges utánzás és a műveletek pontos másolásának képességeit (Putt és mtsai, 2017; Schick és Toth 1994; Stout és Semaw, 2006).

- Végül egy harmadik megközelítés elméleti alapon, a kognitív pszichológia modelljeit felhasználva próbálja a kőeszköz készítés folyamatát a fő mentális funkciókkal (emlékezet, munkamemória, térbeli forgatás, előrelátás, stb.) összekapcsolni (lásd például: Nowell, 2010; Coolidge és Wynn, 2009; Haidle, 2010).

E három megközelítést akár önállóan, akár együttesen alkalmazva, az őskori kőeszközök használata hipotetikusán összekapcsolható olyan viselkedéses és kognitív tendenciákkal is, mint a jobbkezesség megjelenése, az agy féltekei asszimetriáinak kialakulása, a munkamemória kapacitásának evolúciója, a nyelvért felelős agyterületek evolúciója, és a térbeli tervezési műveletek fejlődése is (Corballis, 2019; Read és mtsai, 2022; Coolidge és Wynn 2009; Donald, 2001).

C.) A Kulturális evolúciós elméletek (a 2000-es évek elejétől):

Az evolúciós- és kognitív pszichológiában a kulturális átadást (cultural transmission), vagyis a társas kapcsolatokon keresztül lezajló szociális tanulást hagyományosan általában egyedülállóan humán (uniquely human) kognitív adaptációknak tekintik (Tomasello 1999 és 2003; Boyd és Richeron 2005; Henrich, 2015). Mindazonáltal a 2000-es évektől számos kutatás vetette fel pro- és kontra irányból megközelítve is azt a kérdést, hogy már a korai Oldowan- és Acheulean iparokhoz sorolt kőeszközök készítése is a készítési eljárások (manuális műveletek) utánzásának a nagyfokú pontosságát, és az ezt megkönnyítő kulturális információ átadást igényelhetette. Mindez annak a feltevését implikálja, hogy a korai kőeszközöket készítő Hominin fajok is fejlett kulturális képességekkel rendelkeztek (Toth és Schick, 2018), és a technológiai viselkedés kulturális evolúciójának kezdetei több, mint 2 millió évre nyúlnak vissza (Henrich, 2015).

E feltevésből kiindulva, a humán jellegű kulturális adaptációk, mint az utánzásos tanulás, a megosztott figyelem, a társas intencionalitás (Tomasello, 2003), és aktív tanítás, vagyis humán pedagógia (Csibra és Gergely, 2011) korai formáinak a megjelenésének lehetséges bizonyítékait az utóbbi években számos kutatás vizsgálta az Oldowan- és Acheulean eszközöket készítői hominin- fajoknál is. Az alapvető eldöntendő kérdést ebben az esetben az

jelenti, hogy a korai kőeszközöknek a készítéséhez szükséges kognitív képességek szintje meghaladja e- a ma élő emberszabásúak (főleg a csimpánzok) képességeinek a szintjét. A kutatás jelenleg erre a kérdésre egyértelmű nemleges választ fogalmaz meg (Snyder és mtsai, 2022; Tennie és mtsai, 2017) - ezért álláspontom szerint ezt a megközelítést a korai kőeszköz technológiák minimalista interpretációjának is nevezhetjük. Más kutatók ezzel szemben azt feltételezik, hogy a legkorábbi Oldowan eszközkészítők kognitív és kulturális képességeinek a szintje lényegében azonos tartományba esik a csimpánzokra jellemző tartomány szintjével (Wynn és mtsai, 2011)

Összegezve tehát, a 2000-es évektől a kulturális evolúciós elméletek egyre inkább önálló paradigmává váltak a korai technológiai evolúció és a korai kőeszközök kutatása területén is. Ennek az új elméleti megközelítésnek a hatására az utóbbi években például olyan kísérleti kutatásokra is sor került, amelyek egyértelműen kimutatták, hogy a még a mai emberi kísérleti alanyok is nagyságrendekkel hatékonyabban sajátítják el az Oldowan- és Acheulean eszközök készítését abban az esetben, ha a tanítás során nyelvi instrukciókkal is irányítják őket (Morgan és mtsai, 2015). Vagyis az egyszerű, emulációs utánpótlás, és a próba-szerencse alapú önálló egyéni próbálkozás esetén lényegesen romlott az elkészített eszközök minősége és nőtt az eltérésük az eredeti mintadaraboktól. Mindez erős érv lehet arra, hogy a kulturális átvitelhez szükséges kognitív adaptációk evolúciója alapvető szerepet játszott a korai technológiák evolúciójában (Henrich, 2015).

* * *

A fent bemutatott három területen tehát számos új kutatási téma, vagy olyan elméleti megközelítés került forgalomba, melyek alkalmasak a technológiai evolúció bizonyos aspektusainak a magyarázatára. Ráadásul természetesen a magyarázatok e három fő irányán belül a kőeszközök evolúciójára vonatkozóan megfogalmazott hipotézisek nem feltétlenül zárják ki egymást, sőt inkább egymással integrálhatóak is lehetnek. Főleg a fenti 2. terület, azaz a kogníció - és a 3. terület, azaz a kulturális átadás témái állnak egymással szoros kapcsolatban – ahogyan az talán a fenti vázlatos áttekintés alapján is nyilvánvaló.

Ugyanakkor, az általuk felvetett új szempontok mellett is, a viselkedésökológiai, a kognitív, és a kulturális evolúciós magyarázatoknak néhány közös, alapvető elméleti hiányossága is van, ami miatt ez a három paradigma a humán technológiai evolúció bizonyos aspektusait

teljesen mellőzi. Ezek a közös hiányosságok nagyrészt arra vezethetők vissza, hogy a technológiai evolúciót mindhárom irányzat a kőeszközök evolúciójával azonosítja. Vagyis egy olyan előzetes axiómát, mint alapfeltevést fogadnak el, mely szerint:

a korai humán technológiák = a pattintott kőeszköz technológiák kategóriája.

Mindez három közös, alapvető tematikai hiányosságot idéz elő:

I) Egyrészt, ezek az elméletek egy korlátozott filogenetikai perspektívát alkalmaznak, mivel a hozzávetőleg 6 millió éve, a Pan-Homo szétválást követően elkezdődő Hominin evolúció jelentős része időrendileg megelőzte az Oldowan technológia 2,6 millió éves megjelenését. Vagyis a kőeszköz használat 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).

II) Másrészt, a kőeszközökre fókuszáló viselkedésökológiai, kognitív, és kulturális evolúciós elméletek mellőzik az organikus technológiák evolúciós szerepének a vizsgálatát. Ugyanakkor, mint azt a 3. fejezetben tárgyaltam, a csimpánzok viselkedésének tanulmányozásán keresztül kialakítható evolúciós analógiák alapján, az organikus technológiák evolúciós szerepe legalább olyan jelentős, mint a pattintott kőeszközöké.

III) Harmadrészt, mindhárom elméleti terület további vizsgálat nélkül, előfeltevésként elfogadja a viselkedésökológiai paradigma alapfeltevést (axiómáját), miszerint:

a korai kőeszköz technológiák = táplálkozási célú viselkedési adaptációk

Ezen előfeltevés, mint axióma szerint tehát a korai technológiák használata kizárólagosan egyetlen adaptív területre és adaptív funkcióra, a táplálkozás területére, és azon belül is elsősorban a zsákmányszerzés, vadászat (vagy dögevés), illetve húsevés funkcióira korlátozódott.

5.3. A technológiai viselkedés adaptív funkciójának középpontba állítása

{ Focusing on the adaptive function of technological behaviour }

A megelőző szakasz végén a technológiai evolúció jelenleg meghatározó három megközelítésének, tehát a viselkedésökológiai teóriáknak, a kognitív elméleteknek, illetve a kulturális evolúciós elméleteknek a három legfontosabb közös hiányosságára mutattam rá:

- 1) a Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának mellőzése
- 2) az organikus technológiák evolúciós szerepének mellőzése
- 3) egyetlen adaptív funkció, a táplálkozási funkció egyoldalú és kizárólagos feltételezése.

E három problémakör jelentős részben összefügg egymással, mivel mind három hiányosság visszavezethető arra a tényre, hogy a korai humán technológiai evolúció elméleteinek középpontjában kizárólagosan a kőeszköz technológiák tanulmányozása áll. Ugyanakkor a fent említett problémák közül az elsőt (a filogenetikus folytonosság problémáját) és a másodikat (az organikus technológiák problémáját) már részletesen tárgyaltam a Disszertáció I. részében is.

A II. rész fókuszában a továbbiakban a fentebb megnevezet harmadik problémának, azaz a korai technológiák adaptív funkciójának azonosításának a kérdése áll majd. A technológiai evolúció legtöbb elmélete jelenleg teljesen mellőzi ezt a kérdéskört. Ennek fő oka, hogy a paleoantropológiában - ahogy azt az előző szakaszban tárgyaltam - az 1960-as évektől kezdődően széles körben elfogadott az a viselkedésökológiai indíttatású elméleti magyarázat, hogy a korai technológiák kialakulására és evolúciójára egyetlen fő adaptív területen, a táplálékszerzés adaptív területén belül került sor.

Itt a további fejezetekbe egy ettől alapvetően eltérő megközelítést fogok bemutatni: e szerint, mind a ma élő csimpánzok viselkedésének (mint a kihalt Hominin fajok viselkedésének evolúciós analógiájának) a tanulmányozása, mind a Hominin- és humán technológiai viselkedés tanulmányozása azt bizonyítja, hogy az eszközhasználat nem korlátozódik a táplálkozás területére, hanem többféle, párhuzamosan egymás mellett létező adaptív funkció betöltésére is alkalmazható.

Az itt javasolt, az eszközhasználat lehetséges adaptív funkcióinak az azonosítását a technológiai evolúció leírásának középpontjába állító megközelítés elméleti kiinduló pontját a technológiai viselkedésnek az a két részes definíciója jelenti, amelyet az 1. fejezetben bemutattam:

- 1: az extraszomatikus tárgyhasználat kritériuma: a technológiák olyan viselkedési adaptációk, amelyek az extraszomatikus (saját testtől független) tárgyak, eszközök, anyagok használatán alapulnak
- 2: az adaptív funkció (fitnesz-hozzájárulás) kritériuma: a technológiák használatával járó viselkedésmódoknak jól meghatározható adaptív funkciója van, melyen keresztül viselkedésként hozzájárulnak az egyedek inkluzív fitneszének növeléséhez.

A technológia fent javasolt, két részből álló definíciója tehát a viselkedést és annak adaptív funkcióját helyezi a középpontba. Ugyanakkor e definíció nem pontosítja azt, hogy pontosan mely viselkedési területek azok, amelyeken belül a technológiai viselkedés sor kerül.

Ezért az eszközhasználat megjelenésének a potenciális területeinek azonosításához a technológiai viselkedés fenti definíciója ugyanakkor egy időig nem tárgyalta, további definíciót is érdemes figyelembe venni. Ez a további definíció magának a viselkedésnek a definíciója, miszerint:

- az állati (és az emberi) viselkedés úgy definiálható, mint az élőlény és annak élő, illetve élettelen környezete közötti, különböző irányultságú interakcióknak (lásd. 5.1. ábra) az összessége (Krebs és Davies, 1988).

<i>Az egyed és környezete között lezajló viselkedéses interakciók irányultságai</i>	
1. Interakciók az élettelen környezettel és a tereptárgyakkal: - fedezék, - rejtekhely, - pihenő helyek, - ivóhely - alvóhely - táplálkozási terület felderítése - vonulási útvonalak bejárása - stb.	2. Interakciók más fajok egyedeivel: - zsákmánykeresés: felkutatás, megközelítés, elejtés, elfogyasztás - növényi táplálékok: felkutatás, hozzáférés, összegyűjtés, elfogyasztás - ragadozók elkerülése - egymás mellett élés (szimbiotikus kapcsolatok kialakítása)
	3. Interakciók a fajtársakkal: - együttműködés - rivalizálás - játék - párkeresés, utódnevelés, - stb.

5.1. Ábra. Az állati és az emberi viselkedés az élőlény és a környezete között kialakuló, az élőlény által kezdeményezett interakciók sorozataként definiálható. Ezeket az interakciókat az irányultságuk szerint három fő csoportba sorolhatjuk: az élettelen környezettel, a más fajok egyedeivel, és a saját faj egyedeivel folytatott interakciók csoportjába. A technológiai viselkedésnek (anyagok, tárgyak, eszközök használata) a formái az interakciók mind három irányában megjelenhetnek.

A viselkedésnek az élőlény által a környezettel folytatott interakcióknak a sorozataként való meghatározásának jelentős következménye van a technológiai viselkedés evolúciós szerepének az értelmezésére nézve is. E definíció keretei között ugyanis a technológiai viselkedés nem tér el alapvető módon más, nem technológiai viselkedésektől.

A fenti állítás alátámasztására érdemes az idáig ismertett definíciók keretei között összehasonlítani egymással egyrészt a technológiai viselkedésnek, másrészt minden más, kizárólag a saját test használatán alapuló (azaz nem technológiai alapú) viselkedésnek az evolúciós szerepét:

- A viselkedés e két kategóriája esetére érvényes az a kritérium, hogy mind a technológiai, mind a testi viselkedés alkalmas rá, hogy az élőlény és környezete között kialakuló interakciók során adaptív funkciókat töltsön be, és hozzájáruljon az egyed inkluzív fitnessének növeléséhez.
- tehát a technológiai viselkedés csak az eszközhasználat kritériumának tekintetében különbözik, de célja és adaptív funkciói tekintetében nem tér el azoktól a viselkedési módoktól, melyek során az élőlény és környezete közötti interakció során az egyed kizárólag a saját teste képességeit, a saját szervei és testrészei teljesítményét használja a céljai elérésére.

Mindezek alapján azt a végső következtetést fogalmazhatjuk meg, hogy a technológián alapuló viselkedés megjelenésére ugyanúgy bármely, korlátlan számú viselkedési területen (adaptív területen) sor kerülhet, mint az élőlény saját testének használatán viselkedés megjelenésére:

- egyrészt, az élőlény saját szerveinek a használatán alapuló, tehát eszközhasználat nélkül járó viselkedések nagyszámú viselkedési területen, számos különböző módon hozzájárulhatnak az egyed inkluzív fitnessének növeléséhez – vagyis a testi viselkedésnek nincs egyetlen, előzetesen kitüntetett adaptív területe
- másrészt, ugyanígy az élőlény extraszomatikus eszközhasználaton alapuló viselkedések esetében előzetesen szintén azt várhatjuk, hogy ugyanolyan nagyszámú viselkedési területen járulhatnak hozzá az egyed inkluzív fitnessének növeléséhez – vagyis a technológiai viselkedésnek szintén nincs egyetlen, előzetesen kitüntetett adaptív területe.

* * * *

A technológiai viselkedésre vonatkozó, fent bemutatott elméleti alapú érvelés egyúttal a Disszertáció most következő fejezeteinek az elméleti megalapozását is biztosítja.

A technológiai evolúció jelenleg érvényes tudományos narratívái és modelljei ugyanis a táplálkozás területét egy olyan kitüntetett adaptív területnek tekintik, amely elsődleges és kizárólagos módon kapcsolódik össze az eszközhasználat legkorábbi megjelenésével. Ezzel szemben az általam ismertett érvelés és levezetés alapján, előzetesen egy olyan elméleti

hipotézis fogalmazható meg, hogy az eszközhasználat az állati viselkedés bármely adaptív területén kialakulhat, amennyiben az adott területen az eszközhasználat pozitív fitness-hozzájárulást idéz elő.

Vagyis a technológián alapuló viselkedési módok nem kapcsolódnak össze kizárólagosan egyetlen kitüntetett adaptív viselkedési területtel sem, így a táplálkozás területével (lásd 5.2. alfejezet) sem, - e helyett bármely adaptív területen, vagyis több különböző adaptív funkcióban is sor kerülhet az eszközhasználat evolúciós megjelenésére.

6. fejezet

A technológiai viselkedés három adaptív területe: a csimpánzok

{ The three daptive domains of technological behaviour: The chimpanzees }

6.1. A kinyeréses táplálkozás koncepciójának meghaladása

{Beyond the concept of extracting foraging }

A most következő fejezetben a csimpánzok (*Pan troglodytes*) technológiai viselkedésére vonatkozó primatológiai kutatások adatait fogom majd részletesen elemezni, - azzal a céllal, hogy a csimpánz eszközhasználat adaptív területeit azonosítsam. Ahogyan azt az alábbi elemzésben látni fogjuk, a csimpánzok példája nagymértékben alá támasztja azt előző fejezet zárásában bemutatott hipotézist, miszerint a technológiai viselkedésnek nincs egyetlen kitüntetett adaptív területe – sőt, ehelyett az eszközhasználat a viselkedés több különböző, egymással párhuzamosan létező adaptív területén is megjelenhet egyidejűleg.

Az előző fejezetben tárgyalt viselkedésökölógiai megközelítés, amely a táplálkozás és táplálékszerzés adaptív területét állítja a technológiai evolúció magyarázatának középpontjába, alapvető hatással bír mind a primatológián, mind a paleoantropológián (paleolitikus régészeten) belül. Ez a paradigma tehát azt feltételezi, hogy mind a főemlős eszközhasználat, mind pedig a humán technológiai viselkedés eredeti adaptív funkciója az

volt, hogy hatékonyabbá tegye az a korai hominin fajokra jellemző táplálékszerzési tevékenységet (van Schaik, 2016).

Ehhez a technológiai evolúciót a táplálékszerzés területével összekapcsoló megközelítéshez kapcsolódik az a két kulcsfogalom is, amely az eszközhasználaton alapuló táplálékszerzés leírására használatos. Az egyik ilyen fogalom a kinyeréses táplálkozás (extractive foraging), amely a viselkedésökológiában és primatológiában az állati eszközhasználat leírására használatos (Gibson, 1986; van Schaik, 2016). A másik ide kapcsolódó fogalom a vadászó-gyűjtögető táplálkozás (hunting and gathering) fogalma, melyet a paleoantropológiában, evolúciós antropológiában, és régészetben is összekapcsolódik az emberi eszközhasználat feltételezett fő adaptív funkciójának a leírásával (van Schaik, 2016; Binford, 2001).

E fejezet kiinduló pontját, és egyúttal az egyik központi témáját az itt említett két fogalom közül az előbbinek, a kinyeréses táplálkozás koncepciójának az értékelése és kiegészítése jelenti. A kinyeréses gyűjtögetés hipotézise szerint (Parker és Gibson, 1977 és 1979; Gibson, 1986) a főemlősök esetében az eszközhasználat egy olyan flexibilis viselkedési adaptáció, amely egy a főemlősök fejlett intelligenciáján, kognitív és manuális képességein alapuló táplálkozási stratégia része (Reader és mtsai, 2011). E táplálkozási stratégia elnevezésére vált használatossá a kinyeréses gyűjtögetés fogalma. Ez a kifejezés általánosan használt a primatológiában a nehezen hozzáférhető, védett vagy rejtett táplálékforrások kiaknázásához kapcsolódó eszközhasználat leírására (van Schaik 2016; Gibson, 1986).

A továbbiakban amellet fogok érvelni, hogy a kinyeréses gyűjtögetés koncepciója az eszközhasználat evolúciós eredetének általános magyarázatára csak részlegesen használható fel. Egyrészt, e hipotézis nagyrészt valóban érvényes lehet azokra az eszközhasználó főemlősfajokra, amelyek filogenetikai szempontból a főemlősök rendjének más, az emberszabásúak rendszertani csoportján kívül eső taxonjaihoz tartoznak. Így ez a táplálékszerzése fókuszáló modell érvényes az óvilági makákóra (*Macaca* nemzetség), melyek kagylókat törnek szét kövek használatával (Haslam és mtsai, 2016). A másik részletesen dokumentált példát az újvilági csuklyásmajomok (*Cebus* nemzetség) fajai jelentik, amely pálmadiókat és más terméseket tör fel ütőkövekkel (kalapács), miközben a nagyobb köveket vagy sziklákat használja üllőként (Barrett és mtsai, 2018).

Másrészt azonban, a fenti példákkal ellentétben, az emberszabásúak (Hominidák) esetében viszont jelenleg a terepei megfigyelésből származó adatok már nagy mennyiségben állnak rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy az eszközhasználat különböző formái nem csak egy-két, hanem számos különböző használati és adaptív funkciót betölthettek – mind a táplálkozás adaptív területén, mind pedig más területeken, ahogy azt a 6.3. szakasz bemutatja.

6.2. A csimpánzok eszközhasználatának három adaptív területe {The three adaptive domains of Chimpanzee Tool Use}

A most következő elemzés fő célja egyrészt annak a tézisnek az igazolása lesz, hogy a csimpánzok eszközhasználata alapvetően „multifunkcionális jellegű”, vagyis nem korlátozódik egyetlen adaptív területre. Másrészt, azt is bemutatom majd, hogy e tézis elfogadása esetén a humán technológiák evolúciós eredetét is újra kell gondolni.

Az a felismerés, hogy a nagy emberszabásúak (hominidák) viselkedésében az eszközhasználat egyszerre több különböző adaptív területen, egymással párhuzamosan megjelenik, ugyanakkor természetesen régóta jelen van a modern primatológiában. A csimpánzokra (*Pan troglodytes*) és az orangutánokra (*Pongo* genusz) vonatkozó adatok alapján, van Schaik és mtsai. (2006) azt feltételezték (lásd még: van Schaik, 2016; illetve Rolian és Carvalho, 2017), hogy az emberszabásúak kulturális viselkedésének, és azon belül eszközhasználatának²¹ három fő, egymással párhuzamosan létező adaptív területe különböztethető meg:

- 1) a táplálkozás (*extractive foraging*) területe, ahol az eszközhasználatra mind a növényi, mind pedig a csimpánzok esetében az állati táplálékforrások kiaknázása során sor kerül
- 2) a higiénia és komfort (*comfort*) területe, ahol a sebek ápolása, a szőrzet tisztogatása, kurkászása során jelenik meg az eszközhasználat, de ide sorolják a fészeképítést is (az alvófészkek biztosítják a a test kényelmét és védelmét az alvás során

²¹ Bár itt a Disszertációban csak a technológiai viselkedést tárgyalom, a kulturális viselkedésnek vannak további, az eszközhasználattól független, de szintén szociális tanuláson keresztül átvett, vagyis kulturális eredetű formái is, melyeket van Schaik és mtsai (2006) szintén besorolhatónak tart a három fent tárgyalt kategória valamelyikébe. Példaként említhetőek az adott csoportra jellemző táplálék- preferenciák, az üdvözlő gesztusok, vagy a vokális kommunikáció hangkészlete (Whiten és mtsai, 2009; Hunt, 2020). E viselkedések, noha nem járnak eszközhasználattal, de ugyancsak a fent említett három adaptív területhez (táplálkozás, kommunikáció, a test gondozása) sorolhatóak be.

3) a kommunikáció és hivalkodás (*display*) területe, ahol a tárgyakat a szociális rivalizálás céljával, vagy egyéb kommunikációs kontextusban használják az emberszabásúak.

Az eszközhasználat megjelenését a fenti három viselkedési területen tehát az emberszabásúakra általánosan jellemző, filogenetikus státuszát tekintve szünapomorfikus sajátosságnak tekinthetjük, mivel mind az orangutánoknál, mind a csimpánzoknál megtalálható. Ugyanakkor más emberszabásúaknál, így a gorillák alfajainál (*Gorilla gorilla*) és a bonobóknál (*Pan paniscus*) az eszközhasználat lényegesen korlátozottabb a vadonban (Rolian és Carvalho, 2017). Mindez arra utal, hogy az ökológiai környezetnek is nagy szerepe van abban, hogy egy adott emberszabású populáció, vagy faj milyen mértékben alakít ki komplex technológiai viselkedést (Meulman és van Schaik, 2013; Sanz és Morgan, 2013).

A továbbiakban egy a fentihez hasonló, de attól több lényeges ponton eltérő, új kategorizációt fogok használni a csimpánzok eszközhasználatának adaptív funkcióinak áttekintése során. Az általam itt javasolt kategorizáció szintén három adaptív területet különböztet meg. Azonban a van Schaik és mtsai (2006) féle, fent ismertetett kategorizációtól három lényeges ponton is eltérek majd:

a) Egyrészt, a táplálékszerzés területét (extractive foraging), melyet általában egy területként kezel a kutatás, itt egy további felosztással két külön területre osztom fel: 1) a táplálék feldolgozás területére, illetve 2) a táplálékszerzés területére. Mint azt lentebb kifejtem, e két terület megkülönböztetésének logikai alapját az jelenti, hogy az eszközhasználat, mint viselkedés a táplálék feldolgozás területén a már birtokba vett tápláléokra irányul, míg a táplálékszerzés területén a táplálék birtokba vételére és megszerzésére.

b) Másrészt, a higiénia és komfort területét részben megtartom az általam javasolt kategorizáción belül, de egy átfogóbb viselkedési területhez, „a saját testre irányuló eszközhasználat” mint új általános kategória alá sorolom be.

c) Harmadrészt, teljesen mellőzöm a Van Schaik és mtsai. (2006) által tárgyalt harmadik területet, a kommunikáció és hivalkodás területét, mert az álláspontom szerint nem eszközhasználatként, inkább csupán a környezetben előforduló tárgyakra irányuló impulzív érzelem-kitörésként kategorizálható. A leggyakrabban hivatkozott viselkedés e területen az ágak rázása, letördelése, hordozása, hajigálása (Goodall, 1986). Mindez azonban inkább spontán és rögtönzött erődemonstráció a hímek közötti rivalizálások során, nem pedig

célirányos, eszközhasználatra épülő, problémamegoldó viselkedés.²² Bár a Hominin evolúció során valóban feltételezhető, hogy később a hivalkodás és kommunikáció területén megjelentek az olyan új viselkedésmódok, amelyek eszközök és tárgyak egyre összetettebb használatán alapultak. E viselkedésmódoknak azonban a ma élő főemlősöknél csupán a fent említett egyszerű, impulzív formái találhatóak meg,²³ amelyek alapján nem lehetséges megalapozott következtetéseket levonni e viselkedési terület evolúciójára. - Így e terület tárgyalását a Disszertációban a továbbiakban mellőzöm.

A fent ismertetett három észrevétel figyelembe vétele alapján, a csimpánzok eszközhasználatának a kategorizációjára céljára az alábbi három adaptív-funkcionális területet fogom megkülönböztetni:

1). Kategória: 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) Kategória: A táplálékszerzés területe.

²² Az ilyen tárgyakra irányuló impulzív viselkedés tehát álláspontom szerint, a kutatásban elterjedt közfelfogás ellenére (Goodall, 1986; Hunt, 2020), nem kategorizálható a tárgyak eszközként való használatként. Emberi viselkedésből vett analógiával szemléltetve: a tárgyakra irányuló dühkitörést, például a tányérok falhoz vágását, a bútorok felborítását, az ajtó rugdosását sem tekintjük eszközhasználatnak, hanem a tárgyakra irányuló impulzív, agresszív viselkedésnek.

²³ Egy gyakran hivatkozott viselkedés a kommunikáció/hivalkodás a területen a csimpánzok dobolása. Ennek során a hímek meghatározott fajú fák stabil külső támasztógyökereit ütik meg ismétlődően nagy erővel. Ezzel akár több kilométeres hallótávolságra eljutó, ritmikus vokális jelzéseket tudnak kibocsájtani (Eleuteri és mtsai, 2022). Mivel ezeket a csak nagyobb távolságra, bizonyos helyeken előforduló fákat célzottan és csoportosan keresik fel, e viselkedéshez nagyfokú célirányosság és tervezettség szükséges. Ugyanakkor eszközhasználatként való meghatározását kérdésesnek tartom, mivel a támasztógyökerek a környezet rögzített, nem elmozdítható elemei.

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, termeszkek, hangyák. E táplálékok a megszerzést követően már közvetlenül elfogyaszthatóak, nem igényelnek további feldolgozást és eszközhasználatot (ellentétben a fent definiált 1. kategória eseteivel).

3) Kategória: 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 az egyed saját testi állapotának fenntartása, így például a fizikai stressztől való védelme, a testhőmérsékletének fenntartása, a test tisztogatása, ápolása, gyógyítása útján.

Ez az adaptív terület tehát számos különböző viselkedést felölel, és maga a terület nagyrészt átfedésben áll a fentebb ismertetett van Schaik és mtsai. (2006) féle kategorizáció 2. területével, a komfort és higiénia területével. Mindazonáltal, később, a 6.6. alfejezetben pontosabban is megpróbálom meghatározni az eszközhasználat adaptív funkcióját ezen a területen belül, és ezáltal elméletileg jobban alátámasztani, hogy miért tartok besorolhatónak számos nagyban különböző viselkedést ehhez az egyetlen területhez.

A csimpánzok technológiai viselkedését tehát e fejezet további részében a fent definiált három fő adaptív terület szerint kategorizálva fogom tárgyalni.

6.3. A csimpánzok eszközhasználatának első adaptív területe: a táplálék feldolgozás {The first main adaptive domain of chimpanzee tool use: food processing}

A következőkben önálló alfejezetekben tárgyalom a csimpánzok technológiai viselkedésének a fentebb előzetesen már definiált három adaptív-funkcionális területét. Egyrészt, bemutatom az e három főterülethez sorolható viselkedési módokat, másrészt megpróbálom további érvekkel is alátámasztani a technológiai viselkedés e három fő területének a megkülönböztetését, és fentebb bemutatott definícióját.

Az itt tárgyalt első fő terület a táplálékszerzés adaptív területe lesz. E területéhez a fenti definíció szerint, a már megszerzett és birtokba vett táplálékra irányuló, eszközhasználaton alapuló tevékenységek tartoznak. Mivel a főemlősök legtöbb faja gyümölcssevő (van Schaik, 2016; Malone, 2022), ez azt jelenti, hogy a táplálékuk közvetlenül elfogyasztható a megszerzés után. Vagyis a gyümölcsök (és néhány más lágú, növényi táplálék) nem igényel a rágást megelőzően sem manuális, sem eszközhasználatot, extraorális feldolgozást. Ezzel szemben néhány főemlős fajt egy olyan többirányú, mindenevő étrend és táplálkozási stratégia jellemez, amelyben a gyümölcsök mellett vagy helyett más, tápláléktípusok is megjelennek.

Az ilyen mindenevő vagy generalista fajok táplálkozási spektrumán belül olyan táplálékok is előfordulhatnak, amelyek a gyümölcsökkel ellentétben, elfogyasztás előtt feldolgozást is igényelhetnek (Parker és Gibson, 1977 és 1979). Ezek táplálékok általában olyan struktúrával rendelkeznek, amely egy belső ehető részből és egy azt burkoló külső, szilárd és zárt, nem ehető részből áll. A táplálék feldolgozása, mint viselkedés célja tehát a nem ehető, kemény külső rész eltávolítása, míg maga az ehető belső rész nem igényel további feldolgozást. A feldolgozás történhet kézzel (manuálisan) is, azonban a külső rész szilárdsága szükségessé teheti az eszközhasználatot, ami nagyobb vagy célzottabb erőátvitelt tesz lehetővé (Gamble, 2008).

Az eszközhasználat, mint viselkedés adaptív funkciója az 1. területen belül tehát a már megszerzett és birtokba vett táplálék elfogyaszthatóvá tétele, ami az állat számára többlet energiát (plusz kalóriákat) tesz elérhetővé. Ugyanakkor ezt az általános viselkedési stratégiát több különböző típusú táplálék esetén is alkalmazni lehet. A táplálék feldolgozása adaptív területén belül így az eszközhasználat akár állati, akár növényi táplálékok fogyasztásával kapcsolatban megjelenhet. Ennek példái nem korlátozódnak a csimpánzokra, illetve a nagy emberszabásúakra (hominidákra). A főemlősök rendjén belül e viselkedés további példái is megjelennek:

- a kagylók feltörése kövekkel a hosszú farkú makákóknál (Haslam és mtsai, 2016),
- vagy a növényi termések (kemény héjú gyümölcsök dió, pálmadió, stb.) héjának feltörése kalapácsként és üllöként használt kövekkel a csuklyásmajmok (*Cebus*) egyes fajainál (Barrett és mtsai, 2018; Frigaszy és mtsai, 2004).

A fenti példák alapján, a táplálék feldolgozás adaptív területéhez tartozó technológiai viselkedés módok kialakításának a képessége pleizomorfikus (azaz a közös ősnél kialakult, filogenetikusan ősi) sajátosság a főemlősöknél. Vagyis e viselkedési képesség kialakulása megelőzte a Pan és Homo genuszok kialakulását, így e két leszármazási ág közös ősnél is megjelent.²⁴ Ebből következően, az összes korai Hominin fajnál is feltételezhető a technológiai viselkedés kialakulásának lehetősége. A csimpánzok esetében az 1) területhez, azaz a táplálékszerzés adaptív területéhez az eszközhasználat egy fő formája sorolható:

- az ütőeszköz („kalapács”) alkalmazása a különböző termékek héjainak feltörése során (McGrew, 2010; Siriani és mtsai, 2015).

Bár ez az ütőkö használaton alapuló viselkedésforma tehát a főemlősök több más öregcsaládjában is megjelenik (lásd fentebb). Azonban a csimpánzok egyedülállóak abban a tekintetben, hogy e technológiai viselkedés nagyszámú különböző regionális variánsát alakították ki. A csimpánzok különböző helyi populációinak körében az alábbi tényezőkre kiterjedő variációk figyelhetők meg:

- a) Variációk a nyersanyagok használata: ütőeszközként különböző méretű és típusú köveket vagy botokat és fadarabokat is használnak (Hunt, 2020; Siriani és mtsai, 2015).

- b) Eltérések az üllő használatában: Csoportonként eltérő az alátámasztás, vagyis az üllő, mint kiegészítő eszköz használatának módja is: a termékeket kőüllőre, fatörzsre, vagy csupán a talajra helyezik a leütés előtt (Whiten és mtsai, 1999). (Illetve, néhány csimpánz populációban magát a kőüllőt külön is alátámasztják kisebb kövekkel).

- c) Eltérések a feldolgozott növényi táplálékok típusában: Az egyes csoportok a fent felsorolt eszközhasználati módokat több különböző növényfaj terméseihez való hozzáférés során alkalmazzák, így a helyi pálmadió-fajok vagy kemény héjú gyümölcsök feltörésénél, illetve kemény húsú gyümölcsök széthasításánál (Hunt, 2020).

Az eszközhasználat regionális diverzitásának kétféle elméleti értelmezése: kulturális diverzitás vs. adaptív diverzitás

A csimpánzok ütőkö használatának területén tehát a „technológiai különbségeknek”, vagyis variációknak három fő esete azonosítható:

²⁴ Fontos rámutatni, hogy itt az eszközhasználat, mint viselkedés általános képességre utalok, amely képesség nem minden főemlős-faj esetében realizálódik és aktualizálódik a ténylegessen megjelenő eszközhasználatban (vö. egy ehhez hasonló hasonló érvelést: Rolian és Carvalho, 2017).

- **i)** a kalapács anyaga (kő vagy fa), - **ii)** az üllő igénybevétele vagy hiánya, és végül
- **iii)** a feldolgozott növényfajok tekintetében fennálló variációk.

Összegezve tehát, a technológiai viselkedés első adaptív területén (a táplálék feldolgozásnak) a csimpánzok több különböző, regionálisan eltérő eszközhasználati módot is kialakítottak. Mindez jelentős flexibilitásra utal, ami az innovációk kialakításának a képességének meglétét feltételezi. Ezek a lokális, regionális szintű technológiai adaptációk igazodnak a helyi forrásokhoz (növényi termékekhez) és az eszközkészítéshez használható helyi nyersanyagokhoz (kőzetek, fa fajok), valamint a helyi csoport saját kulturálisan átadott szokáskészletéhez is (Matsuzawa és mtsai, 2011; Whiten és mtsai, 2001).

Alapvető kérdés, hogy ezeknek a variációknak a megjelenése milyen oksági tényezőkhöz köthető. A kérdés megválaszolásának kiindulását az a megfigyelés jelentheti, hogy a technológiabeli különbségek csak a csoportok között érvényesülnek (Whiten és mtsai, 1999; Hunt, 2020). Az egyes csimpánz csoportokon belül ugyanis minden egyedre konzisztensen az eszközhasználat egyazon variációja jellemző, ami arra utal, hogy az emberszabásúak eszközhasználata szociális tanuláson és „kulturális átadáson” alapul (Henrich és Tennie, 2017; Luncz és mtsai, 2012 és 14).

A technológiai viselkedés változatosságának a kutatásban két fő elméleti magyarázat jelent meg: a kulturális, illetve az ökológiai magyarázatok. Az eszközök használata terén a csimpánz populációk között kialakuló különbségek jelenleg domináns megközelítése ezt a jelenséget a kulturális változatosság és a kulturális evolúció témájának az összefüggésében tárgyalja leggyakrabban (például Luncz és mtsai, 2012 és 2014; Besse és mtsai, 2021).. Vagyis ez a megközelítés a technológiai változatosság kialakulását a csoporton belüli eltérő kulturális tradíciók kialakulásával magyarázza, amit a szociális átadás és szociális tanulás folyamatai tartanak fenn (Henrich és Tennie, 2017).

A technológiai viselkedés adaptívdiverzifikációjának tendenciája.

Ugyanakkor, ebben a Disszertációban a technológiai változatosságnak a jelenségét egy másik, a fent leírt kulturális értelmezést részben kiegészítő, részben attól független összefüggésen belül fogom tárgyalni: adaptív stratégiaként, vagyis az ökológiai alkalmazkodás technológián alapuló módjaként értelmezem. Ezért erre a jelenségre, vagyis a technológiai viselkedés valamely adaptív főterületén belül több jól elkülöníthető viselkedési módnak (azaz technológiai variánsnak) a megjelenésére a „technológiai viselkedés „adaptív

diverzifikációjának tendenciája” elnevezést használom a továbbiakban. Az itt javasolt elnevezés, illetve koncepció alkalmazásának célja a további fejezetekben a technológiák evolúciós változásának leírás lesz majd. E mellett, ez az elnevezés azt is hangsúlyozza, hogy a technológiai variánsok megjelenése nem csupán a kulturális diverzifikációra (az eltérő élőhelyeken élő csimpánzok viselkedési tradícióinak regionális eltéréseire) vezethető vissza.

Az eltérő környezeti adottságokat az eltérő eszközhasználati és táplálkozási módokkal összekapcsoló ökológiai magyarázatok természetesen szintén régóta jelen vannak a primatológiai kutatásban (Koops és mtsai, 2013 és 2014; Sanz és Morgan, 2013; Meulman és van Schaik, 2013; Luncz és mtsai, 2018). Azonban az itt következőkben az ökológiai megközelítést egy lépéssel tovább gondolom:

- a primatológia a jelenkori főemlős populációk között az eszközhasználatnak, mint adaptív viselkedésnek a területén fennálló különbségeket egy térbeli, földrajzi dimenzióban vizsgálja
- ugyanakkor az eltérő adaptív stratégiáknak (eszközhasználati módoknak) a megjelenését a Hominin technológiai evolúció időbeli dimenziójában szintén megpróbálhatjuk nyomon követni. Ahogyan a 4. fejezetben arra rámutattam, ehhez az egyik lehetséges kiinduló pontot a csimpánzok viselkedésének, mint a Hominin viselkedés evolúciós analógiájának a tanulmányozása jelenti.

A technológiai viselkedés fitness-hozzájárulása.

A technológiai viselkedésnek a fent javasolt, adaptív stratégiaként való értelmezését nagy mértékben alátámasztják azok a bizonyítékok, amelyek arra utalnak, hogy az eszközhasználat jelentősen hozzájárulhat az egyedek inkluzív fitnessének növeléséhez. Ennek egyik példája, hogy bizonyos populációknál a száraz évszakban a pálmadiók feltörése akár napi 2000 kalória táplálékbevitelt is biztosít az egyedek számára (Luncz és mtsai, 2018). Mivel ráadásul ebben az időszakban nem nagyon áll rendelkezésre alternatív táplálékforrás, ezért ez a technológián alapuló tevékenység jelentősen növeli az egyedek túlélési esélyeit, az általuk a táplálkozással megszerzett és így létfenntartásra és reprodukcióra fordítható energia összmenyiségét, és így inkluzív fitnessüket is.

A csimpánzok technológiái a táplálék feldolgozás adaptív területén egy másik tekintetben szintén az emberi viselkedés evolúciós analógiáját jelentik. Ugyanis mind a múltbeli (kihalt)

és a ma élő emberekre is jellemző, hogy a technológiai viselkedés nem csupán járulékos, alkalmi jellegű, hanem az adott faj viselkedésének állandó kötelező elemmé válik (Shea, 2017), vagyis rögzül. Az eszközhasználat ilyen állandósulásának feltétele, hogy a technológián alapuló táplálék feldolgozás hatékonyabb legyen, mint az eszközhasználatot mellőző táplálék feldolgozás. Ez esetben ugyanis az eszközhasználat magasabb fitness-hozzájárulást biztosít az egyed számára, vagyis több túlélő utódja lesz, mint az eszközöket nem használó egyednek – így az eszközhasználat akár 1-2 generáción belül általánossá válik a populációban. Egy ilyen folyamat irányába való elindulás egyértelműen megjelenik a csimpánzok eszköz használata esetében.

Az adaptív diverzifikáció itt tárgyalt tendenciája a csimpánzok esetében még nagyobb mértékben érvényesül a 2. adaptív területen, azaz a táplálékszerzés terén – így ezt a témát a 6.4. alfejezetben tovább tárgyalom. Ez a már a csimpánzoknál is kimutatható tendencia továbbá szintén alapvető szerepet játszik a hominin és humán technológiai evolúcióban is, ahogy azt később bemutatom (lásd: 7-8. fejezetek).

6.4. A csimpánzok eszközhasználatának második adaptív területe: a táplálékszerzés {The second main adaptive domain of chimpanzee tool use: food acquisition}

Az emberszabásúak – és azon belül a csimpánzok – eszközhasználatának az általam definiált és tárgyalt második fő területe a táplálékszerzés adaptív területe lesz. Ugyanakkor, a primatológiai kutatásban ezt a területet nem szokás megkülönböztetni a fentebb tárgyalt első adaptív fő területtől, a táplálék feldolgozástól. Mint arra utaltam (6.1.-6.2 szakaszok), általában véve a viselkedésökológia, és azon belül a primatológiai kutatás e két terület különbségeinek nem szentelt figyelmet, és mindkét területet a „kinyeréses táplálkozás” kategóriáján (Gibson, 1986; Parker, 2015) belül tárgyalja. Az alábbiakban ezzel szemben amellet érvelek, hogy az eszközhasználat megjelenését ezen a két területen, vagyis a táplálék feldolgozás, illetve a táplálékszerzés területein, mint két különböző viselkedési stratégiát érdemes tanulmányozni.

A két terület, vagyis 1) a táplálék feldolgozás, illetve 2) a táplálékszerzés területének megkülönböztetésének logikai alapját elsődlegesen az eszközhasználatnak, mint viselkedésnek a céltárgya (objektuma) terén köztük fennálló különbség jelenti:

- **1) a táplálék feldolgozás területe:** az eszközhasználat a már birtokba vett, és ezáltal közvetlenül kézbe vehető és manipulálható táplálékra irányul, a viselkedés célja a táplálék külső burkolatának vagy héjának eltávolítása

- **2) a táplálékszerzés területe:** az eszközhasználat célja a táplálék jövőbeli birtokba vétele és megszerzése, a céltárgy tehát nem kontrollálható közvetlenül, a viselkedés célja ezért a táplálékot elrejtő közegen belül, a kézzel nem hozzáférhető céltárgy eszközzel történő elérése.²⁵

A két adaptív területen az eszközhasználat céltárgya terén fennálló, fent leírt különbségek megfelelően továbbá, az eszközhasználat alapvetően eltérő adaptív funkciót tölt be, vagyis két eltérő módon járul hozzá az egyedek fitneszének növekedéséhez is:

- **1) a táplálék feldolgozás területe:** az eszközhasználat a már megszerzett táplálék ehetővé tételére irányul, a megszerzett növényi termések elfogyasztását teszi lehetővé az egyed számára. Az eszközhasználat adaptív funkciót tölt be a táplálék extraorális feldolgozásának lehetővé tételén keresztül: az állatok energiát takarítanak meg, mivel az eszközhasználat helyettesíti az olyan energia-költségesebb megoldásokat, mint az erősebb fogazat kifejlesztése, vagy az intenzívebb rágás.

- **2) 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. Az eszközhasználat útján történő táplálékszerzést a csimpánzok egyaránt alkalmazzák a növényi és állati táplálékokra, valamint a mézre (lásd lentebb). Minden egyes tápláléktípus esetében új, eltérő megoldásokat szükséges kialakítani, amiben nagy szerepet kap az általános intelligencia, és néhány más magasabb rendű kognitív képesség (Parker és Gibson 1979; Parker, 2015). Az első területtel összehasonlítva, a táplálékszerzés területén az eszközhasználat voltaképpen adaptív funkciója tehát jóval összetettebb: hozzáférést tesz lehetővé egyidejűleg több különböző, eszközök nélkül csak nehezen kiaknázható táplálék típushoz is. Ezáltal növeli az állatok számára a környezetükből elérhető kalória összmenyiségét.

²⁵ A fent leírt definíciója érthetőbbé válik, ha itt néhány olyan közegre is utalunk, melyet a csimpánzok az eszközhasználat segítségével aknáznak ki: a talajból, faodukból, természetvárok vagy méhkaptárak belsejéből szereznek meg ily módon különböző típusú táplálékokat – a részleteket lásd: a 6.4. alfejezet további részében.

A táplálékszerzés adaptív területének önálló területként való definíciójára vonatkozó fenti érveket követően, az alábbiakban áttekintem az e főterülethez sorolható, a csimpánzoknál leggyakrabban megfigyelt, technológiai viselkedésen alapuló táplálékszerzési módoknak a listáját. E lista a jelenlegi ismereteink szerint az alábbi öt fő tápláléktípusra terjed ki:

- **a) termeszek:** szondázásra használt, megfelelő átmérőjű fűszálak vagy hosszú gallyak bejuttatása a termeszvárak résein, a rovarok megszerzése céljával (Goodall, 1986; Bermejo és Illera, 1999)
- **b) hangyák:** a fentihez hasonló módon, fűszálak vagy hosszú gallyak használata a hangyabolyokban tartózkodó rovarok összegyűjtésére és elérésére (Koops és mtsai, 2015)
- **c) méz:** botok, fadarabok használata a faodvakban vagy földalatti üregekben található méh kaptárakból a méz elérésére, kimeregetésére (Bessa, Hockings és Biro, 2021; Sanz ésMorgan, 2009)
- **d) kis testű emlősök:** hosszú, viszonylag egyenes, vagy meghajló faágak használata a faodúkban rejtőzködő és pihenő kistestű galágóknak (fülesmakiknak) az odúkból való kihúzása céljával (Pruetz és Bertolani, 2007) Ennek az eszközhasználati módnak a sajátossága a faágak végein a hegyszerű végződés kialakítása a fogak használatával. Emiatt ezek a tárgyak nem csupán szondázó eszközök (mint a termesz fogásnál használt gallyak), hanem sérülés okozására alkalmas, nagyon egyszerű fegyverek is (Pruetz és mtsai, 2015).
- **e) földalatti gyökerek és gumók:** botok vagy faágak használata az „ásóbot” funkció betöltésére, a föld alatti növényi táplálékhoz való hozzáférés során (Hernandez-Aguilar és mtsai, 2007; MacLennan és mtsai, 2019).

Az öt adaptív alterület szerepének értékelése.

Az eszközhasználatot a fent felsorolt öt eltérő tápláléktípus megszerzése során a továbbiakban úgy kategorizálom, mint a táplálékszerzés adaptív fő területén belül megkülönböztethető öt adaptív alterületet. E különféle viselkedésmódoknak az egyazon adaptív terület alterületeiként való kategorizálásának elméleti indokát az a tényen jelenti, hogy ugyanazt az adaptív funkciót töltik be eltérő módokon, azaz a másképp nem hozzáférhető tápláléktípusokat (energiaforrásokat) teszik elérhetővé az egyedek számára. A fent felsorolt, öt alterületből álló listát egyébként az újabb és újabb terepi megfigyelések folyamatosan bővítik, ami azt bizonyítja, hogy a csimpánz (*P. troglodytes*), mint faj viselkedése rendkívül flexibilis az eszközhasználat újabb és újabb változatainak kialakítása tekintetében.

A 6.3. szakaszban a „technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának tendenciája” kifejezést javasoltam arra a folyamatra, melynek során a technológiai viselkedés egy adott adaptív területén belül, az eszközhasználat új módjainak, mint új technológiai variánsoknak (változatoknak) a megjelenésére kerül sor. Itt, a táplálékszerzés adaptív fő területén belül a fent leírt öt, különböző alterületnek a megjelenését szintén mint az adaptív diverzifikáció egy példájaként értelmezem.

Itt fontos hangsúlyozni azt a tényt, hogy a csimpánzok esetében az adaptív diverzifikáció tendenciája tehát nem korlátozódik egyetlen adaptív területre, hanem mint láttuk, mind az első, mind a második eddig tárgyalt területen, a táplálék feldolgozáson és a táplálékszerzésen belül is megjelenik. A 6.6 fejezetben pedig az is látni fogjuk, hogy a harmadik területen, a saját testhez kapcsolódó technológiák adaptív területén is kimutatható ez a tendencia.

Az adaptív diverzitás tendenciája mindezek alapján a csimpánzok eszközhasználatának egy olyan sajátossága, amely feltételezhetően egy a technológiai viselkedés új formáinak a kialakítására irányuló általános képességnek a megjelenésén alapul. Erre a technológiai képességre vonatkozóan „az adaptív innovativitás képessége” elnevezés használatát javaslom, és az alábbi definíciót alkalmazom rá:

- az adaptív innovativitás képessége úgy definiálható, mint egy adott faj viselkedésének bármely adaptív területén belül az új, korábban abban a formában nem létező flexibilis viselkedési stratégiák kialakításának a képességét. Az ilyen új, flexibilis viselkedési stratégiák jellemzője, hogy nem alkalmi jellegűek, hanem ugyanazon a cselekvési és környezeti kontextuson belül bármikor, ismétlődően és rendszeresen is hatékonyan alkalmazhatóak. A viselkedés azonos kontextuson belüli ismételhetőségének következtében, az innovatív viselkedés egy adott viselkedési területen hosszabb távon is hatást gyakorolhat az egyedek inkluzív fitneszére.

Az innovativitást, mint az állati eszközhasználat és emberi technológiai viselkedés egyik fő jellemzőjét természetesen számos kutatás vizsgálta (Mutukrishna és Henrich, 2016; Reader és mtsai, 2016; Mesoudi és Thornton, 2018; Kolodny és mtsai, 2016). Az általam fent javasolt meghatározás tehát mindössze azon kritérium tekintetében tér el az innovativitás koncepciójának más meghatározásaitól, hogy kihangsúlyozza az innovatív viselkedés fitnesz-hozzájárulását, amely eltérhet azoknak a korábbi viselkedéseknek a fitnesz-hozzájárulásától, amelyek ugyanazon az adaptív területen belül korábban már kialakultak.

Ily módon az adaptív innovativitás képessége hozzájárulhat olyan viselkedési módok (technológiák) kialakulásához, amelyekre a fitness-hozzájárulásukon keresztül pozitív irányú természetes szelekció hat. Az ilyen viselkedések tehát miután megjelentek, gyakoribbá válnak és elterjednek egy adott populáción belül (Boyd és Richerson, 2005). Ugyanakkor ez a folyamat megnyitja az utat a technológiai viselkedés további evolúciójának lehetősége előtt, mivel ha egy új, magasabb fitness-hozzájárulást hordozó eszközhasználati mód jelenik meg, az akár egy-két generáción belül kiszoríthat más, kevésbé hatékony korábbi eszközhasználati módokat.

A fent definiált innovatív képesség kialakulása a csimpánzok esetében feltételezhetően a magas szintű általános intelligencia és más fejlett kognitív képességek előzetes kialakulásán és meglétén alapul (Lonsdorf és Sanz, 2022). Ezért megfogalmazható egy olyan előzetes feltevés, hogy az adaptív innovativitás képessége valójában nem önálló képesség, hanem csupán az általános intelligencia egyik megvalósulási módja (MacLean, 2014). E képesség továbbá a csimpánzoknál feltűnően gyakran nyilvánul meg az eszközhasználat, vagyis a technológiai viselkedés területén. Ugyanakkor az itt említett három tényező, vagyis az adaptív innovativitás képessége, az általános intelligencia, és a technológiai viselkedés között fennálló oksági összefüggések és hatásmechanizmusok azonosítása a további kutatások feladatának kell lennie.

6.5. Az eszközhasználat második adaptív területének eltérő filogenetikus eredete **{ The different phylogenetic origins of the second adaptive domain of tool use behaviour }**

A „kinyeréses táplálkozás” (extracting foraging) hagyományos, viselkedésökológiai leírása szerint, e táplálkozásmód gyakran társul eszközhasználattal, elsősorban a főemlősök egyes fajainál alakul ki, és általános célja a táplálékot elfedő vagy védő, kemény külső burkolat, vagy külső közeg (azaz mátrix) eltávolítása (Gibson, 1986; Parker, 1996; Parker és Gibson, 1977; 1979). A 6.3. – 6.4. szakaszokban amellelt érveltem, hogy, a „kinyeréses táplálkozás” eredeti koncepciójának megtartása mellett is, e koncepción belül két jól elkülöníthető és önálló adaptív területet érdemes definiálni: - 1. a táplálék feldolgozás területét (lásd 6.3), illetve: -2. a táplálékszerzés területét (lásd 6.4.).

Itt, a 6.5. alfejezetben a táplálékszerzés területének az önálló, a táplálék feldolgozástól (azaz az 1. területtől) elkülönülő adaptív területeként való megkülönböztetését alátámasztó, két további összefüggést mutatok be:

- A): A technológiai viselkedéshez szükséges kognitív erőforrások és képességek kérdését
- B): A technológiai viselkedés filogenetikus eredetének kérdését.

A): A technológiai viselkedéshez szükséges kognitív erőforrások és képességek

Az 5.4. alfejezetben az első és a második adaptív területet megkülönböztetésének alapjaként határoztam meg a technológiai viselkedés céltárgyának (objektumának) a vonatkozásában fennálló különbséget:

- **1) a táplálék feldolgozás területe:** a viselkedés célja a már kézbevehető táplálék külső burkolatának vagy héjának eltávolítása
- **2) a táplálékszerzés területe:** a viselkedés célja a táplálékot elrejtő közegen belül a kézzel nem hozzáférhető céltárgy eszközzel történő elérése.

A két adaptív terület különbségét azonban a fent leírtnál részletesebben is definiálhatjuk. A két területen belül a technológiai viselkedés és annak céltárgya között megvalósuló interakció léptéke és ható távolsága is különböző:

- 1) táplálék feldolgozás területén:

A táplálék, mint céltárgy közvetlenül, kézzel manipulálható, az eszközhasználat hatótávolsága pedig korlátozottabb. A tevékenység célja csupán a táplálék (céltárgy) külső, szilárd burkolatának vagy héjának eltávolítása, és ezáltal az ehhez való hozzáférés.

- 2) a táplálékszerzés területén:

A táplálék, mint céltárgy nem férhető hozzá közvetlenül. A táplálék itt a környezetnek egy a főemlősöktől védett elemén belül, egy zárt, manuálisan nem hozzáférhető közegen helyezkedik el. (Ilyen környezeti közegek például: a természetvárok és hangyabolyok belseje, vagy a méz esetében a faodúk és kaptárak, az ehhez való hozzáférés esetében pedig a talaj.) A tevékenység célja itt táplálékot tartalmazó közegen (mint másodlagos céltárgynak) az eltávolítása, a táplálékhoz (mint elsődleges céltárgyhoz) való hozzáférés lehetővé tétele.

Ahogy a fenti leírásból látható, a táplálékszerzés területén az eszközhasználat egy jóval összetettebb cselekvési és logikai (ok-okozati) útvonalat követ. Ennek a cselekvési útvonalnak

a része, hogy egy elsődleges céltárgyhoz (a táplálékhoz) való, hozzáférés érdekében, előzőleg egy másodlagos céltárgy (a közeg) manipulációjára van szükség. Így a cselekvéshez képest annak jutalmának elérése időben később bekövetkező, késleltetett, ami magas általános intelligenciát és önkontrollt feltételez (MacLean, 2014).

A táplálékszerzés adaptív alterületeire tehát a táplálék, mint céltárgy elérése terén kialakuló több lépéses elérési útvonalak jellemzőek. Ennek az a következménye, hogy ezen a területen jóval összetettebb kognitív képességekre van szükség a technológiai viselkedés során, mint a táplálékfeldolgozás területén. A táplálékszerzés adaptív alterületein tehát nagyobb mértékben van szükség az olyan kognitív képességek használatára, mint az észlelés, következtetés, előrelátás, a manuális tevékenységének finommotoros kontrolja – ahogy azt részben már „a kinyeréses táplálkozás hipotézis” is felvetette (Gibson, 1986; Parker, 1996; Parker és Gibson, 1977; 1979; vö. még Lonsdorf és Sanz, 2022; MacLean, 2014; Parker, 2015). Mindezt az alábbi öt pontban foglalhatunk össze:

- 1: ezen az adaptív területen a csimpánzok tevékenysége egy olyan táplálékra irányul, amely vizuálisan nem észlelhető közvetlenül
- 2: a táplálék jelenlétének felismerése az előző pontból következően, „ha/akkor” jellegű oksági következtetést igényel: ha egy adott feltétel teljesül, akkor a táplálék jelen van. (Ennek példái: ha egy faodúban korábban voltak galágók, akkor ott most is lehetnek; ha egy üreg vagy faodú közelében méhek repülnek, akkor ott kaptár és méz megléte is feltételezhető; stb.)
- 3: a cselekvés megkezdésekor annak tárgya, a táplálék még nem manipulálható, és nem férhető hozzá közvetlenül
- 4: az előző pont következtében, a táplálékhoz való hozzáférés egy több okságilag is egymásra épülő lépésből álló, szekvenciális jellegű cselekvési sort igényel, melynek során lépésről lépésre válik hozzáférhetővé a táplálék, melynek megszerzése jelenti a záró lépést. Ez a cselekvési sor magába foglalja a táplálék felkutatását, a jelenlétére vonatkozó oksági következtetés kialakítását, a szükséges eszközök elkészítését, majd pedig használatát.
- 5: Ez a szekvenciális jelleg a táplálékszerzés adaptív területén belül a csimpánzokra olyan mértékben jellemző, hogy néha nem is egy eszközt, hanem több különböző eszköz készletét használják a táplálék megszerzéséhez (Wilfried és Yamagiwa, 2014; Sanz és Morgan, 2009). Például, egy nagyobb bottal megbontják a termeszvár külső falát, majd egy lecsupasztított vékony gallyat bevezetnek a járatokba, hogy az abba kapaszkodó termeszeket kihorgásszák vele. Esetenként, így a méz megszerzése során ennél akár jóval bonyolultabb, négy-öt

eszközből álló eszközkészletek szekvenciális használatára is sor kerül (Sanz és Morgan, 2009; Boesch és mtsai, 2009).

A fent leírt öt pont mindegyike szembeállítható azokkal a kevésbé bonyolult viselkedési és kognitív sémákkal, amely az első adaptív területre, a táplálék feldolgozásra, például a diók vagy más termések feltörése eseteiben jellemzőek:

- 1: a táplálék vizuálisan is jól felismerhető és beazonosítható, a külső burkolat (héj) ellenére is
- 2: e felismerhetőség miatt kevésbé van szükség a ha/akkor típusú oksági következtetések kialakítására
- 3: a táplálék már a cselekvés kezdő lépésénél is közvetlenül megragadható és manipulálható, vagyis a rá irányuló cselekvés tárgyává válik, így nem késleltetett, több lépéses hozzáférés (bár a héjak széttörése szintén igényelhet türelmet és kitartást)
- 4 és 5: az előző pont következtében, az eszközhasználat során nincs szükség több egymásra épülő lépésből álló, szekvenciális cselekvési sorra. E helyett egy egyszerű, repetitív, ismétlésre épülő cselekvés is elegendő: egy vagy több leütés megismétlése után, a termés héja széttörik és eltávolíthatóvá válik.

B): A technológiai viselkedés filogenetikus eredete

A táplálékszerzés adaptív területe egy további fontos összefüggés mentén is élesen elkülöníthető a táplálékfeldolgozás területétől: az eszközhasználat e két adaptív területének ugyanis feltételezhetően eltérő filogenetikus eredete van, és így egymástól eltérő evolúciós időpontban is jelenhettek meg.

Ugyanis ha e két viselkedési területnek a filogenetikus státuszát egy a főemlősök (Primata) rendjének egészére kiterjedő, komparatív elemzés keretében vizsgáljuk, akkor a következő kép bontakozik ki:

1) Az első terület esetében (táplálék feldolgozás): az eszközhasználat különböző formái a ma élő főemlősök több különböző, egymással közvetlen filogenetikai kapcsolatban nem álló öregcsaládjában belül is megjelennek, mind az újvilági, mind az óvilági majmoknál, ahogy arra a korábbi fejezetekben is hivatkoztam:

- a dél-amerikai csuklyásmajmoknál (Barrett, és mtsai 2017)
- az ázsiai makákóknál (Haslam és mtsai, 2016).

- a nagy emberszabásúaknál, az afrikai csimpánznál és az ázsiai orangutánál (van, Schaik, 2016).

Ennek a főemlősök több alcsaládjára is kiterjedő filogenetikus előfordulási mintázatnak az alapján, a táplálék feldolgozás adaptív területén az eszközhasználatnak, mint viselkedési módnak a kialakításának képessége egy a főemlősökre általánosan jellemző, közös, pleizomorfikus (a rend közös ősenél megjelenő) filogenetikus sajátosságként értékelhető (ehhez hasonló következtetés levezetését lásd: Rolian és Carvalho, 2017).

2) A második terület esetében (táplálékszerzés): az eszközhasználat előfordulása különböző főemlősök rendjén belül nagyon erősen korlátozott, nem általános. A technológiai viselkedésen alapuló táplálékszerzés adaptív területéhez sorolható eszközhasználat változatos formáit ugyanis csupán két, egymással szoros filogenetikai kapcsolatban álló, ma élő főemlős taxon, a *Pan* és a *Homo* egy-egy faja (*Pan troglodytes*, illetve *Homo sapiens*) esetében figyelhetjük meg. Mindezek alapján, a táplálékszerzés adaptív területén az eszközhasználatnak, mint viselkedési módnak a kialakításának képessége nem jellemző általánosan a főemlősökre. E helyett, ez a viselkedési képesség csupán két öregcsalád, a Panini és a Hominini esetében egy új, a közös leszármazás során szerzett, autapomorfikus filogenetikus sajátosságként értékelhető

A fenti áttekintő jellegű filogenetikai elemzés tehát egy további indokot jelent arra, hogy a az eszközhasználatnak a táplálékszerzés területén lezajló evolúcióját a táplálékfeldolgozás területétől elkülönítve vizsgáljuk.

Az előző pontban tárgyalt összefüggés, mely szerint a táplálékszerzés adaptív területén a technológiai viselkedéshez magasabb szintű kognitív erőforrások szükségesek, magyarázatot adhat az itt leírt filogenetikus összefüggésre, miszerint a 2. adaptív területen az eszközhasználat kialakulása a főemlősök rendjén belül csupán a csimpánzokra és az emberre korlátozódik. Egy ilyen irányú, kognitív magyarázat szerint, a táplálékszerzés területén az eszközhasználat során jóval összetettebb cselekvési sémák kivitelezése szükségesek, mint amilyenek a táplálék feldolgozás területén megjelennek. Ennek megfelelően, a táplálékszerzés területéhez kapcsolódó összetettebb viselkedéshez többféle magas szintű kognitív képesség megléte is szükséges, így például például: az oksági következtetések kialakítása, a cselekvési sor lépéseinek és sorrendjének tárolása a munkamemóriában, az önkontrol fenntartása az összes lépés befejezéséig (lásd: 6.4. szakasz).

A táplálékszerzés területéhez kapcsolódó eszközhasználatnak a főemlősök rendjén belül a csimpánzokra és emberekre korlátozódó filogenetikus elterjedésének legvalószínűbb magyarázata tehát, hogy ez a viselkedésforma a fent említett magasabb szintű kognitív képességek hiánya miatt nem alakulhatott ki a főemlősök összes többi öregcsaládjának fajainál. (Mindazonáltal ez egy előzetes munkahipotézisnek tekinthető, amelynek felülvizsgálatát a jövőbeni primatológiai kutatások a későbbiekben még szükségessé tehetik.)

6.6. A csimpánzok eszközhasználatának harmadik adaptív területe: a saját testhez kapcsolódó technológiák

{The third main adaptive domain of chimpanzee tool use: technologies related to the body}

Az emberszabásúak eszköz-használatának az általam tárgyalt harmadik adaptív területe a saját testhez kapcsolódó technológiák területe, melyet a következőképp definiáltam (lásd 6.2. szakasz):

- **A saját testre irányuló eszközhasználat adaptív területéhez számos olyan, egymástól különböző viselkedésmódot sorolok, melyek közös sajátossága, hogy e viselkedések adaptív funkciót töltenek be az egyed saját testi állapotának fenntartása, így például a fizikai stressztől való védelme, a testhőmérsékletének fenntartása, a test tisztogatása, ápolása, gyógyítása útján.**
- **Ezek a technológiák tehát két irányból is a saját testhez kapcsolódnak: egyrészt a technológiai cselekvés (azaz eszközhasználat) céltárgyát a test jelenti, másrészt, a cselekvés célja és motivációja a test állapotának a fenntartása.**

Mint arra a 6.2 szakaszban utaltam, ezt az itt általam újonnan javasolt adaptív területet a primatológiai kutatásban ezt megelőzően nem vizsgálták az eszközhasználat önálló területeként. A korábban a kutatásban alkalmazott kategóriák közül ehhez az itt definiált területhez a komfort és a higiénia célú eszközhasználat kategóriája áll a legközelebb (van Schaik és mtsai, 2006; Rolian és Carvalho, 2017). Az általam fent körülírt 3. adaptív terület a javasolt definíció szerint, egy a komfort kategóriájánál átfogóbb, sokféle viselkedésformát felölelő, heterogén terület, melyen belül az eszközhasználat funkcionális módon hozzájárul a test bármely saját funkciójának a hatékonyabb ellátásához.

A saját testhez kapcsolódó technológiák kategóriái (alterületei) a csimpánzoknál.

A fenti általános megjegyzések után, az alábbi felsorolásban összegzem, hogy a csimpánzok esetében többek között mely viselkedési módokat tartom e kategóriába sorolhatónak.²⁶ Az itt felsorolt eszközhasználati módokat a harmadik adaptív területen belül, mint önálló adaptív alterületeket kategorizálom:

- 1) Alvófészkek építése
- 2) Vízivás célú eszközhasználat
- 3) saját test tisztítása eszközökkel
- 4) ön-gyógyítás növényi anyagok célzott elfogyasztásával
- 5) sebek kezelése testidegen anyagokkal.

Első olvasatra e lista elemei nem feltétlenül kapcsolhatóak össze egymással, mint a technológiai viselkedés egyazon adaptív területének az esetei. Ezért az alábbiakban az itt felsorolt viselkedési módokat részletesebben is értékelem, mindegyiknél kiemelve azt az oksági összefüggést, ahogyan az adott technológiai viselkedés a csimpánzok saját testének az állapotára pozitív irányú oksági hatást gyakorol (esetenként akár egyidejűleg többféle hatást is).

1) Alvó fészkek építése: A fák lombkoronájában ágakból és gallyakból kialakított alvó vagy pihenő platformok (Fruth és mtsai, 2018; Hunt, 2020):

A kutatásban nem mindig tekintik eszközhasználatnak (technológiai viselkedésnek), mivel a fészkek kialakításához felhasznált ágak nem kerültek leválasztásra a fákról. A saját álláspontom ezzel ellentétes, mivel az alvófészkek a legtöbb csimpánzok által használt eszköznél magasabb technológiai összetettséget mutatnak. A fészkek nem csupán egyszerű eszközök, mint például a természetben használt, letört gallyak. E helyett, itt olyan konstrukciókról van szó, amelyeket a vastagabb és vékonyabb ágakból, és gallyakból hoznak létre, hajlítással, tördeléssel és összeillesztéssel (Hernandez-Aguilar, 2009; Stewart és mtsai, 2009).

²⁶ Az itt bemutatott lista ötödik elemét például csak a közelmúltban, 2022-ben írták le. Vagyis indokolt esetekben további viselkedésmódokkal is bővíthető lehet, amennyiben egy adott, akár a csimpánzoknál csak ezután, a jövőben újonnan felfedezett eszközhasználati módnál a saját testre irányuló cselekvés szándéka kimutatható.

E mellett a fészkek használata funkcionálisan is sokoldalú: éjjeli és nappali pihenőhelyként, illetve az egymás mellé épített fészkek a csoportos gyülekezés helyszínékként is funkcionálnak. A fészkek alvási célú használata ráadásul több irányú hatást fejt ki az állatok testi állapotára, és ezen keresztül olyan adaptív funkciókat is betölt, amelyek növelik az egyedek inkluzív fitneszét:

- egyrészt, a fészkek éjszaka védi a testet kihűlésétől, így hozzájárul a testhőmérséklet megőrzéséhez.
- másrészt, a fészkek szükségtelenné teszi az éjszakai kapaszkodást és megelőzi a lezuhanás veszélyét, így lehetővé teszi az izomtónus relaxációját és a mélyebb, pihentető alvást.

2) Vízivás céljára használatos eszközök: Összerágott levelek spongyaként való használata (Mcgrew, 2011; Hunt, 2020; Gamble, 2008).

Ezt az eszközhasználatot legtöbbször a táplálékszerzés területéhez sorolja a kutatás. Az általam leírt harmadik adaptív területhez, a testhez kapcsolódó technológiákhoz való sorolása álláspontom szerint azzal indokolható, hogy e viselkedés a vízivás olyan módját jelenti, ahol a növényi spongya használata az állat saját testére irányul. A spongyának, mint vízmerítő alkalmatosságnak (egyfajta konténernek, azaz tárolónak) az alkalmazása ugyanis lehetővé teszi a kéz és a száj közötti hatékonyabb kapcsolódást, és megkönnyíti a víznek a szájhoz való eljuttatását.

A viselkedés adaptív funkciójának elemzése még tanulságosabb. Bár a spongyát a szűk természetes mélyedésekben más úton nem elérhető víz kimeregetésére (megszerzésére) is használják, így adaptív funkciót tölt be azáltal, hogy a száraz évszakban növeli az állatok számára elérhető folyadék mennyiségét (Lapuente és mtsai, 2017).

A viselkedésnek azonban egy második, talán ugyanolyan fontos adaptív funkcióját is feltételezhetjük: az ivásnak, mint testi tevékenységnek a fizikai megkönnyítését a tudatos eszközhasználat útján. A legtöbb emlős lehajolva, a fejet a talajszintig lehajtva, a súlypontját előre döntve iszik. A csimpánzok spongya-használata ezzel szemben csökkenti a test súlypontjának nagymértékű megváltoztatásának szükségességét az ivás során, így az állatok feltehetően kényelmesebben és kevesebb testi energiát elhasználva ihatnak. Ugyanezt a hatást részben a tenyérből ivással, vagyis egy testi, az eszközhasználattól mentes viselkedéssel is el

lehetne érne, - azonban a szpongya megakadályozza a víz szétfolyását, így növeli egy már létező testi viselkedés hatékonyságát.²⁷

3) A test tisztítása eszközökkel: A saját test vagy szőrzet tisztítása „törlőkendőként” használt levelekkel (Goodall, 1986; McGrew, 2011; Hunt, 2020).

A szőrzet tisztításának nem feltétlenül van tényleges funkciója, ezért e tevékenység a csimpánzok testtudatosságának („önérzetének”) egyfajta bizonyítéka is lehet. Azonban felvethető, hogy e viselkedésnek is lehet tényleges adaptív funkciója és fitness-hozzájárulása:

- egyrészt az állatok komfort érzetének növelésén és így a stressz szintjük csökkentése révén,
- másrészt a fertőzések kialakulásának vagy a paraziták megtelepedésének veszélyeinek csökkentése révén.

4) Ön-gyógyítás: Növényi eredetű hatóanyagok szelektív begyűjtése és fogyasztása a saját testi állapot és egészség helyreállítása céljával (Huffman, 2001).

A csimpánzok a fertőzések (például emésztő rendszeri fertőzés) tüneteinek ön-észlelése esetén a kezelése céljával szelektíven gyűjtenek össze antibiotikus hatású vagy egyéb, antibakteriális hatást kifejtő növényfajokat és fogyasztják el azokat. Bár általában ezt a viselkedést nem szokás eszközhasználatnak tekinteni. Azonban ezekben az esetekben egy testidegen növényi anyag nem táplálkozási célú használatáról van szó, aminek a célja az olyan folyamatok kiváltása, melyek az állat egészségi és testi állapotának helyreállítását eredményezik (mindez egyúttal az egyed inkluzív fitnessét is növeli). Ez a viselkedés így szintén megfeleltethető a technológiai viselkedés egy tágabb, kiterjesztett definíciójának, mely kibővíti a korábban általam az 1. fejezetben javasolt definíciót:

„A technológiai viselkedés a saját testtől idegen (extraszomatikus) tárgyaknak, eszközöknek, anyagoknak és folyamatoknak egy élőlény általi használatát és manipulálását foglalja magában, azzal a céllal, hogy e viselkedés az élőlény számára előnyös módon hatást gyakoroljon a) a külső környezetre és annak objektumaira, b) a saját testére és annak állapotára.”

5) Sebek kezelése, ellátása (Mascaro és mtsai, 2022).

²⁷ A csimpánzok szpongya használata összességében analógiába állítható a jelenkori emberi pohár használatával, mint viselkedéssel: mint két esetben a vízivásznak, mint testi aktivitásnak az eszközhasználat útján való megkönnyítésére és hatékonyabbá tételére kerül sor.

A nyílt sebek kezelése során a csimpánzok testidegen anyagot helyeznek a seb felületére. Ez az idegen anyag lehet valamilyen ismeretlen fajú rovar összenyomott teste (Mascaro és mtsai, 2022), azonban ugyanilyen funkcióban az orangutánoknál a növényi anyagok használatát is megfigyelték (Huffman, 2001). A saját testre irányuló sebek gondozása megelőzi az elfertőződést, és ezáltal az állatok egészségi állapotának leromlását, vagyis közvetlenül növelheti az egyedek inkluzív fitnessét. A viselkedésnek ez a fitness-hozzájárulása amiatt is nagy szerepre tehet szert, mert a csimpánzokra jellemző kiélezett szociális rivalizálás és a fizikai konfliktusok miatt az egyes egyedek gyakran szerezhettek sebeket.

A saját testhez kapcsolódó technológiák közössajátosságai.

Ily módon a testhez kapcsolódó technológiák területéhez számos különböző, a saját testre irányuló viselkedési módot sorolok, melyek első ránézésre látszólag nem állnak kapcsolatban egymással. Két tényező miatt tartom azonban indokoltnak azt, hogy a fent felsorolt viselkedéseket egy közös, átfogó adaptív területhez soroljam be:

-1) A saját testre irányuló cselekvés képessége:

Az ide sorolt mindegyik viselkedés azt feltételezi, hogy az egyed fejlett testtudattal és testképpel rendelkezik. Ezáltal az egyed a saját testét az eszközhasználat révén mint a saját cselekvésének tárgyát képes kezelni.

-2) Adaptív funkció betöltése a testre irányuló cselekvések fitness-hozzájárulásán keresztül:

A test külső, akár a fizikai, akár a biológiai stressz-forrásoktól való védelmével, az egyed komfort-érzetének és egészségi állapotának fenntartásával mindegyik ide sorolt viselkedés hozzájárul az egyed inkluzív fitnessének növeléséhez is

Ami az eszközhasználat e harmadik adaptív területének a filogenetikus eredetét illeti, ebben a kérdésben jelenleg a következőket mondhatjuk (meghagyva annak lehetőségét, hogy e képet a jövőbeni primatológiai kutatások alapján esetleg módosítani lesz szükséges). A saját testre irányuló eszközhasználat filogenetikus státuszát tekintve, köztes helyzetet foglal el a korábban tárgyalt 1. és 2. adaptív terület között:

- az 1. területtel ellentétben, nem fordul elő általánosan a főemlősök rendjének több különböző családján belül belül, a 3. terület előfordulása korlátozottabb, vagyis evolúciósan későbbi időpontban alakulhatott ki
- a 3. terület, vagyis a saját testhez kapcsolódó technológiai viselkedés a ma élő főemlősök között elsősorban a nagy emberszabásúakra (Hominidae), azaz a csimpánzra és bonobóra, a gorillára és az orangutánokra jellemző, illetve az

emberekre. Ebből következően, a technológiai viselkedés 3. területének megjelenéseérelegkésőbb az ázsiai orangutánok (Ponginae) és az afrikai emberszabásúak (Homininae) közös ősnél sor került.

- a 2. adaptív területe, a táplálékszerzés területének előfordulásának a filogenetikai státusza ennél jóval korlátozottabb (lásd 6.5. alfejezet), e viselkedés nem minden nagy emberszabásúra jellemző, csupán a csimpánzokra és az emberfélékre. Így a 2. terület időrendileg is később, a Pan-Homo közös ősnél alakulhatott ki.

Ezeknek a fent leírt, a 3. adaptív terület megjelenésének evolúciós időrendjére vonatkozó következtetéseknek az egyik legfontosabb kiindulási alapját az alvófészkek építésének szokása jelenti (Malone, 2022; Hunt, 2020). Bár csaknem valamennyi főemlős a fákon alszik és éjszakázik, az ágakból és leveles gallyakból készített alvófészkek építése, mint adaptív viselkedés csak a nagy emberszabásúak fajainál jelenik meg (van Schaik, 2016). Tehát ez a viselkedés egyáltalán nem fordul elő a főemlősök más családjai (kládjai) között, még a kis emberszabásúak, azaz gibbonok (Hylobates) körében sem, és kizárólag a nagy emberszabásúaknál, orangutánoknál, gorilláknál, csimpánzoknál jelenik meg.

E filogenetikai mintázatból egyértelműen következik, hogy a fészkepítés (mely viselkedése fejezetben a technológiai viselkedés 3. adaptív területének az 1. alterületként kategorizáltam) legkorábban a nagy emberszabásúak közös ősnél jelenhetett meg, hozzávetőleg 15 millió éve.

A fészkepítés számos adaptív előnyt nyújt az állatoknak: például csökkenti a lezuhanás és így halál vagy a sérülések veszélyét; az állat több időt tölthet a mélyalvás fázisában; takarást nyújt a ragadozók ellen; védi a testet a kihűléstől, így segíti a saját testhőmérséklet fenntartást az alvás alatt is (Fruth és mtsai, 2018, Hunt, 2020).

Egyrészt a felsorolt adaptív előnyök megléte, másrészt ennek a viselkedésnek a hiánya a főemlősök többi csoportján belül arra utal, hogy a főemlősök evolúciója során csak későn, a nagy emberszabásúak kládján belül, mint szünapomorfia (filogenetikusan új, közös szerzett sajátosság) alakult ki ez a viselkedésforma. Feltételezhető továbbá, hogy ez a következtetés nem csak a fészkepítésre, hanem általában véve a saját testre irányuló eszközhasználat területének más, ebben az alfejezetben tárgyalt példáinak a főemlősök rendjén belüli filogenetikus helyzetére is érvényes.

6.7. Összegzés: A technológiai viselkedés három fő adaptív területének filogenetikus eredete

{Conclusion: Phylogenetic origins of the three main adaptive domains of technological behaviour}

E fejezetben a csimpánz technológiai viselkedésnek egy olyan új általános modelljét mutattam be, amely az eszközhasználatot három fő, egyidejűleg és párhuzamosan létező adaptív területen vizsgálja. A három fentebb definiált területen a technológiai viselkedés eltérő módon, eltérő oksági összefüggések mentén járul hozzá az egyedek inkluzív fitnessének növekedéséhez is. E három terület a következő:

- 1) a táplálék feldolgozás területe
- 2) a táplálékszerzés területe,
- 3) a saját testre irányuló technológiák területe.

Amennyiben elfogadjuk, hogy a fenti modell alkalmas a csimpánz technológiai viselkedés leírására, néhány további általános következtetés is megfogalmazható:

- 1: A technológiák létrehozása egy általános, flexibilis képesség, melyet a csimpánzok párhuzamosan több adaptív funkcióra, többféle energiaforrás (táplálék) kiaknázása is és a saját testre irányuló célirányos cselekvések során is alkalmaznak.
- 2. A táplálkozás területén belül valójában két jól körülhatárolható viselkedési stratégiát, vagyis két fő adaptív területet különböztethetünk meg: a 1) táplálék feldolgozás, illetve 2) a táplálékszerzés területeit.
- 3: Az említett két, a táplálkozással kapcsolatos területen megjelenő eszközhasználatnak köszönhetően a csimpánzokra egy generalista ökológiai stratégia jellemző, többféle tápláléktípus egyidejű használatával (Hunt, 2020). Ez egyedülálló az emberszabásúak családján belül, az orangutánok alapvetően gyümölcssevők, a gorillák pedig a gyümölcsök mellett főleg levelekkel és hajtásokkal táplálkoznak (van Schaik, 2016; Malone, 2020).
- 4: Az általam definiált harmadik területen, azaz a saját testhez kapcsolódó technológiák területén is az eszközhasználat változatos formáinak megjelenése figyelhető meg. Az előző két területtől eltérően, ráadásul ez a harmadik technológián alapuló viselkedési terület teljesen független a táplálkozás adaptív-funkcionális területétől. Így e területnek a megjelenése azt bizonyítja, hogy a csimpánzok technológiai viselkedésnek leírására a kinyeréses táplálkozás (*extracting foraging*) koncepciója túlságosan is szűk elméleti keretet biztosít.

Ami a csimpánzok technológiai viselkedésének itt tárgyalt három fő adaptív területének a filogenetikus eredetét illeti, e kérdésben a következő feltételezéseket fogalmaztam meg a három adaptív terület evolúciós megjelenésének időrendjére vonatkozóan:

- 1) Az eszközhasználat időrendileg legkorábban az 1. területen, a táplálék feldolgozás területén jelenhetett meg, a főemlősök rendjének kialakulása, vagy korai evolúciója során:

A technológiai viselkedés az 1. területenevolúciósan ősi, azaz pleizomorfikus főemlős sajátosság, melynek alapja egyrészt a fogó kéz, mint a fákon való táplálkozáshoz szükséges morfológiai adaptáció megjelenése a főemlősöknél, másrészt a tárgyakkal végzett manuális műveletek képessége, mint viselkedési adaptáció

- 2) Ezt követően alakult ki az eszközhasználat a 3. területen, a testhez kapcsolódó technológiák területén, feltehetően a nagy emberszabásúak korai evolúciója során, legkésőbb az orangutánok és az afrikai emberszabásúak közös ősnél:

A 3. adaptív területen a technológiai viselkedés egy közös, evolúciósan új szerzett sajátosság, azaz szünapomorfia a nagy emberszabásúaknál és az embereknél (hominidáknál), melynek alapja a saját testre vonatkozó tudatosság, a saját test és annak határainak magas szintű percepciója

- 3) Legvégül a 2. területen, a táplálékszerzés területén jelenik meg az eszközhasználat, feltehetően a Pan-Homo közös ősnél, hozzávetőleg 6 millió éve:

A 2. adaptív területen a technológiai viselkedés egy egyedi, evolúciósan új szerzett sajátosság, azaz autopomorfia, mely csak a csimpánzoknál (Paninini) és az emberfélénél (Homini) fordul elő. E viselkedés alapja a minden más főemlősnél magasabb szintű kognitív képességek kialakulása (fejlett munkamemória, ok-okozati kapcsolatok felismerése, előre látás és tervezés).

A csimpánzokra vonatkozó adatok alapján tehát az a tézis fogalmazható meg, hogy a technológiai viselkedés evolúciója nem csupán egyetlen, hanem már a korai nagy emberszabásúaknál (Homindae) is többféle, legalább három párhuzamosan létező adaptív területen ment végbe. Az e fejezetben definiált és tárgyalt 2. és 3. adaptív területeknek a

megléte azt bizonyítja, hogy a csimpánzok technológiai viselkedése is jóval összetettebb annál, mint azt a „kinyeréses gyűjtögetés” koncepciója hagyományosan feltételezi.

Ez a csimpánzokra vonatkozóan így körvonalazódó kép pedig egyúttal szükségessé teszi a korai Hominin- és humán technológiai viselkedés fő adaptív területeinek a pontosabb azonosítását és körülhatárolását is. A következő fejezet témája tehát a korai humán technológiák párhuzamosan létező, többféle különböző adaptív területét vizsgáló elméleti keret kidolgozása lesz, - mely keret középpontjában szintén az itt, a csimpánzoknál azonosított, három adaptív terület áll majd.

..

7. fejezet

A Hominin technológiai viselkedés evolúciója: a kőeszközök megjelenését megelőző fázis

{ The evolution of Hominin technological behaviour: the pre-stone tool phase }

7.1. A technológiai viselkedés három adaptív területe:

a filogenetikus folytonosság hipotézise

{The three adaptive domains of the technological behaviour:

the hypothesis of phylogenetic continuity}

A 6. fejezetben a csimpánzok (*P. troglodytes*) technológiai viselkedésének egy olyan **új, általános modelljét** mutattam be, amely az eszközhasználat egymás mellett létező, három különböző fő adaptív területét különböztette meg:

- 1. a táplálék feldolgozás területe
- 2. a táplálékszerzés területe
- 3. a testhez kapcsolódó technológiák területe.

Az eszközhasználat e három fő adaptív területének (fő kategóriájának) a megkülönböztetése egyúttal egy olyan következtetés felé mutat, hogy a csimpánzokhoz (panini) a filogenetikusan legközelebb álló leszármazási csoport (tribus), azaz a korai emberfélék (hominini) eszközhasználata sem korlátozódhatott egyetlen adaptív-funkcionális területre, például a táplálékszerzés és húsevés területére.

E következtetés alapján, a most következő, 7. és 8. fejezetek célja az lesz, hogy ezt a csimpánzok technológiai viselkedésén belül három fő adaptív területét megkülönböztető, új elméleti modellt kiterjessze az emberszabásúak, azaz a Hominidák (és elsősorban a csimpánzok) kutatásán túl, a korai emberfélék, azaz a Hominin fajok technológiai viselkedésének tanulmányozására is.

E fejezet elméleti kiinduló pontjaként egy előzetes hipotézist mutatok be, amelyre a „Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának hipotézise” elnevezést használom a továbbiakban. A filogenetikus folytonosság hipotézise keretében azt feltételezem, hogy a korai Hominin fajoknak, vagyis a legkésőbb 6 millió éve lezajló, Pan-Homo szétválást követően kialakuló fajoknak **(lásd: 1. fejezet)** a technológiai viselkedésén belül folytonos jelleggel jelen volt az eszközhasználatnak az a három adaptív területe, amelyet a csimpánzoknál azonosíthatunk: tehát a táplálék feldolgozás, a táplálékszerzés és a testhez kapcsolódó technológiák területei.

A fent leírt hipotézis szerint tehát, miután ezek az adaptív viselkedési területek az emberszabásúaknál, így a már kihalt Pan-Homo közös ősnél megjelentek, azt követően ugyanezek az adaptív területek fennmaradtak egyrészt az evolúciósan később megjelenő Hominin fajok viselkedési repertoárjában, másrészt a ma élő csimpánzoknál őseinél is.

A technológiai viselkedés három adaptív területének a filogenetikus folytonosságára vonatkozó, fent leírt hipotézis két lépésben, két elméleti következtetés alapján támasztható alá:

- 1) az eszközhasználat három adaptív területének a filogenetikus elterjedésének elemzésével
- 2) a parszimónia elvének, mint a filogenetikus megközelítések központi elvének az alkalmazásával.

Az alábbiakban tehát ezt a két, a fent leírt hipotézist alátámasztó elméleti lépést mutatom be.

1) az eszközhasználat három adaptív területének a filogenetikus elterjedésén alapuló időrendi következtetések:

Az első lépést ennek a három adaptív viselkedési terület evolúciós eredetére és filogenetikus státuszára vonatkozó következtetések jelentik. Egy komparatív filogenetikus elméleti kereten belül (lásd 4. fejezet) egyértelműen kimutatható, hogy a technológiai viselkedés itt tárgyalt három területének megjelenése a főemlősök rendjén belül egy jól rekonstruálható időrendi-filogenetikus mintázatot mutat. A ma élő főemlősfajok eszközhasználatának komparatív elemzése alapján, ahogy azt a 6. fejezetben bemutattam, a három adaptív területnek a filogenetikus státuszára vonatkozóan az alábbi következtetéseket fogalmazhatjuk meg:

- Ami az 1. területet (a táplálék feldolgozás területét) illeti, az közös leszármazott, szünapomorfikus sajátosság az új- és az óvilági majmokat is magába foglaló *Simiiformes* (majomalkatúak) alrendjén belül. Ez a viselkedés a *Simiiformes* alrendjén belül több taxonban (kládban) is kialakul, és e csoportok egyikeként a Hominidae (nagy emberszabásúak) körében is általánosnak, vagyis ez utóbbi csoporton belül pleizomorfikus sajátosságnak tekinthető.

Ezzel szemben a 2. és a 3. területek viszont a *Simiiformes* alrend fajainak csak egy-egy jóval korlátozottabb filogenetikai csoportján belül értékelhetőek közös szerzett, azaz szünapomorfikus sajátosságként:

- a 3. terület (a saját testhez kapcsolódó eszközhasználat) ugyanis szünapomorfikus sajátosságnak tekinthető a nagy emberszabásúak (Hominidák) csoportjában, beleértve a csimpánzokat, gorillákat, orangutánokat, és az embereket.
- a 2. terület (a táplálékszerzés területe) viszont még szűkebb körben, csupán a Hominae öregcsaládon belül, melyhez két jelenkori génusz, a csimpánzok (*Pan*) és az emberek (*Homo*) tartozik, értékelhető szünapomorfikus sajátosságként.

A fenti filogenetikus következtetések alapján tehát az feltételezhető, hogy a technológiai viselkedés itt tárgyalt három adaptív területének evolúciós megjelenésére a következő időrendben került sor:

- Legkorábban az 1) terület jelent meg, mivel ez a viselkedési sajátosság a *Simiiformes* főemlősök csoportjának több taxonjára is jellemző.
- Ezt követően a 3) terület jelent meg, és általánosan jellemző a ma élő, és feltételezhetően a kihalt fajokra is a nagy emberszabásúak (Hominidae) csoportján belül.
- Végül legkésőbb a 2) terület jelent meg, és így e sajátosság nem jellemző általában véve a nagy emberszabásúakra, hanem e csoporton belül is csupán a Hominae csoportján belül (azaz a csimpánzoknál és az emberfélénél) jelent meg.

Arra a kérdésre, hogy e két csoporton, a csimpánzokon és az emberfélén kívül miért nem jelenik meg a 2. terület, azaz a táplálékszerzés technológiáinak adaptív területe, a legvalószínűbb választ a két csoport ökológiai-táplálkozási stratégiája jelenti. Ugyanis mind a csimpánzokra (Hunt, 2020), mind az emberfélékre (van Schaik, 2016) egy generalista, mindenevő, többféle növényi és állati táplálékra kiterjedő étrend jellemző. E számos táplálék között pedig több olyan is található, amelyek megszerzését nagyban elősegíti az eszközhasználat, mint viselkedési adaptáció. Ezzel szemben a gorillák és orangutánok

étrendjére az olyan növényi, illetve gyümölcsökből álló táplálékok jellemzőek (Malone, 2022), amelyek nagyrészt eszközhasználat nélkül is megszerezhetőek és elérhetőek.

Összegezve, a technológiai viselkedés három adaptív területének a filogenetikus megjelenése és elterjedése a Hominidae öregcsaládban nem korlátozódik a csimpánzokra, mint fajra. E helyett, a csimpánzok viselkedési repertoárjában olyan adaptív területek élnek tovább, amelyek már a csimpánzok, mint faj megjelenése előtt kialakultak:

- az 1. terület (táplálék feldolgozás): az óvilági és újvilági majmok közös ősnél
- a 2. terület (táplálékszerzés): a három közül e terület jelenik meg legkésőbb, a Pan-Homo közös ősnél
- a 3. terület (saját testhez kapcsolódó eszközhasználat): az ázsiai és az afrikai emberszabásúak közös ősnél.

2) a parszimónia elvén, mint a filogenetikus megközelítések központi elvén alapuló következtetés:

A filogenetikus folytonosság általam javasolt hipotézise azt feltételezi, hogy miután az eszközhasználatnak a három itt tárgyalt adaptív területe az emberszabásúak (Hominidák) öregcsaládjának evolúciója során a Pan-Homo közös ősnél egyszer már kialakult, azt követően e két taxon fajainak a viselkedési repertoárján belül ez a három viselkedési terület folyamatosan jelen volt. E feltevés alapján tehát az eszközhasználat három adaptív területének a filogenetikus folytonosságának az elve a Pan-Homo közös ősből (LCA) kialakuló fajokra, azaz a Hominini (emberfélék) ágához tartozó fajokra is kiterjeszhető.

A fenti feltevés további alátámasztása céljával, itt a parszimónia elvének alkalmazását javaslom. Ez a logikai elv bármely morfológiai vagy viselkedési sajátosság evolúciójának a komparatív filogenetikus elemzése során egy széleskörben használatos következtetési módot jelent.

A parszimónia elve azt mondja ki, hogy két magyarázat közül az a magyarázat bizonyul igaznak nagyobb statisztikai valószínűséggel, amely logikailag egyszerűbben, kevesebb feltételezést felhasználva képes megmagyarázni ugyanazt a jelenséget. A filogenetika területén az elv a következőképpen alkalmazható (van Schaik, 2016): ha egy közös őssel bíró fajcsoport két (vagy több) fajánál egy adott sajátosság megléte kimutatható, akkor nagyobb a valószínűségi értéke annak a feltételezésnek, hogy az a sajátosság már a közös ősnél kialakult,

és a közös leszármazás révén jutott el az utódfajokhoz (homológia), mint az alternatív feltételezésnek, mely szerint a sajátosság függetlenül is kialakult többször egymásután (konvergens evolúció).

A csimpánz (*P. troglodytes*) és az ember (*H. sapiens*) esetében, a két fajtechnológiai viselkedésének három adaptív területére, mint az evolúció során kialakult sajátosságokra alkalmazva a parszimónia elvét, a következő feltételezés fogalmazható meg. Ha a technológiai viselkedés itt tárgyalt három adaptív területe megtalálható a csimpánznál (amiről tudjuk, hogy igazolt –lásd: 6. fejezet), és megtalálható az embernél is (ez szintén igazolható), akkor azt is feltételezhetjük, hogy ez a három adaptív terület a Pan-Homo LCA (közös ős), és annak utódfajai, azaz a már kihalt Hominin fajok viselkedési repertoárjában is jelen volt.

7.2. A korai Hominin technológiai viselkedés evolúciója három adaptív területen **{The evolution of the three adaptive domains of technological behaviour in early Hominins }**

A filogenetikus folytonosság hipotézisét (6.1. szakasz), mint kiindulási pontot felhasználva, ebben az alfejezetben rátérek annak a kérdésnek a tárgyalására, hogy a Pan és a Homo leszármazási ágak 6 millió évvel ezelőtti szétválását követően lezajló technológiai evolúció tárgyalására. Ezen belül, azt a kérdést vizsgálom, hogy a csimpánzoknál már azonosított, három fő adaptív terület mindegyikén belül, milyen fő evolúciós változások kialakulása azonosítható.

A kérdés tárgyalása során a korai humán technológiai evolúció két nagy, átfogó fázisát fogom vizsgálni:

- 1) A kőeszközök rendszeres használata előtti fázis, vagy Pre-Oldowan fázis: 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig (- lásd itt, a 7. fejezet további részében);
- 2) A korai kőeszközök használatának fázisa, azaz az Oldowan és a korai Acheulean fázis: 2,1 milliótól 0,9 millió évvel ezelőttig (- lásd később, a 8. fejezetben).

Mielőtt azonban a téma részletes tárgyalásra rátérek, a három területen lezajló technológiai evolúció kutatásának lehetőségeire vonatkozóan két fő szabályt kell hangsúlyozni:

- 1) az egyes korai Hominin fajok által használt technológiák tényleges, részletes azonosításához szükséges adatok nem állnak rendelkezésre:

A Hominin technológiai viselkedés evolúciójának az e fejezetben vizsgált fázisa tehát a Pan-Homo közös ős kialakulásával (6 millió éve) kezdődő, és az Oldowan technológia megjelenéséig (2,6 millió éve) záródó időszakot foglalja magába. Ezt a fázist a 4. fejezetben egy olyan kritikus időszakként jellemeztem, amelynek esetében az eszközhasználat tárgyi bizonyítékainak a csaknem teljes hiányával kell számolnunk, mivel e periódusból sem régészeti lelőhelyek, sem régészeti maradványok nem azonosíthatóak. A technológiai evolúció fent leírt, az adatok hiánya tekintetében kritikus időszakára vonatkozóan tehát a korai Hominin csoportok technológiai viselkedésének a három adaptív területen kialakított eszközhasználatát sem rekonstruálhatjuk részletesen.

- 2) az adatok hiánya ellenére, a technológiai viselkedés három adaptív területén lezajló fő evolúciós tendenciák jól azonosíthatóak, egy komparatív filogenetikus kereten belül kialakítható hipotézisek használatával:

A Pliocén- és Pleisztocén korú, múltbeli adatok és bizonyítékok hiányos voltából eredő fent leírt probléma meghaladására ezúttal is egy olyan komparatív filogenetikus elméleti keretet fogom felhasználni, amit korábban az organikus technológiák evolúciójának vizsgálata során már alkalmaztam (lásd. 3. fejezet). Ezen a kereten belül, a csimpánzok eszközhasználata tehát egy olyan etológiai analógiát nyújt, amelynek alapján következtetések és hipotézisek alakíthatóak ki a korai Hominin technológiai viselkedésre vonatkozóan.²⁸

A fent említett, komparatív megközelítés tehát lehetőséget teremt rá, hogy a csimpánzok technológiai viselkedésének a 6. fejezetben bemutatott tendenciáit alapján, egy evolúciós analógia keretein belül következtéseket és verifikálható hipotéziseket alakítsunk ki a korai Hominin fajok feltételezett technológiai viselkedésére vonatkozóan.

²⁸ Megjegyzendő, hogy az itt tárgyalt „kritikus időszakra” vonatkozó szisztematikus következtetések vagy elemzések nagyrészt a szakirodalomból is hiányoznak. Míg ugyanis azt a kérdést több kutató is tárgyalta, hogy az Oldowan előtt a kőeszközök használatának milyen egyszerűbb előzményeinek a megléte feltételezhető (Panger és mtsai, 2003) Azonban azt a kérdést, hogy ugyanebben az időszakban a korai emberfélék az organikus technológiák milyen formáit használhatták, az eddigi kutatás nagyrésztben mellőzte.

E fejezet további részében tehát a korai Hominin fajok eszközhasználaton alapuló viselkedésének az adaptív területein lezajló fő evolúciós tendenciákra vonatkozó hipotéziseket mutatok be. Az itt tárgyalt időszakon belül a **Hominini család** korai evolúciójának négy fontosabb filogenetikai csoportját (kládját) szokás megkülönböztetni, mely csoportok valószínűsíthetően egy-egy önálló génusz-t (nemzetséget) is képviseltek:

- 1) az Ardipithecus
- 2) a Paranthropus
- 3) az Australopithecus
- 4) a legkorábbi Homo fajok.²⁹

A következőkben a korai Homininek itt felsorolt négy csoportjának a technológiai viselkedésére vonatkozóan öt, az evolúciós analógiákon alapuló hipotézist mutatok be.

1) Hipotézis.

A bipedalitás evolúciója és a talajszinten élésre való áttérés pozitív korrelációban áll az eszközhasználat és eszközkészítés változatosságával és gyakoriságával:

A bipedalitás (két lábon járás) evolúciója a Hominin fajoknál mind közvetve, mind közvetlenül, több tényező mentén összekapcsolódik a technológiai viselkedés evolúciójával:

- A csaknem kizárólagosan a fákon és a lombkoronaszinten élő kihalt, illetve recens főemlősökkel (például az orangutánokkal) ellentétben, a csimpánzok viszonylag sok időt töltenek el a táplálkozás folyamán a talajszinten is. Meulman és van Schaik (2013) szerint, a kezek felszabadulása a kapaszkodás funkciójának betöltése alól pozitív korrelációban áll az eszközhasználat, mint viselkedési mód gyakoriságával és változatosságával: a naponta a talajszinten eltöltött hosszabb időtartam lehetővé teszi, hogy a csimpánzok az eszközhasználatnak az orangutánoknál jóval változatosabb formáit valósítsák meg.
- Ennek a fent leírt oksági összefüggésnek az érvényességét elfogadva (Meulman és van Schaik 2013), ugyanez a korreláció a korai Hominin fajokra is kiterjeszti. A fosszilis bizonyítékok alapján, a Hominin fajok több millió éves evolúcióját szintén a lombkoronaszint elhagyása és a talajszinten végzett aktivitás napi időtartamának növekedése jellemezte.

²⁹ Megjegyzendő, hogy a Paranthropus, Australopithecus és a Homo génuszok több faja is továbbél a késői Pliocén követően is és megéli a korai Plesztocén időszakot is (Wood és Boyle, 2016). Ez azt jelenti, hogy ezeknek a kládoknak az „élettartama” így részben átfedésben áll Oldowan- és a korai Acheulean kőeszközök időszakával. Ennek ellenére a kőeszköz technológiák kérdését ebben a fejezetben mellőzöm, és a továbbiakban csak az organikus technológiák használatának kérdéseit tárgyalom.

- A talajszinten eltöltött időtartam növekedésének fő bizonyítékát természetesen a bipedalitás (kétféle járás) kialakulására utaló, fosszilis morfológiai bizonyítékok jelentik: így a kézfej és lábfej anatómiájának átalakulása (így az emberszabásúakra jellemző hosszú, görbült kéz-ujjak és fogólábak visszafejlődése), vagy a medence és csípő anatómiájának az átalakulása (Pilbeam és Lieberman, 2017; Almecija és mtsai, 2021).

- A Hominin evolúció folyamán a bipedalitás (két lábon járás) kialakulásának eredményeként két fő változás feltételezhető a korai Hominin fajok ökológiájában:

(a) feltételezhetően még a csimpánzokhoz viszonyítva is tovább nőtt a talajszinten töltött idő, ami hatással lehetett a még összetettebb eszközhasználati módok megjelenésére, megfelelően a Meulman és van Schaik (2013) által leírt korrelációknak.

(b) a két lábon járás másik következménye, hogy a kezek még nagyobb mértékben felszabadultak a helyváltoztatás funkciójának ellátása alól, mint a csimpánzokra jellemző és még inkább részt vehettek az eszközkészítéshez szükséges manuális tevékenységek kivitelezésében.

2) Hipotézis:

A csimpánzokhoz hasonlóan, a korai Hominin technológiai viselkedés materiális aspektusára két fő technológiai kategória előfordulása a jellemző: 1) az organikus technológiák többféle funkcióban való használata, illetve 2) az ütőkövek táplálkozási célú használata jellemző:

Mivel ezt a kérdést részletesen elemeztem a 3. fejezetben, így itt csak a végkövetkeztetést ismétlem meg. E szerint, a rendszeres kőeszköz-használat időszaka előtt, azaz a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig élt Hominin-fajok technológiai képességeinek szintje hozzávetőleg a mai csimpánzokéval azonos volt. A technológiai viselkedés így két fő materiális dimenziót foglalt magába (3. fejezet):

- egyrészt az organikus anyagok széles körének (ágak, levelek, növényi szárak, stb.) több különböző adaptív-funkcionális területre kiterjedő használatát,
- másrészt a természetes, nem módosított ütőkövek és kőüllők táplálék feldolgozás céljára történő használatát.

3) Hipotézis:

Szintén a csimpánzokhoz hasonlóan, az organikus (növényi eredetű) anyagok használatára épülően a korai Hominin fajok is egy-egy változatos, összetett technológiai viselkedési repertoárt alakíthattak ki:

E kérdést szintén részletesen elemeztem a 3. fejezetben. A ma élő csimpánzok különböző populációinak eszközhasználati módjainak (azaz technológiáinak) repertoárja 50-60 különböző viselkedésmódot tartalmaz, melyek túlnyomó része a különböző féle organikus anyagok használatán alapul.

4) Hipotézis

A korai Hominin technológiai viselkedés három fő adaptív területének mindegyikén belül a csimpánzok technológiai viselkedése esetében kimutatottal összehasonlítható, azzal analóg jellegű adaptív alterületeknek a jelenléte feltételezhető:

- Ahogy azt a 6. fejezetben bemutattam, a csimpánzok technológiai viselkedésére az jellemző, hogy mind három fő adaptív területen belül több különböző eszközhasználati mód is megjelenik.
- Ezek az eszközhasználati módok egymástól eltérő adaptív funkciókat tölthetnek be, ennek megfelelően, mint a technológiai viselkedés adaptív alterületei kategorizálhatóak.
- A korai Hominin fajok esetében ugyanígy feltételezhető a technológiai viselkedés több különböző adaptív alterületének a megjelenése, mind a három fő területen belül, tehát 1) a táplálék feldolgozás, 2) a táplálékszerzés, és 3) a testhez kapcsolódó technológiák területein egyaránt.

5) Hipotézis:

Az előző pontból következően feltételezhető, hogy a csimpánzok technológiai viselkedésének egy meghatározó sajátossága, az adaptív diverzifikáció tendenciája egyúttal a Hominin technológiai evolúció meghatározó tendenciája is volt.

- Ahogy a 6. fejezetben láttuk, a csimpánzoknál jól kimutatható, hogy az eszközhasználat újabb és újabb módjainak (és adaptív alterületeinek) a jelen időben lezajló, egymás utáni megjelenése, a három adaptív terület mindegyikén belül.
- Ez a diverzifikációs tendencia azonban a csimpánzok esetében elsősorban az egymástól térbelileg, regionálisan elkülönülő élőhelyeken élő helyi populációk viszonylatában kimutatható.
- Feltételezhető, hogy az adaptív diverzifikáció tendenciája a Hominin technológiai viselkedés területén nem csak a területi csoportok viszonylatában, hanem az evolúciós folyamat időbeli viszonylatában is érvényesült.
- Az 5) hipotézis szerint tehát az feltételezhető, hogy a technológiai viselkedés változásának, azaz evolúciójának a priamtolóusok által a csimpánzoknál jelen időben megfigyelt

tendenciájához hasonló folyamatok a Hominin fajok esetében evolúciós időléptékben is végbementek.

* * * *

A fentebb bemutatott 1- 5. számú hipotézisek szerepe és jelentősége ugyanakkor eltér egymástól a tekintetben, hogy a Hominin technológiai viselkedés mely aspektusait tudjuk a segítségükkel rekonstruálni:

- Egyrészt, a 2)- 3)- és 4) számú hipotézisek ugyanis elsősorban a ma élő csimpánzok és a kihalt Hominin fajok eszközhasználatában fennálló hasonlóságok, analógiák, és általános sajátosságok azonosítása során használhatóak fel. E hipotézisek szerint, a csimpánzok technológiai viselkedésének analógiája alapján, a három fő adaptív területen belül az egyidejűleg és egymás mellett létező adaptív alterületek jelenlétét feltételezhetjük.

- Másrészt, az 1) és az 5) számú hipotézisek alapján a különböző adaptív alterületek megjelenésének időbeli lefolyására és kialakulásuk egymásutánosságára vonatkozóan alakíthatunk ki számos további feltételezést. (Néhány ilyen feltételezést a következő, 7.3. szakaszban tárgyalok majd).

Vagyis az 5) hipotézis értelmében, a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának jelensége (tendenciája) volt egyúttal az elsődleges folyamat, amely a humán technológiai evolúció legfontosabb hajtóerejét jelentette. Elsősorban e folyamatnak a vizsgálatán keresztül rekonstruálhatjuk, hogy a két fajcsoport, vagyis a Panini és a Hominini eszközhasználaton alapuló viselkedése milyen mértékben követett eltérő evolúciós utat. Ennek megfelelően e fejezet további részében a Hominin technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjára vonatkozó hipotézist fogom részletesen is kidolgozni.

7.3. A Hominin technológiai evolúció fő tendenciája: az adaptív diverzifikáció **{The main direction of Hominin technological evolution: adaptive diversification}**

A 7.2. alfejezetben azt a hipotézist fogalmaztam meg (5. hipotézis), hogy a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának tendenciája, amelyet előzőleg a csimpánzokkal kapcsolatban (6. fejezet) tárgyaltam, a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig tartó időszakban a Hominin fajok körében is lezajlott.

Az adaptív diverzifikáció tendenciája elnevezés tehát egyrészt annak a folyamatnak a leírására használok, amely a ma élő afrikai csimpánz populációk eszközhasználatában jól kimutatható tendenciát képez: a különböző régiókban élő csimpánz csoportok a három adaptív terület mindegyikén belül a technológiai viselkedés újabb és újabb alterületeit vagy eszközhasználati módjait alakítják ki.

A technológiai viselkedés adaptív diverzifikációja azonban egyúttal egy olyan időbeli tendencia is, amelynek eredményeként az eltelt időtartam hosszával (t) arányosan, egyre nagyobb számú (n) technológián alapuló, új viselkedésforma jelenik meg.

A fent javasolt 5) hipotézist, azaz a Hominin technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának hipotézisét nagyban megerősíti, ha figyelembe vesszük az eltelt időtartamok nagyságrendjét is. Míg ugyanis a csimpánzok ma élő populációinak esetében az egyes csoportok között fennálló genetikai különbségek alapján azt feltételezik, hogy a csimpánzok technológiai viselkedésében ma kimutatható regionális különbségek az elmúlt mindössze 250 ezer évben alakultak ki (Haslam, 2014).

Ezzel szemben a korai Hominin fajok evolúciója esetében egy több millió éves időszakról beszélhetünk, amely hozzávetőleg 6 millió éve vette kezdetét, majd azt követően több különböző Hominin fajnak a nagyszámú populációja élt számos különböző ökológiai környezetben és élőhelyen.³⁰ Ennek a lényegesen hosszabb időtartamnak (t) megfelelően, a kihalt Hominin fajok esetében a technológiai viselkedés jóval nagyobb mértékű adaptív diverzifikációját feltételezhetjük, mint amit a jelenkori csimpánzok körében a primatológiai kutatások dokumentáltak.

Az 5) hipotézisnek megfelelően tehát, az itt vizsgált több millió éves evolúciós időtartamban a technológiai viselkedési adaptációk jelentős változatosságával, és az egyes fajokra jellemző egyediségével is számolni kell. Vagyis ezen a jelenkor előtti 6 és 2 millió év közötti időszakon belül számos, egyidejűleg és egymást követően élő Hominin faj is többféle,

³⁰ Ahogyan az 5.4 alfejezetben tárgyaltam, e korai Hominin- fajok körében legalább négy fontosabb kládot (génusz) különböztethetünk meg, melyek a következők: az *Ardipithecus*, a *Paranthropus*, a *Australopithecus*, és a korai *Homo*.

egymástól akár jelentősen különböző technológiai repertoárt alakíthatott ki. Vagyis e fajok filogenetikus evolúciójával párhuzamosan, az egyes fajokra jellemző technológiai viselkedés adaptív diverzifikációja is lezajlott.

Az adatok és bizonyítékok hiánya ellenére, kialakíthatunk néhány előzetes elméleti következtetést arra vonatkozóan, hogy miért feltételezhető az adaptív diverzifikáció tendenciájának a felgyorsulása az e fejezetben tárgyalt, a pattintott kőeszközök megjelenését megelőző időszakban. E folyamattal kapcsolatban a tényezők két csoportjának szerepét érdemes kiemelni:

1) Ökológiai tényezőkben bekövetkező változások:

Feltételezhető, hogy az ekkor, azaz a késői Pliocénban érvényesülő klimatikus változások hatására az afrikai élőhelyek szerkezete és megoszlása megváltozott: megnőtt a fás szavannák, nyílt szavannák és a mozaikos élőhelyek elterjedési területe (Almecija és mtsai, 2021). Ugyanakkor a szavannás élőhelyeken élő főemlősök nagyobb mértékben kényszerülnek rá arra, hogy egy generalista, mindenevő táplálkozási stratégiát kövessenek, amelynek az állati és növényi táplálékok mellett, akár a rovarok és lárvák fogyasztása is a részét képezi. A számos különböző táplálékforrás kiaknázása viszont kedvező feltételt jelent az eszközhasználat korábbinál változatosabb formáinak a kialakításához a technológiai viselkedés képességével rendelkező Hominin fajok számára. Ez a szavannai élőhelyek elfoglalása és a technológiai repertoár bővülése közötti korreláció egyébként a csimpánzoknál is kimutatható: az erdős szavannákon élő csimpánz csoportok eszközhasználata változatosabb, mint a zárt trópusi erdőkben élő csoportoké (Sanz és Morgan, 2013).

2) Új morfológiai és viselkedési sajátosságok kialakulása a Hominin fajok körében:

Másrészt, a szavannai életterek kiterjedésének a Pliocénban lezajló, fent leírt bővülésével okozati összefüggésben, a Hominin-ek filogenetikai leszármazási ágán az új morfológiai és viselkedési adaptációk megjelenése is kísérte. A legfontosabb morfológiai adaptáció a bipedalizmus már tárgyalt (7.2. szakasz) megjelenése, és az azt lehetővé tevő testfelépítés fokozatos kialakulása volt. A bipedalizmus megjelenése több irányból is előidézhetette a technológiai viselkedés szerepének növekedését és így a technológiai repertoár diverzifikációjának folyamatát. A legfontosabb következményt a karoknak (elülső végtagoknak) a helyváltoztatás funkciója alóli felszabadulása jelenti, ami a kezek intenzívebb használatát és a manuális képességek evolúcióját indíthatta el (Darwin, 1871). Ezen az összefüggésen keresztül tehát a bipedalizmus hozzájárulhat a technológiai viselkedés

intenzitásának növekedéséhez és így az új eszközhasználati módok egyre nagyobb számban történő kialakulásához is.

Mindezek a klimatikus, ökológiai és evolúciós változások tehát egyúttal a Hominin technológiai viselkedés terén is felgyorsíthatták az adaptív diverzifikáció tendenciáját, és az új technológiai adaptációk (azaz új eszközhasználati módok) megjelenését idézhették elő.

A szavannás területeken való életmódra való, fent leírt áttéréssel összefüggésben, a három adaptív terület közül elsősorban a 2. területre, a táplálékszerzés adaptív területére vonatkozóan alakíthatunk ki további hipotéziseket. A 2. adaptív területen belül az feltételezhető, hogy a Hominin fajok esetében mind a ma élő csimpánzoknál is megtalálható (6. fejezet), mind pedig attól eltérő adaptív alterületeken is sor került az új eszközhasználati módok, mint új technológiai adaptációk kialakulására, vagyis az adaptív diverzifikáció tendenciájának érvényesülésére.

A korai Hominin fajok esetében a táplálékszerzés fő területén belül, az alábbi adaptív alterületeken feltételezhető az új eszközhasználati módok, mint új technológiai adaptációk megjelenése:

- 1: gumós és tárológyökeres növények kiaknázása (Wrangahm és mtsai, 2009)
- 3: gerinctelenek, azaz termeszék, hangyák, lárvák fogyasztása
- 3: a méz, lép és méhlárvák fogyasztása
- 4: állati táplálékforrások kiaknázása: csontvelő fogyasztás (Thompson és mtsai, 2019)
- 5: állati táplálékforrások kiaknázása: húsevés (Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013).

Az itt felsorolt öt, feltételezett alterülettel kapcsolatban érdemes kiemelni, hogy az első három Alterületen a csimpánzok esetében is számos különböző eszközhasználati mód megjelent (lásd: 6. fejezet). Ezzel ellentétben, a fent említett 4. és 5. alterület a csimpánzoknál nagyrészt vagy teljesen hiányzik, - bár egy elefántcsontparti szavannai környezetben élő csimpánzpopulációnál megfigyeltek eszközhasználatot a faodúkban élő galágók zsákmányul ejtése során (Pruetz és Bertolano 2007). Mindazonáltal, a korai Homin fajok bipedális helyváltoztatási képességének a nagyobb energetikai hatékonysága következtében, e fajok a csimpánzokhoz képest a táplálkozás során naponta lényegesen nagyobb kiterjedésű területet tudtak bejárni (Pontzer, 2012 és 2017). Ez pedig mind a konfrotatív dögevésnek, mind az

aktív zsákmányszerzésnek (vadászatnak), mint a táplálékszerzés főterületén belül kialakuló új adaptív alterületeknek a megjelenését felgyorsíthatta (Thompson és mtsai, 2019).

A fenti öt alterület közül az első három tehát a csimpánzok technológiai viselkedésében is megjelenik és nincs rá ok feltételezni, hogy a részben hasonló ökológiai környezetben élő korai Hominin fajok (az *Ardipithecus*, *Australopithecus*, *Paranthropus*, és a korai *Homo* genuszok) ne használták volna ki e forrásokat az eszközhasználat különböző módjainak segítségével. Például, a Dél-afrikai Swartkrans és Drimolen lelőhelyein a természetvárakhoz való hozzáféréshez használatos csonteszköz technológia leletei kerültek elő (Caruana és mtsai, 2013). Ezeket az eszközöket a 2,0-1,7 millió éves stratigráfiai rétegekben találták,³¹ és feltételezhetően a *Paranthropus robustus* fajhoz köthetőek (Caruana és mtsai, 2013).

Mindazonáltal, a csonteszközök használatára vonatkozó fenti példa ellenére, azt feltételezhetjük, hogy az olyan táplálékok, mint a föld alatti gumók, a méz, illetve a rovarok megszerzése során használt korai eszközök túlnyomó része organikus, azaz növényi anyagokból készült. Az organikus anyagok fennmaradásának tafonómiai korlátai miatt, e technológiákra vonatkozóan azonban sosem fogunk pontos információkkal rendelkezni.

Tehát összességében az jelenti a kiinduló feltevést, hogy a táplálékszerzés főterületéhez tartozó, mind az öt itt felsorolt alterületen belül az organikus technológiák domináltak, ahogyan az a csimpánz technológiai viselkedése esetében is jellemző. Néhány alapvető, egyszerű faeszköz is megjelenhetett ebben az időszakban a korai Hominin fajok technológiai repertoárjában: ásóbotok a gumók megszerzéséhez, husángok vagy más egyszerű fafegyverek az aktív vadászathoz, és esetleg más egyszerű faeszközök is.

³¹ Ily módon e Dél-afrikai csonteszközök időrendileg egyidejűleg az afrikai késői Oldowan pattintott kőeszközökkel, és a legkorábbi Acheulean eszközökkel. Az ehhez hasonló egyszerű csonteszközök használata többször is megjelenhetett a korai Homininek technológiai repertoárjában, akár ennél korábbi időpontokban is.

7.4. A technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának evolúciós szerepe: a kompetitív kizárás és az adaptív radiáció

{The evolutionary role of adaptive diversification of technological behaviour: competitive exclusion and adaptive radiation }

Az előző alfejezetben a csimpánzok technológiai viselkedését, mint evolúciós analógiát felhasználva, a korai Hominin fajok (nevezetesen az Ardipihecus, Australopithecus, Paranthropus, és a korai Homo genuszok) eszközhasználatának terén lezajló adaptív diverzifikáció tendenciájára vonatkozó feltevéseket ismertettem. Ugyanakkor az itt tárgyalt jelenségnek, vagyis az eszközhasználat adaptív diverzifikációjának a szerepe messze túlmutat a technológiai evolúció folyamatára gyakorolt hatásain. Ez a technológiai viselkedéshez köthető diverzifikációs tendencia ugyanis egy még átfogóbb folyamatra, a hominin evolúció folyamatának irányára is hatást gyakorolhatott.

A továbbiakban azt a kérdést tárgyalom, hogy a korai Hominin fajok technológiai viselkedésén belül lezajló **adaptív diverzifikációs tendencia** közvetett hatásai akár a Hominin fajokra és populációkra ható természetes szelekció irányát is megváltoztathatják. A technológiai viselkedés változásai ugyanis két irányban is hatással lehetnek az egyes hominin populációk egymástól eltérő mértékű reprodukciós (szaporodási) és demográfiai sikerességére:

- 1) Egyrészt, a hatékony technológiák hozzájárulhattak az elérhető táplálékforrások körének bővüléséhez, és azon keresztül az adott populáció vagy faj demográfiai sikeréhez.
- 2) Másrészt, a kevésbé hatékony technológiák használatának (vagy épp a technológiák teljes hiányának) a hatása ezzel ellentétes, tehát a demográfiai stagnáláshoz, vagy a populáció hanyatlásához vezethet.

A fent vázolt hatásmechanizmusokon keresztül tehát a technológiai viselkedés már a kőeszköz használatot megelőző, több millió éves időszakban is hozzájárulhatott a fajkihalás és a fajkeletkezés folyamataihoz a Hominin evolúció folyamán. E makróevolúciós folyamatok pontosabb megértése érdekében, ebben az alfejezetben a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációs tendenciáját kapcsolatba hozom két, az evolúciós elmélet és az ökológia által leírt, általános szintű evolúciós elvvel:

A) az adaptív radiáció; illetve

B) a kompetitív kizárás elvével;
 – az alábbiakban mindkettőt röviden összefoglalom.

A): - Az adaptív radiáció elve:

Az adaptív radiáció megnevezés annak a folyamatnak a leírására használatos, amely adott fajcsoport, mint filogenetikai származási vonal (klád) fajai és populációi az evolúció folyamán újabb és újabb, az eredetitől eltérő ökológiai niche-t foglalnak el (Mayr, 2003). Az elfoglalt új niche általában – de nem minden esetben - földrajzilag is elhatárolható az adott faj által korábban elfoglalt niche-től, vagyis az adaptív radiáció folyamata a populációk terjeszkedése, szétvándorlása következményeként indul be.

Mivel a Késői Pliocén és korai Pleisztocén folyamán Kelet-és Dél-Afrikában számos, egymással időben átfedésben élő Hominin faj fossziliái előkerültek, így feltételezhető, hogy az adaptív radiáció a humán evolúció korai fázisaiban is fontos szerepet játszott (Wood 2019; Mayr, 2003). A Homininek adaptív radiációja abban a tekintetben eltérő más állatcsoportokétól, hogy a technológiai viselkedés, mint adaptáció alapvető szerepet kaphatott e folyamatban. Az újabb és újabb technológiák (eszközhasználati módok) kialakítása ugyanis lehetővé tette az emberfélék számára az új tápláléktípusok hatékonyabb kiaknázását is, és ezen keresztül az új adaptív niche-k elfoglalását.

A fenti összefüggést nagyban megerősítik a csimpánzokra vonatkozó primatológiai kutatások adatai. A csimpánzoknál ugyanis kimutatható, hogy az eltérő régiókban, különböző típusú élőhelyeken (esőerdő, erdős szavanna) élő populációk eltérő eszközhasználati módokat alakítottak ki, melyekkel eltérő tápláléktípusokat dolgoznak fel (Sanz és Morgan, 2013). Továbbá, az eszközhasználat, mint viselkedés gyakorisága összefüggést mutat az élőhelyek eltartóképességével: az erdős szavannán élő csimpánzoknál az eszközhasználat több formája figyelhető meg, mint az esőerdőkben élő csimpánzoknál (Whiten és mtsai, 2001; Hunt, 2020). Az ilyen jellegű, a csimpánzoknál kimutatható tendenciák összességében nagymértékben alátámasztják azt a feltevést, hogy a Pan-Homo leszármazási ágon belül lezajló adaptív radiáció és fajképződés folyamata párhuzamosan ment végbe a technológiai viselkedés evolúciójának folyamatával.

B): - A kompetitív kizárás elve:

Míg az adaptív radiáció elve elsősorban a fajkeletkezés jelenségének magyarázata terén alkalmazható, a kompetitív kizárás ezzel ellentétben a fajkihalás tendenciájának a magyarázatát adja. A kompetitív kizárás elve azt mondja ki, hogy az ugyanazon a niche-n

belül, azonos erőforrásokért versengő két (vagy több) faj hosszabb időtávon nem maradhat fenn egymás mellett (Churchill, 2014; Banks és mtsai, 2009). Ilyen esetekben ugyanis két lehetséges kimenetel valamelyike következik be: - 1): Az egyik faj kihalása: az egyik faj a forrásokért való versengés során hatékonyabb adaptációkat fejleszt ki, ami a másik faj kihalását idézi elő; - 2): Niche diverzifikáció: a versengő fajok valamelyike fokozatosan egy eltérő adaptív niche-t foglal el, miközben az ehhez szükséges új adaptációkat alakít ki.

A kompetitív kizárás itt leírt elvének az érvényesülése az előző pontban tárgyalt adaptív radiáció egyik eseteként is felfogható, mivel ez esetben is az új adaptív fülkék (niche) elfoglalására kerülhet sor. A Hominin fajok körében lezajló kompetitív kizárás során szintén alapvető szerepet kaphatott az új technológiai adaptációk kialakításnak képessége, ami lehetővé tette az egyes fajok számára az új, eltérő niche-k elfoglalásában és a testvérfajok egymás melletti fennmaradásában, vagy épp evolúciós szétválásában (Dusseldorp és Lombard, 2021).

Ugyanakkor a Hominin evolúció folyamán az egyes fajok között lezajló kompetitív kizárás során az említett másik kimenetel, a fajkihalás lehetséges példáival is számolni kell. Ebben szintén szerepet kellett játszania annak, ha az egyik fajnak a másikénál hatékonyabb technológiai adaptációk által a rendelkezésére (Banks és mtsai, 2009; Churchill, 2014).

* * * *

A fentieket összegezve, a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának tendenciája nagymértékben hozzájárulhatott ahhoz, hogy a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőtti tartó időszakban a Hominin evolúció folyamán a fajképződés és a fejkeletkezés folyamatai is felgyorsuljanak.

A különböző technológiák használatának következményeként, e fajok különböző populációi eltérő mennyiségű táplálékforrást aknázhattak ki, ami a populációk eltérő mértékű demográfiai sikerességét idézhette elő. A sikeres populációk kiszoríthattak más populációkat, új ökológiai régiókat is elfoglalhattak és tovább evolválódhattak, vagyis adaptív radiáción mehettek keresztül. Ezzel szemben a kevésbé hatékony technológiákkal rendelkező, demográfiailag kevésbé sikeres populációk esetében a kompetitív kizárás elve érvényesült, és így ezek a hominin fajok és populációk véglegesen eltűnhettek (kihalhattak).

7.5. Az adaptív diverzifikáció beindulásának elméleti magyarázata: „a költséges képesség hipotézis”

{Theoretical explanation of the onset of adaptive diversification: "the costly capability hypothesis"}

Az adaptív diverzifikáció tendenciája kifejezést tehát annak a folyamatnak a leírására alkalmaztam, amelynek során a technológiai viselkedés három fő adaptív területén belül egyre több új adaptív alterület, azaz új eszközhasználati mód (új technológiai viselkedésmód) alakul ki. E folyamat a ma élő csimpánzoknál is kimutatható (6. fejezet), és ennek analógiájára az feltételezhető, hogy a korai Hominin fajok esetében is érvényesült (7.2-7.3. alfejezet).

Ennek az analógiának a felhasználásával, amellet érveltem, hogy az adaptív diverzifikáció folyamata (az új adaptív alterületek megjelenése) jelentős hatást gyakorol a technológiai viselkedés evolúciójára, ugyanakkor további válaszokat igényel az a kérdés, hogy miért került sor eredetileg ennek a technológiai diverzifikációs folyamatnak beindulására.

Itt, a záró alfejezetben egy ilyen, adaptív diverzifikációs folyamat kialakulásának magyarázatára vonatkozóan egy, a technológiai viselkedés A) evolúciós költségei, illetve B) fitness-növelő hatásként megnyilvánuló haszna (nyeresége) között fennálló összefüggésen alapuló magyarázatot javasolok:

- A) a technológiai viselkedés evolúciós költségei:

Az egy vagy több adaptív területre kiterjedő eszközhasználat egy összetett viselkedési mód, amely számos különböző, az adott organizmus (faj) által már kialakított adaptációra épül rá. Így szükség van hozzá a testi-morfológiai adaptációkra (például a varjúfélék csőre, a főemlősök fogókeze), a kognitív adaptációkra (általános intelligencia, memória, önkontroll), a neurokognitív adaptációkra (térlátás, vizuális észlelés, szem-kéz koordináció, stb.) és a szociális adaptációkra (társas tanulás). Ezeknek az eredetileg a technológiai viselkedéstől függetelen adaptációknak, mint képességeknek a megszerzése is, illetve a fenntartása is jelentős evolúciós költségekkel jár. E képességek kialakításához a fajoknak bonyolult, költséges törzsfjlődési utat, az egyedeknek pedig egy más módon, de szintén bonyolult egyedfejlődési útvonalat kell bejárniuk.

Összegezve, a technológiai viselkedés kialakításához nélkülözhetetlen adaptációk (kéességek) kialakítása egy olyan kezdeti befektetésnek, azaz költségnek tekinthető, amelyet csak az állatvilágban létező fajok csak kisebb része tud felhalmozni.

- B) a technológiai viselkedés evolúciós nyeresége (haszna):

A technológiai viselkedés fent leírt költségeit ugyanakkor ellensúlyozni tudja a eszközhasználat, mint evolúciós befektetés magas megtérülése, azaz haszna. A táplálék feldolgozás és a táplálékszerzés adaptív területein például az eszközhasználat nagymértékben növelheti az egyed által megszerzett energia (összesített kalória) mennyiségét. Ezt a plusz energiát, mint az eszközhasználat hasznát (bevétele), az egyedek azután egyrészt a saját egyedfejlődésükre, vagy az utódaik létrehozására és felnevelésére (reproduktív siker) fordíthatnak. (A saját testhez kapcsolódó technológiák adaptív területén az eszközhasználat más útvonalon keresztül, de szintén hozzájárul a saját test energia-háztartásának fenntartásához.) - Összegezve tehát, a technológiai viselkedés tehát az általa biztosított plusz energia-forrásokon keresztül nagymértékben hozzájárul az egyedek inkluzív fitnessének a növeléséhez.

A fent bemutatott, a technológiai viselkedés minden formájára alapvetően jellemző költség-haszon összefüggés tehát azt is megmagyarázhatja, hogy miért kerül sor ritkán, viszonylag kis számú fajnál az állatvilágban az összetett, változatos technológiai viselkedés megjelenésére (lásd: a Disszertáció 1. fejezete, - illetve: Biro és mtsai, 2013; Smith és Bentley-Conditt, 2010). Ugyanez az összefüggés azonban arra is magyarázatot adhat, hogy ha egy adott fajnál már sor került a kezdeti magas evolúciós költségek, azaz a szükséges adaptációk és kéességek felhalmozására, akkor miért térül meg a faj populációi számára, ha ezt követően minél több adaptív területen vagy alterületen is kialakítják a technológiai viselkedés különböző formáit (Boyd és Richerson, 1996; Henrich, 2015).

A technológiai viselkedés tehát egy olyan „költséges kéességnek” tekinthető, amely több, már korábban kialakult adaptációra és kéességre épül rá (Parker és Gibson, 1979; Parker, 2015; van Schaik, 2016; MacLean, 2014). Ezeknek a adaptációknak és kéességeknek a megszerzése egy olyan evolúciós küszöböt jelent, amelynek az eléréséig viszonylag kevés faj vezet el az általa bejárt evolúciós útvonal. Ugyanakkor azonban, ha erre mégis sor kerül, vagyis a technológiai viselkedés már megjelent, akkor ezt követően erre a technológiai kéességekre erős pozitív szelekció irányulhat:

- mivel ez a képesség nagymértékben növeli a birtokosa inkluzív fitnessét,
- ezen keresztül szintén növeli e képesség génjeinek az elterjedési gyakoriságát is az adott populáción belül.

A technológiai viselkedés itt leírt, költség-haszon alapú magyarázatára tehát a „költséges képesség hipotézise” elnevezéssel is utalhatunk. Ez a hipotézis egy elméletileg jól megalapozott magyarázatot nyújthat arra, hogy a Panini és a Hominini leszármazási ágak evolúciója során miért került sor a technológiai viselkedés nagyszámú különböző formájának a megjelenésére.

* * * *

Összegezve, e fejezetben azt a feltételezés fogalmaztam meg, hogy a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig tartó időszakban a Hominin technológiai viselkedés evolúciója ugyanazon három fő adaptív terület körül szerveződött, amelyeket a csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó adatok alapján a 6. fejezetben azonosítottam:

- 1. a táplálék feldolgozás területe
- 2. a táplálékszerzés területe
- 3. a testhez kapcsolódó technológiák területe.

Ezt követően amellet érveltem, hogy a fent említett, több millió éves időszakban e három adaptív terület mindegyikén belül további technológiai evolúció zajlott le, melynek során a technológiai viselkedésnek egyre több újabb adaptív alterülete is megjelenhetett.

Innen továbblépve, a most következő 8. fejezetben azt a kérdést vizsgálom, hogy a technológiai viselkedés három, eddig tárgyalt adaptív területe hogyan rendeződött át egy új, alapvető technológiai adaptációnak, a pattintott kőeszközök készítésének a megjelenését követően.³²

³² Az e disszertációban képviselt megközelítéssel ellentétben, az emberi evolúcióval foglalkozó legtöbb tankönyv és elmélet viszont csak az itt említett eseménytől kezdődően, azaz a pattintott kőeszközök korai megjelenésétől tárgyalja a technológiai evolúció folyamatát.

8. Fejezet

A Hominin technológiai viselkedés negyedik adaptív területe:

A munkaeszközök és a másodlagos technológiák

{The fourth adaptive domain of Hominin technological behaviour:

Working tools and secondary technologies}

8.1. A pattintott kőeszközök megjelenése: a technológiai viselkedés új materiális dimenziója

{The emergence of flaked stone tools: the new material dimension of technological behaviour }

A pattintott kőeszközök készítése – mint a 2. fejezetben láttuk – jelentős adaptív újítás volt, amely a főemlősök technológiai viselkedésformáinak körében egyedülálló. A vadon élő, jelenkori emberszabásúaknál nem kimutatható, és a pattintásos technológia elsajátítására fogságban, kísérleti körülmények között is csak korlátozottan képesek az orangutánok (Motes-Rodrigo és mtsai, 2022) és csimpánzok (Bandini és mtsai, 2021). Ezzel szemben a Homo génusz valamennyi, 2 millió éven belüli időszakból ismert fajánál bizonyítható ez a viselkedés,³³ - vagyis e fajok körében egy egyedülálló leszármazott tulajdonságnak, azaz autapomorfiának tekinthető (Shea, 2017a és b).

A korai pattintott kőeszközök használatának két olyan aspektusa is van, amelyek forradalmat jelentettek a hominin technológiai viselkedés evolúciójában:

- 1) egyrészt, a pattintott kőeszköz készítés a technológiák használatán belül egy új materiális dimenzió megjelenését képviseli,
- és 2) másrészt az eszközhasználat új adaptív funkcióinak (adaptív területeinek) a kialakulását is lehetővé tette.

Az alábbiakban a kőeszköz-készítés mindkét aspektusát áttekintem.

³³ A fenti állítás alól az egyetlen feltételes, azaz még nem eldönthetően bizonyított kivételt a dél-afrikai **Homo naledi** fosszilis leletei jelentik (lásd: 1. fejezet).

- 1) a pattintott kőeszközök használatának materiális aspektusa:

Ami ezt az aspektust, vagyis a pattintott kőeszközök megjelenését, mint a technológiai viselkedés egy új materiális kategóriájának a kialakulását illeti, ezt a témát a 2. majd a 3. fejezetben is részletesen tárgyaltam, így itt csupán a végkövetkeztéseket összegzem. A korai technológiai viselkedésnek három fő materiális kategóriája különböztethető meg (3. fejezet):

- 1: nem módosított ütőkövek és kőüllők használata
- 2: pattintott kőeszközök készítése
- 3: organikus (növényi) anyagokra épülő technológiák.

Ezek közül az első és a harmadik kategória (materiális dimenzió) mind a mai csimpánzoknál, mind feltételezhetően a *Pan-Homo* utolsó közös ős viselkedési repertoárjában már hat millió évvel ezelőtt megjelenhetett. Az eszközhasználat e két materiális kategóriája két kategória az egyes Hominin fajok viselkedésében ezt követően vagy folyamatosan jelen volt, vagy ismételten újra megjelenhetett.

Ezzel szemben a második kategória, a pattintott kőeszközök lényegesen később, először átmeneti jelleggel 3,3 millió éve (Lomekwian), majd rendszeresebb jelleggel 2,6 millió éve (Oldowan) jelent meg. E kategória evolúciós kialakulása azért értékelhető technológiai forradalomként, mert az eszközkészítés viselkedési területén ez a legkorábbi példája a nyersanyagok szándékos, több lépéses, szisztematikus modifikációjának (Shea 2017a és b).

- 2) a pattintott kőeszközök használatának adaptív-funkcionális aspektusa:

A technológiai viselkedés materiális dimenziójának tekintetében tehát a pattintott kőeszköz használat kialakulása egyértelműen egy egyszeri evolúciós eseménynek tekinthető, még ha annak voltak is egyszerűbb, kezdetlegesebb variánsai, melyek egy példáját a Lomekwian technológia jelenti. Ezzel szemben, a kőeszköz használat második aspektusának, azaz az adaptív-funkcionális dimenziójának a vizsgálata jóval több nyitott kérdést vet fel, mivel jelenleg nem egyértelmű, hogy a korai pattintott kőeszközök használatára milyen és hány adaptív funkcióval (milyen adaptív területeken) került sor.

E fejezet fő témáját tehát a legkorábbi kőeszköz technológiák használatának (lásd: 2. fejezet) a második aspektusának, azaz az adaptív-funkcionális dimenziójának a vizsgálata, és a fent említett nyitott kérdések témájának áttekintése jelenti.

A korai kőeszközök használatának adaptív dimenziójára vonatkozóan a paleoantropológiában széleskörű konszenzus van érvényben: az Oldowan, majd azt követően az Acheulean eszközök megjelenését egy a Homo génuszra jellemző, a technológián alapuló új adaptív niche megjelenésének bizonyítékának szokás tekinteni (Plummer, 2004; Henrich, 2015; Fuentes, 2016 és 2017). Ezen az elméleti kereten belül, a hagyományos régészeti és paleoantropológiai elméletek (lásd: 5.2 alfejezet) az Oldowan megjelenését egyetlen fő adaptív területtel, a táplálékszerzés területével kapcsolják össze (Isaac, 1977; Plummer, 2004; Braun és mtsai, 2010).

Ezzel a megközelítéssel szemben, egyrészt a csimpánz eszközhasználat vizsgálata (6. fejezet), másrészt a filogenetikus folytonosság hipotézise (lásd: 7.1. fejezetben) alapján, a korai Homin fajok technológiai viselkedése már a kőeszköz-használat megjelenése előtt sem csupán egyetlen, - hanem három különböző, párhuzamosan egymás mellett élő adaptív területet foglalt magába:

1) a táplálék feldolgozás, 2) a táplálékszerzés, és 3) a saját testhez kapcsolódó technológiák területeit.

E három adaptív főterület mindegyikén belül a technológiai viselkedés evolúciójának a folytonossága is feltételezhető, miközben további adaptív diverzifikációra, vagyis a főterületeken belül az újabb és újabb adaptív alterületek megjelenésére került sor (7.3. alfejezet).

Ebben a fejezetben tehát azt a kérdést fogom vizsgálni, hogy a kőeszközök használatát a táplálkozás adaptív területével kizárólagosan összekapcsoló, a paleoantropológiában hagyományos elfogadott nézettel szemben, a kőeszköz használat kialakulása hogyan gyakorolt hatást a technológiai viselkedés más, a táplálkozástól teljesen függtelen adaptív területeire is.

E fejezet kiindulópontját tehát továbbra is az a feltevés jelenti, hogy az általam a 7. fejezetben javasolt, három adaptív területet megkülönböztető modell feltehetően pontosan leírja a Hominin technológiai evolúciót pattintott kőeszközök (Oldowan komplexum) megjelenése előtti időszakban. Ugyanakkor, a technológiai evolúció megértése szempontjából alapvető kérdés, hogy a pattintott kőeszközök megjelenése milyen hatást gyakorolt a három fő adaptív terület körül szerveződő korai Hominin technológiai viselkedés további evolúciójára.

A fenti kérdést ebben a fejezetben három részkérdésre felosztva fogom áttekinteni:

1) Kérdés: - pontosan milyen adaptív funkciókat töltöttek be a legkorábbi pattintott kőeszközök a Hominin technológiai viselkedésen belül? – lásd: 8.2 alfejezet;

2) Kérdés: a kőeszközök adaptív funkciója (vagy funkciói) hogyan kapcsolódnak össze a 7. fejezetben tárgyalt három, evolúciósan korábban kialakult adaptív területtel? – lásd: 8.3. alfejezet;

3) Kérdés: - a kőeszköz készítés megjelenésének hatására sor került e- a technológiai viselkedés új, korábban nem létező adaptív területének a kialakulására? – lásd: 8.3 és 8.4. alfejezet.

8.2. A korai pattintott kőeszközök három használati funkciója

{Three functions of the earliest flaked stone tools}

A pattintásos kőeszköz készítés elsődlegesen egy új technológiai eljárásnak, és nem pedig egy új adaptív területként írható le. Ennek a technológiai eljárásnak a lényege, hogy a kőzetek mechanikai sajátosságainak ismeretében egy munkadarabról (magkőről) az ütőkővel végrehajtott leütések sorozatával szilánkokat választanak le. E folyamat eredményeként mind a magkővön, mind a szilánkokon a leválasztási (hasadási) felületek mentén olyan élek jönnek létre, amelyek más anyagok megmunkálása során vágó élként funkcionálhatnak (Shea 2017a és b).

Ennek az új technológiai eljárásnak a fő újítását a szilárd és merev, éllel ellátott szerszámoknak (a pattintott kőeszközöknek) az előállítását jelenti. A vágó éllel ellátott szerszámok ugyanakkor éppen azért válhattak evolúciósan nagy hatású technológiává, mert a vágóéleket potenciálisan nem csupán egyetlen feladatra, hanem multifunkcionálisan, számos különböző anyag és tárgy feldolgozása során egyaránt használni lehet (Shea, 2017b; Hayden, 2015; Toth és Schick, 2018).

A használati funkcióra vonatkozó bizonyítékok típusai.

Annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy a kőeszköz technológiák megjelenéséhez kapcsolódóan hogyan alakult át a technológiai viselkedés három korábban tárgyalt adaptív területe, illetve sor került e- az új adaptív területek megjelenésére is, a fennmaradt kőeszközöknek és azok régészeti kontextusának a tanulmányozása szükséges (Shea, 2017b; Hovers és Belfer-Cohen). Ezért ezen a ponton röviden áttekintem a kőeszközök használatára és adaptív funkciójára vonatkozó bizonyítékok vizsgálatának a kutatási területét. Ami a kőeszközök használatának adaptív funkciójára vonatkozóan régészeti információt hordozó bizonyítékokat illeti, ezeknek három fő csoportja van (Shea, 2017):

a) a kőeszközökkel azonos régészeti kontextusban előkerülő állatsontokon található vágásnyomok vizsgálata: e nyomok arra utalnak, hogy a korai emberfélék a kőeszközöket a táplálkozás során, az állati tetemek feldolgozása, feldarabolás során használták

b) használati nyomok elemzése: a Pleisztocén korú lelőhelyeken talált kőeszközök felületén megfigyelhető elváltozásoknak (kopásnyomok, striáció, mikrosérülések) az elektromikroszkópos vizsgálata alapján következtetni lehet rá, hogy a kőeszközök felülete a funkcionális használat során milyen anyagokkal (csont, fa, bőr, stb.) érintkezett

c) a szerves lerakódások elemzése („residue analysis”): a kőeszközök felületén esetenként különböző lerakódott anyagmaradványok, így például fa- és növényi rostok, kollagén, fehérjék, állati zsírok is azonosíthatóak elektron-mikroszkópos vizsgálattal és más vizsgálati módszerekkel. E maradványokból szintén következtetni lehet rá, hogy milyen anyagokkal érintkeztek a múltbeli használatuk során a kőeszközök.

A használati funkcióra vonatkozó bizonyítékok értelmezése.

A régészeti bizonyítékok e fent leírt három csoportjának vizsgálata és értelmezése azt támasztja alá, hogy a korai pattintott kőeszközöket nem csupán a táplálkozás területén, vagyis nem csupán a technológiai viselkedés egyetlen adaptív területen használták. Ezt a feltevést nagyban alátámasztja a jelenkori vadászó-gyűjtögetők szintén multifunkcionális kőeszközhasználatára vonatkozó etnográfiai adatok is (Binford, 2001; Hayden, 2015; Shea, 2017b). E helyett, ezeknek az eszközöknek a használatára három különböző adaptív funkcióval is összekapcsolódott:

- 1. Funkció: az állati zsákmány feldolgozása:

E funkció fő bizonyítékát a régészeti lelőhelyeken, zárt rétegtani kontextusban előkerülő állati csontok felületén azonosított vágási nyomok, hasítások és karcolások jelentik, melyek a

zsákmány feldarabolása, a hús lefejtése során keletkeztek (Plummer, 2004). De az eszközök felületén szintén kimutatható, állati szövetekből származó lerakódások (kollagén, vér, zsír maradványok) kimutatása szintén megerősíti ezt a funkciót (Hovers és Belfer_Cohen, 2020).

- 2. Funkció: növényi táplálék feldolgozása:

Erre a funkcióra a kőeszközökön felületén kimutatható két féle bizonyíték-típus utal: egyrészt a növényi anyagok feldolgozására utaló kopásnyomok, másrészt pedig az ehető növényi részekből származó, fosszilizálódott lerakódások, mint például növényi keményítők és ehető rostok maradványai (Toth és Schick, 2006).

- 3. Funkció: kőeszközök használata eszközkészítésre (munkaeszköz funkció):

A kőeszközök felületén bizonyos esetekben a fent tárgyalt ehető növényi részekkel kapcsolatos bizonyítékokon kívül, a nem ehető növényi részek feldolgozásának tevékenységei által hátrahagyott kopásnyomok és a lerakódások is kimutathatóak (Schick és Toth, 1994 és 2006).

Mindez közvetett bizonyítékot jelent a kőeszközöknek egy további, a növényi anyagok nem táplálkozási célú feldolgozásához kapcsolódó funkciójára is. Ennek az így körülírt további, ismeretlen funkciónak az eszközkészítés funkciójával (munkaeszköz funkció) való hipotetikus azonosítása három féle összefüggésen alapul, melyek az alábbiak:

(1): Az Oldowan eszközök vágó éleinek potenciális multifunkcionalitása:

A vágó élek potenciálisan számos különböző anyag, így a fa és más növényi anyagok, fakéreg, száraz, indák, stb., vagy állati bőr és csont megmunkálására is alkalmasak

(2): az őskori eszközökön azonosított nem ehető növényi anyagok lerakódása:

Ahogy fentebb tárgyaltam, a növényi lerakódások arra utalnak, hogy a potenciális lehetőségen túl, ténylegesen is sor került a növényi anyagok feldolgozására

(3): a faeszközök készítésének tényleges a bizonyítékai a humán evolúció későbbi időszakában: Bár az 1 millió évnél korábbi időszakból, tehát az Oldowan és Acheulean periódusokból nem maradtak fenn faeszközök régészeti leletek formájában, a középső Pleisztocénből több lelőhelyről is ismerünk olyan különböző faeszközöket, amelyeket a különböző Hominin fajok készítettek és használtak (Schoch és mtsai, 2015; Hoffecker, 2016).

A kőeszközök használatának a fenti összefüggések alapján azonosítható 3. funkciójára a a további tárgyalás során következő definíciót alkalmazom:

- A munkaeszköz funkció, mint az eszközök eszközkészítés céljára irányuló használata írható le. Az evolúciósan legkorábbi, jelenleg ismert munkaeszközök a pattintott kőeszközök, és az azok létrehozása során használt ütőkövek.

* * * *

Összegezve, a rendelkezésre álló bizonyítékok alapján tehát a korai kőeszköz technológiáknak az eddigi kutatás a fent bemutatott három fő használati funkcióját, illetve adaptív funkcióját azonosította. A következő alfejezetben azt a kérdést fogom tárgyalni, hogy ezek a funkciók hogyan kapcsolódnak a technológiai viselkedés evolúciósan korábbi eredetű, már az emberszabásúaknál megjelenő, általam a 6.-7. fejezetekben tárgyalt, három fő adaptív területéhez.

**8.3. A pattintott kőeszközök és a technológiai viselkedés negyedik adaptív területe:
a munkaeszközök, mint másodlagos technológiák
{The flaked stone tools and the fourth adaptive domain of technological behaviour:
working tools as secondary technologies}**

Az előző részben a korai kőeszközöknek (az Oldowan és Acheulean technológiáknak) a három fő használati funkcióját mutattam be:

- 1: állati eredetű táplálék feldolgozása, - 2: növényi eredetű táplálék feldolgozása, - 3: munkaeszköz funkció.

E három különböző használati funkció megerősíti azt, hogy a csimpánzok organikus technológiákra épülő eszközhasználatához (lásd 6.3. alfejezet) hasonlóan, az Oldowan- és Acheulean eszközkészítőkre is jellemző lehetett, hogy a technológiai viselkedésük multifunkcionális jellegű, vagyis több különböző adaptív területre is kiterjed párhuzamosan.

Itt a továbbiakban a kőeszközök három fent említett használati funkcióját egyesével áttekintve adok leírást arra vonatkozóan, hogy milyen válasz adható a 8.1. alfejezet végén feltett 2) kérdésre vonatkozóan:

- hogyan kapcsolódnak a kőeszközök fentebb felsorolt használati funkciói a korai Hominin fajok technológiai viselkedésének a korábban tárgyalt három fő adaptív területéhez (vagyis táplálék feldolgozás, táplálékszerzés, testhez kapcsolódó technológiák területeihez).

- 1. Funkció: az állati zsákmány feldolgozása:

A kőeszközök első funkciója, az állati eredetű táplálék feldolgozása jól besorolható a Hominin fajok technológiai viselkedésének eddig tárgyalt három fő adaptív területe közül az elsőhöz, a táplálék feldolgozás adaptív területéhez.

Ugyanis a kőeszközök a vágó élek révén funkcionálisan alkalmassá válnak a hús, mint állati táplálék hatékonyabb feldolgozására. Vagyis az Oldowan kőeszközök egy olyan viselkedési adaptáció részei, amelynek fontos eleme az állati tetemek (hús) és csontok feldolgozása is.³⁴ A közepes vagy nagyobb testű növényevő emlősök kőeszköz- használaton alapuló feldolgozása egy új adaptív alterületnek tekinthető a Hominin technológiai viselkedés evolúciója során (Braun és mtsai, 2010; Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013; Thompson és mtsai, 2019).

Összegezve tehát, a kőeszközök funkcionális használatát az állati tetemek táplálkozási célú feldolgozása során egy már meglévő adaptív területen belüli további diverzifikációként (lásd 7.3. alfejezet), és azon belül egy új adaptív alterület megjelenéseként értékelhető.

- 2. Funkció: növényi táplálék feldolgozása:

A fenti érvelés kiterjeszthető a korai pattintott kőeszközök használatának fentebb megnevezett második funkciójára, a kőeszköz-használatra a növényi táplálék feldolgozás során: - ez a funkció szintén besorolható az első fő területhez, a táplálék feldolgozás adaptív területéhez.

A kőeszközök 2. funkciójának megjelenése tehát szintén az emberszabásúaknál (Hominidáknál) már korábban kialakult első főterületen belül lezajló, további adaptív diverzifikáció tendenciájaként értékelhet. A ma élő főemlősök ezen a fő területen belül kizárólag természetes (nem modifikált) köveket használnak ütőkő funkcióban, a kemény héjú

³⁴ A ma ismert legkorábbi állatcsont maradvány, amelyen kőeszköztől származó sérülésnyomok találhatóak, egyébként az Etiópiai Dikika lelőhelyéről származik és 3,3 millió éves, így megelőzi az Oldowan tradíció kezdetét is.

termékek feltörése során (lásd: 2., 3. és 6. fejezetek). Ezzel szemben a korai pattintott kőeszközök funkcionális sajátosságai, vagyis a vágó élek megjelenése néhány további feldolgozási módot, mint technológiai diverzifikációt is lehetővé tesznek a növényi termékek esetében: tisztítás, darabolás, pépesítés.

A pattintott kőeszközök használatának az itt tárgyalt 2. funkciójának evolúciós eredete feltehetően arra vezethető vissza, hogy a Hominin fajok adaptív radiációja során (lásd: 7. fejezet), néhány Hominin populáció táplálkozásában egyre nagyobb szerepet kezdett betölteni egy új növényi táplálékforrás egyre nagyobb mértékű kiaknázása. Ezt az új táplálékforrást az esetenként akár feldolgozást és/vagy tisztítást is igénylő, földalatti gumók és tároló-gyökerek fogyasztása jelentette (Wrangham és mtsai, 2009; Zink és Lieberman, 2016).

- 3. Funkció: kőeszközök használata eszközkészítésre (munkaeszköz funkció):

Végül a kőeszközök harmadik, a használati nyomok és a lerakódások alapján azonosítható funkciója a munkaeszköz-funkció, vagyis az eszközkészítés tevékenysége során történő használat. E funkció megjelenésének fő bizonyítéka: azok a nem ehető növényi részekből (például fából) származó lerakódások a korai kőeszközök felületén, amelyek elektro-mikroszkóppal, és más vizsgálati módszerekkel azonosíthatóak. Ezek a nem ehető növényi maradványok a kőeszközök vágó éleinek a munkaeszköz funkcióban, vagyis az eszközkészítés céljával történő használatát bizonyítják.

Az alábbiakban azon állítás mellett fogok érvelni, hogy a kőeszközök fentebb tárgyalt 1. és a 2. funkcióival ellentétben, ez a 3. funkció nem kapcsolható össze közvetlenül a három, a 6. fejezetben a csimpánzoknál azonosított adaptív terület egyikével sem.

Ez az állítás két irányból is alátámasztható. Egyrészt, a technológiai viselkedés különböző formáinak filogenetikus megjelenésének időrendi sorrendje alapján:

- az említett három adaptív terület (vagyis táplálék feldolgozás, táplálékszerzés, testhez kapcsolódó technológiák területei) evolúciósan korán, már az emberszabásúaknál, azon belül pedig legváltozatosabb formában a csimpánzoknál is megjelenik (6. fejezet). A munkaeszköz funkció viszont, mely funkciót, mint az eszközök eszközkészítés célú használatát definiálhatunk (8.2. alfejezet), kizárólag az emberre, illetve a *Homo* genusz már kihalt fajaira jellemző.

2) Az eszközhasználat fitness-hozzájárulásának iránya

Másrészt, a köeszközök munkaeszköz funkciójú használata egy olyan technológiai viselkedés, amelynek adaptív funkciója (és így a viselkedés fitness-hozzájárulásának iránya) alapvetően eltérő a három, evolúciósan korábbi adaptív terület technológiáitól. A köeszközöknek, mint munkaeszközöknek az említett három adaptív területtel szemben fennálló fő különbségét a következőképp írhatjuk le:

1) AZ ELSŐ HÁROM ADAPTÍV TERÜLET TECHNOLÓGIÁI, MINT ELSŐDLEGES TECHNOLÓGIÁK

- A technológiai viselkedés korábban tárgyalt három adaptív területének belül, azaz 1): a táplálék feldolgozás, 2): a táplálékszerzés, és 3): a saját testhez kapcsolódó technológiák kategóriáin belül az eszközhasználat minden esetben betölt valamilyen elsődleges, időbelileg azonnal, vagy közvetlenül a használatot követően megnyilvánuló adaptív funkciót.

- Az eszközhasználat tehát ezen a három adaptív viselkedési területen magával az eszközhasználattal egyidejűleg, vagy azt időben közvetlenül követő módon befolyásolja az egyed saját testi-fiziológiai állapotát, vagyis egy közvetlen, elsődleges útvonalon keresztül megvalósuló fitness-hozzájárulást idéz elő.

- Ennek megfelelően, az ehhez a három adaptív területhez tartozó technológiákat egy egy olyan átfogó kategória elemeinek tekinthetjük, amely kategóriára az „elsődleges technológiák” elnevezést is használhatjuk: ezek a technológiák közvetlen, elsődleges hatást gyakorolnak az egyed saját testi – fizikai állapotára, és azon keresztül közvetlenül növelik inkluzív fitnessét.

2) A MUNKAESZKÖZ FUNKCIÓT BETÖLTŐ KŐESZKÖZÖK, MINT MÁSODLAGOS TECHNOLÓGIÁK:

- A pattintott köeszközöknek a munkaeszköz funkcióban történő, eszköz készítési célú használata mind adaptív funkcióját, mind a fitness-hozzájárulás irányát tekintve eltér a fent leírttól.

- A munkaeszközök, mint technológiák nem gyakorolnak közvetlen, elsődleges hatást az egyed saját testi – fizikai állapotára, és emiatt időben azonnal bekövetkező módon nem is növelik közvetlenül az egyed inkluzív fitnessét.

- A munkaeszközök használata, mint viselkedés nem az egyed saját, testi-fiziológiai állapotára gyakorol közvetlen hatást, e helyett a viselkedés célja más tárgyak és eszközök megmunkálása és átalakítása.

- A munkaeszközök esetében tehát a technológiai viselkedés elsődlegesen és előidejű módon más eszközök és tárgyak létrehozására irányul, Ezt követően másodlagosan, időbeli késleltetéssel, az így létrehozott tárgyak és eszközök felhasználhatóak a már tárgyalt három adaptív terület valamelyikén, a technológiai viselkedésnek az adott területhez kapcsolódó saját, elsődleges céljaira: például táplálék feldolgozásra, táplálékszerzésre, vagy a saját test védelmére.

A fentieket összegezve, a munkaeszköz funkció megjelenése a technológiai viselkedésnek egy olyan teljesen új formáját képviseli, amely a korábban azonosított, három fő adaptív terület közül egyikhez sem, azaz 1): a táplálék feldolgozás, 2): a táplálékszerzés, és 3): a saját testhez kapcsolódó technológiák területéhez sem sorolható be.

A munkaeszközök használata ebből következően a Hominin technológiai viselkedés egy új és önálló, negyedik adaptív területeként definiálható. A disszertáció további részében erre a negyedik adaptív területre „a másodlagos technológiák területe” elnevezést használom, melyre a következő definíció alkalmazható:

- A másodlagos technológiák területén az eszközhasználatnak nincs olyan saját, elsődleges adaptív funkciója, mint a táplálékhoz való hozzáférés biztosítása (1. és 2. terület), vagy a saját test védelme, gondozása (3. terület). A másodlagos technológiák adaptív területén az eszközök használatának a célja az előző három adaptív területhez tartozó eszközök és technológiák előállítás, létrehozása.

A fenti definícióból következően, a másodlagos technológiák területén belül az eszközhasználat, mint viselkedés fitness-hozzájárulása alapvetően eltérő irányú, mint az első három adaptív területen. Az első három területen ugyanis az eszközhasználat közvetlenül és elsődleges módon növeli az egyedek fitnessét, azáltal, hogy növeli a táplálékszerzés hatékonyságát, vagy megvédi a testet a fertőzésektől, stressztől, kihűléstől. A másodlagos technológiák esetében, azaz a fenti definíciónak megfelelő 4. adaptív terület esetében a technológiák használata viszont az egyed számára elsősorban közvetett módon, másodlagosan eredményez fitness-hozzájárulást. Mégpedig azáltal, hogy a másodlagos technológiák olyan új, hatékonyabb technológiák előállítását teszik lehetővé, amelyek használata a másik három adaptív területen biztosít magasabb fitness-hozzájárulást.

Megjegyzendő, hogy a legkorábbi munkaeszközökre vonatkozóan a „másodlagos technológiák” fogalmát szintén alkalmazzák Haidle és mtsai (2015) is. Míg azonban e fogalomnak az itt általam javasolt definíciója a technológiai viselkedés adaptív funkcióján és fitness-hozzájárulásán alapul, a „másodlagos technológiák” koncepciójával Haidle és mtsai. (2015) a technológiai cselekvési lánc hosszának növekedésére utalnak. A különbségek ellenére, a fogalom kétféle használata azonban kiegészíti egymást, mivel mindkét esetben ugyanannak a jelenségnek a leírása áll a középpontban.

8.4. A negyedik adaptív terület megjelenésének fő állomásai

{Key stages in the emergence of the fourth adaptive domain}

A fent bemutatott definíció értelmében vett másodlagos technológiák megjelenése a jelenlegi ismereteink szerint a technológiai viselkedésnek egy olyan új, evolúciós előzmények nélküli adaptív területe, amelynek legkorábbi formáját az Oldowan és Acheulean típusú pattintott kőeszközök készítésének és használatának a technológiai jelentik. Ezek a korai kőeszközök ugyanis az általunk ismert legkorábbi olyan technológiák, amelyeket a munkaeszköz-funkció betöltésére is alkalmasnak tekinthetünk – amellett, hogy a növényi és az állati táplálék feldolgozása során további adaptív funkciókat is betölthettek párhuzamosan.

Mindez felveti azt a kérdést, hogy hogyan és milyen fázisokon keresztül került sor a másodlagos technológiáknak, és azon belül a munkaeszköz-funkciót betöltő technológiáknak a megjelenésére. A ma élő emberszabásúak, azaz a csimpánzok és orángutánok esetében egyetlen példát sem ismerünk ugyanis a munkaeszköz-funkciót betöltő eszközökre, vagyis az eszközök használatára az eszközkészítési tevékenység során (Bandini és mtsai, 2020; Snyder és mtsai, 2022, Motes-Rodrigo és mtsai, 2022)

Ebből a tényből azt az evolúciós analógián alapuló következtetést vonhatjuk le, hogy a korai Oldowan eszközök (illetve a valamivel korábbi Lomekwian eszközök) „feltalálása” előtt a korai Hominin fajok technológiai repertoárjából is hiányoztak a munkaeszköz-funkciót betöltő eszközök.

A munkaeszközöknek ezt a hiányát a mai emberszabásúak és a korai Hominin fajok technológiai repertoárjában feltehetően a viselkedésük materiális és a kognitív korlátaik egyaránt okozzák:

- **materiális korlátok:** A csimpánzok és orangutánok a fából (ágakból és gallyakból) és más lágynövényi anyagokból készített, általuk használt eszközök előállításánál kizárólag a kezükkel (ujjaikkal) és a fogaikkal manipulálják a tárgyakat. A munkaeszközöknek ez az emberszabásúak technológiai repertoárján belüli hiánya feltételezhetően a növényi eredetű, organikus anyagokból készített, egyszerű eszközöknek a fizikai tulajdonságaival is magyarázható. Ezek az eszközök nem elég szilárdak és merevek ahhoz, hogy eszközkészítésre, vagyis más tárgyak megmunkálására lehessen használni őket.

- **kognitív korlátok:** Másrészt, a munkaeszközöknek az emberszabásúak technológiai repertoárján belüli hiánya mögött kognitív korlátok is állhatnak (Lonsdorf és Sanz, 2022; Haidle és mtsai, 2015; Bandini és mtsai, 2021). A munkaeszközök használata ugyanis a különböző tárgyak használata közötti oksági kapcsolatok világos mentális reprezentációjára van szükség. Vagyis annak felismerésére, hogy egy tárgy (a munkaeszköz) fizikai behatásai révén egy másik tárgy (a készítendő eszköz, mint céltárgy) olyan módon alakítható át, hogy az átalakítás eredményeként az adott tárgy új tulajdonságokat kapjon (Bandini és mtsai, 2021; Motes-Rodrigo és mtsai, 2022)..

A fent leírt, az élettelen tárgyak között kialakuló fizikai oksági hatásoknak a felismerése terén fennálló kognitív korlátok átlépésének a legkorábbi bizonyítékát éppen az ütőkövek munkaeszkövként való használata jelenti. A munkaeszköz használatával járó tevékenységnek az eredményeként egy másik kő (a céltárgy) a vágó éllel rendelkező kőeszközökké, azaz magkővé és szilánkokká (módosított céltárggyá) alakítható át (Shea, 2017a; Snyder és mtsai, 2022).

Miután azonban a kognitív korlátok fent leírt átlépésére egy vagy több alkalommal már sor került (például akár egynél több Hominin faj esetében is), onnantól kezdve másodlagos technológiák adaptív területén belül is sor kerülhetett a technológiai evolúció beindulására. Ennek a folyamatnak a kőeszköz készítés technológiáinak legkorábbi megjelenését követően, legalább három egymást követő evolúciós fázisát (lépését) feltételezhetjük, melyeket az alábbiakban csak röviden összegzünk.

- Az 1.) Evolúciós fázis.

Az ütő kövek megjelenése:

A legkorábbi jelenleg ismert munkaeszközöknek azok az ütőkövek tekinthetők, amelyeket az Lomekwian, majd valamivel később az Oldowan eszközöket készítő Homininek használtak, a vágó élekkel rendelkező szilánkok és magkövek kialakítása céljával. Az ütőköveknek a használata, a főemlősöknél még kizárólag csupán táplálkozási funkcióban jelenik meg. Ettől eltérően, a korai emberfélék ütőkő használata a most tárgyalt evolúciós fázisban már nem a táplálék feldolgozás, vagy táplálékszerzés céljával történt, hanem más kődarabok eszközzé, azaz magkövé vagy szilánkká való átalakítása céljával. Az ily módon eszközzé átalakított kövek csak ezt követően, egy második lépésben váltak felhasználhatóvá a táplálék feldolgozás adaptív területén belül, például az állati zsákmány felbontása és feldarabolása során.

Ezek a korai Lomekwian (3,3 millió éve) és Oldowan (2,6 millió éve) ütő kövek tekinthetők tehát a legrégebb ma ismert munkaeszközöknek.

Ebben az első fázisban az ezekkel az ütő kövekkel létrehozott szilánk kőeszközöket még csak a táplálék feldolgozás adaptív területén (az 1. területen) használták. E funkció legkorábbi bizonyítékát az etiópai Dikika lelőhelyén előkerült, 3,3 millió éves állati csontok jelentik, amelyeken vágásnyomok mutathatók ki (McPherron és mtsai, 2010). Vagyis a vágóélek kezdeti (legkorábbi) használati funkciója jelenlegi ismereteink szerint kizárólag a táplálék feldolgozás lehetett. A korai kőeszközök vágóéleinek munkaeszköz funkcióban (azaz a 4. adaptív területen) való használatukra feltételezhetően csak egy ezt követő fázisban került sor: – lásd alább: a 2) lépés leírását.

- A 2.) Evolúciós fázis.

A vágóélek multifunkcionális használatának megjelenése:

A munkaeszközök felé vezető második lépését tehát a fenti eljárással, vagyis ütő kövekkel létrehozott kőeszközök vágóéleinek a multifunkcionális használata jelenti munkaeszközként, - vagyis a táplálék feldolgozás adaptív területének határain túlmenően.

A táplálék feldolgozás, mint kezdeti funkció után jelenlegi ismereteink alapján nem lehet teljesen pontosan keltezni, hogy melyik időszakban került sor a vágóélek munkaeszközként történő használatának megjelenésére. Feltételezhető, hogy a korai kőeszközök rendszeres használatának (Oldowan és Acheulean tradíciók) az elterjedését követően, több alkalommal is

sor került a kőszerszámoknak egy új funkcióra való alkalmazására, a munkaeszköz funkcióban való használatra.

A vágóélek ugyanis nem csak a táplálék (állati hús, növényi táplálék) feldolgozására, hanem számos különböző anyag és tárgy feldolgozása során is használhatóak. Így fa faragására, háncs, kéreg, állati bőr vágására, sőt csontok felületének megmunkálására is használhatóak (Shea, 2017b). A felsorolt anyagokból egyszerű eszközök, szerszámok, technológiák is előállíthatóak. Mint a 6-7. fejezetekben tárgyaltam, a Hominin evolúció 6 és 2,6 millió év közötti időszakában az ilyen anyagok folyamatos használata feltételezhető – azonban ebben a fázisban kézzel és fogakkal történő modifikáció volt az eszköz készítés fő eljárása. A kialakított vágóélel rendelkező kőeszközök megjelenése alapvető technológiai változást jelentett: az organikus (növényi) anyagok jóval hatékonyabb modifikációját tette lehetővé.

- A 3.) Evolúciós fázis.

A másodlagos technológiák további kategóriáinak megjelenése: az additív technológiák:

A tárgyak és eszközök létrehozása során alkalmazott tevékenységeket alapvetően két fő technológiai eljárásához sorolhatjuk (Kuhn, 2021):

- (1) egyrészt a reduktív eljárásokhoz, melyek során a munkavégzés céltárgyának redukción útján történő átalakítására kerül sor. Ilyen reduktív tevékenységek: vágás, pattintás, faragás, fűrész, csiszolás, feldarabolás, hasítás, stb.

- (2) másrészt az additív vagy konstruktív eljárásokhoz, amelyek alkalmazásával több különböző tárgyból vagy alapanyagból egy új, több komplementer részelemből összeállított eszköz állítható elő. Ilyen additív technológiai eljárások: illesztés, ragasztás, fonás, kötözés, forrasztás, varrás, tömítés, enyvezés, stb (Kuhn, 2021; Barham, 2013).

Ennek a két technológiai eljárásnak az evolúciós megjelenésére feltételezhetően nem egyidejűleg, hanem egymást követően került sor (Kuhn, 2021):

- (1) A másodlagos technológiák adaptív területén belül kialakuló legkorábbi eszközöket a technológiai eljárások e fent leírt két csoportja közül egyértelműen az elsővel, a reduktív eljárásokkal kapcsolhatjuk össze. Ennek jellegzetes példái a fentebb, a 2) evolúciós fázisnál tárgyalt kőeszközök, mint munkaeszközök, melyek korai használati funkcióját a fa (és más növényi anyagok) vágása, faragása, hasítása, darabolása jelenthette (Toth és Schick, 2006; Kelly, 2015).

A kőeszközöket, mint reduktív technológiai műveletek kivitelezésére alkalmas munkaeszközöket később szintén a felsorolt használati funkcióknak a betöltésére alkalmazták különböző nem-növényi anyag, így az állati bőrok, csontok, és agancsok feldolgozása során is (Hurcombe, 2014; Kuhn, 2021).

A másodlagos technológiák evolúciósan legkorábban kialakuló kategóriáját tehát a munkaeszközök, mint reduktív technológiák képviselik.

- (2) Az additív eszközkészítési eljárások megjelenésére feltételezhetően csak a reduktív technológiákat követően, talán már szintén nagyon korán sor kerülhetett, egy jelenleg ismeretlen időpontban. Az a lehetőség sem zárható ki, hogy már a Hominin technológiai evolúció korai fázisában, akár az Oldowan, vagy később az Acheulean eszközökkel egyidejűleg is kialakulhattak az egyszerű additív technológiák és anyagok bizonyos kategóriái.

Ezeket a technológiai kategóriákat szintén besorolhatjuk a másodlagos technológiák adaptív területéhez, mint a technológiai viselkedés negyedik főterületéhez és azon belül önálló adaptív alterületként kategorizálhatjuk. A korai additív technológiák feltételezett legkorábbi, számos növényi vagy állati eredetű anyagból is létrehozható kategóriái a következők:

- a) kötöző anyagok használata (Barham, 2013; Hardy és mtsai, 2020): más tárgyak összeillesztése új eszközfunkció kialakítása céljával
- b) ragasztó anyagok használata (Barham, 2013): más tárgyak összeillesztése új eszközfunkció kialakítása céljával
- c) támasztó és tartó elemek használata: számos lehetséges funkció
- d) burkoló és fedő anyagok használata (Gamble, 2008): a saját test védelme, elszigetelése a külső környezettől (Gilligan, 2010). Illetve, ennek analógiájára, más tárgyak, vagy az élelem hordozása vagy tárolása hordozó eszközökben és konténerekben (Gamble, 2008).

Ezek a felsorolt additív technológiák tehát, mint a technológiai viselkedés új adaptív alterületei, egyrészt hozzájárulhattak az adaptív diverzifikáció már többször tárgyalt tendenciájához a negyedik területen belül is. Másrészt pedig, az ezen alterületekhez tartozó technológiák növelhették a másodlagos technológiák használata által előállított eszközök hatékonyságát és fitness-hozzájárulását a másik három, elsődleges adaptív területen.

8.5. A pattintott kőeszközök megjelenése:

A technológiai viselkedés ősi és újonnan kialakuló adaptív területei

{The emergence of the knapped stone tools: ancestral and emerging adaptive domains of technological behaviour}

Ebben a fejezetben azt a kérdéskört vizsgáltam, hogy a korai pattintott kőeszközöknek a 2,6 millió éve, az Oldowan technológia megjelenésével kezdődő használata hogyan alakította át a Hominin technológiai viselkedés három, korábban megjelent, és ilyen értelemben evolúciósan ősi, már az emberszabásúaknál is kialakult adaptív területét: azaz a 1) táplálék feldolgozás, a 2) táplálékszerzés, és 3) a saját testhez kapcsolódó technológiák területeit. Ezen az átfogó kérdéskörön belül, három részkérdést vizsgáltam:

1) Kérdés: - milyen adaptív funkciókat töltöttek be a legkorábbi pattintott kőeszközök a Hominin technológiai viselkedésen belül?

– Mint láttuk, a korai kőeszközök három fő használati, illetve adaptív funkciót töltöttek be: i) az állati zsákmány feldolgozása, ii) a növényi táplálékok feldolgozása, iii) a növényi anyagok megmunkálása eszközkészítés céljával.

2) Kérdés: a kőeszközök felsorolt adaptív funkciói hogyan kapcsolódnak össze a 7. fejezetben tárgyalt három, evolúciósan korábban kialakult adaptív területtel?

– A fent említett i) és ii) funkciók egyértelműen besorolhatóak az első adaptív területhez, a táplálék feldolgozás területéhez. Bár a technológiai viselkedés materiális dimenzióját, azaz a nyersanyagok használatát és pattintásos modifikációját tekintve a korai Oldowan és Acheulean kőeszközök használatának nincsenek előzményei. Azonban a technológiai viselkedés adaptív-funkcionális dimenziója tekintetében az Oldowan és Acheulean eszközök egyértelműen kapcsolatba hozhatóak az 1) adaptív terület, a táplálék feldolgozás területével (és azon belül az állati zsákmány felbontása, feldarabolása).

3) Kérdés: - a kőeszköz készítés megjelenésének hatására sor került e- a technológiai viselkedés új, korábban nem létező adaptív területének a kialakulására?

– A pattintott kőeszközök iii) funkcióját, azaz az eszközkészítés funkciót a Hominin technológiai viselkedés egy új, önálló, negyedik adaptív területének a megjelenéseként

értékelhetjük. Erre az új adaptív területre a másodlagos technológiák területe” elnevezést alkalmaztam. Ez az elnevezés arra utal, hogy az e területhez sorolható eszközöknek nincs saját, közvetlenül a létfenntartásra vagy táplálkozásra irányuló elsődleges adaptív funkciója. A negyedik területhez tartozó technológiák e helyett a másik három adaptív területhez tartozó eszközök és technológiák létrehozására használhatóak, ily módon közvetett, másodlagos módon töltenek be adaptív funkciót és járulnak hozzá a használók inkluzív fitnessének növekedéséhez.

* * * *

Az eszközöknek és technológiáknak az eszközhasználaton alapuló létrehozására való képesség az emberi technológiai viselkedés egyik fő egyedi jellemzője, amely egyetlen más recens főemlős fajnál sem található meg. Ily módon a másodlagos technológiák adaptív területének a megjelenését egy olyan evolúciósan új, apomorfikus viselkedési sajátosságnak tekinthetjük, amely csak az emberfélék (*Homo* genusz) fajaira jellemző.

A technológiai evolúció e fejleménye, vagyis a munkaeszköz funkció megjelenése az új technológiák (eszközök) széles körének előállítását teszi lehetővé (Taylor 2010; Kelly, 2015; Szabó és Bereczkei, 2021) technológiai viselkedés másik három, korábban már kialakult adaptív területen belül is. Így például a táplálékszerzés adaptív területén az olyan új organikus technológiák, mint az ásóbotok, hajítófák, döfő lándzsák, és az egyszerű fa vagy bőr hordozó eszközök (zsákok, tarisznyák) már az Alsó Pleisztocén időszakában megjelenhettek (Hayden 2015; Taylor 2010). Noha ezeknek az eszközöknek az előfordulása régészeti kontextusban nem bizonyítható. Azonban az etnográfiai adatok bizonyítékot szolgáltatnak rá, hogy a felsorolt organikus technológiák az egyszerű, Oldowan-jellegű kőeszközök használata segítségével is előállíthatóak (Hayden, 2015).

A technológiai viselkedés fent definiált negyedik alterületének, vagyis a másodlagos technológiák területének az evolúciós megjelenése alapvetően átrendezte a Hominin technológiai viselkedésnek azt a korábbi adaptív tájképét, amelyen belül a három evolúciósan korábbi adaptív terület addigi fejlődése lezajlott. A másodlagos technológiák megjelenésének ezeket a következményeit tekintem át a következő, a Disszertáció II. Részét, és egyúttal a teljes értekezést is lezáró utolsó, azaz 9. fejezetben.

9. fejezet

Egy új modell felé:

A technológiai viselkedés evolúciója négy adaptív területen

{ Toward a new model:

Evolution of technological behaviour in four adaptive domains}

9.1. A Hominin és humán technológiai evolúció két modellje

{ The two models of hominin and human technological evolution}

A disszertáció II. Részének középpontjában a Hominin technológiai viselkedés fő adaptív területeinek azonosításának a kérdése, és az ezeken a területeken lezajló technológiai evolúció leírásának a problémája állt.

Itt, a II. Részt lezáró, 9. fejezetben az ezt megelőző, 5-8. fejezetek fő hipotéziseit és következtetéseit kapcsolom össze egymással. Mindez lehetőséget teremt a technológiai viselkedés közel 6 millió éves evolúciójának egy általános szintű, egységes elmélet keretei között történő tárgyalására.

Ennek az itt javasolt új megközelítésnek a másodlagos technológiák kategóriájának definiálása, illetve e kategória szerepének leírása jelenti. Ahogy azt a 8. fejezetben bemutattam, a másodlagos technológiák, mint az eszközhasználat negyedik adaptív területe megjelenése egy jelentős „nagy átmenetet” képvisel a Hominin technológiai viselkedés evolúciós történetében.

A 8.4. alfejezetben amellet érveltem, hogy a korai Oldowan és Acheulian kőeszközök, mint a táplálék feldolgozás mellett eszközkészítésre is használható, funkcionáli munkaeszközök

tekinthetőek a másodlagos technológiák adaptív területének legkorábban kialakult kategóriájának. Filogenetikus perspektívában vizsgálva, ez a viselkedési mód a Homo génusznál egyértelműen jelen van (lásd: 1. fejezet), míg a korai Hominin fajoknál viszont valószínűleg nem, vagy csak nagyon korlátozott formában jelenhetett meg. (A korai Hominin fajoknál abban az esetben kéne mérlegelni a másodlagos technológiák használatának lehetőségét, amennyiben egyértelmű bizonyíték támasztaná alá, hogy e fajok is használták a korai Oldowan típusú kőeszközöket.)³⁵

A másodlagos technológiák adaptív területének tehát nincs korábbi, azonosítható filogenetikus előzménye sem a nagy emberszabásúak (Hominidák), sem az emberfélék (Homininek) eszközhasználata terén. Ennek következményeként, egyrészt a korai Hominin fajok, másrészt a késői Hominin fajok (azaz a Homo génusz) technológiai viselkedésének leírására két egymásra épülő, de részben eltérő modell alkalmazására van szükség:

-A korai Hominin fajok esetében:

a technológiai viselkedés három adaptív területét megkülönböztető modellje:

- 1) a táplálék feldolgozás területe
- 2) a táplálékszerzés területe
- 3) a testhez kapcsolódó technológiák területe

-A késői Hominin fajok (tehát a Homo génuszhoz sorolható fajok) esetében:

a technológiai viselkedés négy adaptív területét megkülönböztető modellje:

- 1) a táplálék feldolgozás területe
- 2) a táplálékszerzés területe
- 3) a testhez kapcsolódó technológiák területe
- 4) a másodlagos technológiák (eszközkészítés) területe

³⁵ A negyedik adaptív terület megjelenésének legkorábbi egyértelmű bizonyítékát a korai pattintott kőeszközök (és a vágóélek) jelentik. Elméletileg nem zárható ki, hogy a korai Oldowan kőeszközöket nem csak a Homo fajok, hanem az Australopithecus fajok valamelyike is használta. E mellett, a növényi anyagokon alapuló eszközkészítésnek a más tárgyak használatán alapuló, egyszerűbb módjai esetleg korábban, az Oldowan eszközöket megelőzően is léteztek,

A technológiai viselkedés e két fent meghatározott, három, illetve négy adaptív területet figyelembe vevő modellje nem csak annak a kritériumnak a tekintetében különbözik, hogy a második modell eggyel több adaptív területet vesz figyelembe.

Ugyanis, ahogyan azt a továbbiakban, a 9.4 – 9.5 alfejezetekben bemutatom, a negyedik terület megjelenése egy többszörös technológiai visszacsatolós hatást gyakorol a másik három, nála evolúciósan korábban kialakult adaptív terület további fejlődésére is. A másodlagos technológiák megjelenése és használata potenciálisan lehetővé tette az újabb és újabb eszközök és technológiák hatékonyabb létrehozását. Ezáltal közvetlen hatást gyakorolt az e három területen használatos technológiák további adaptív diverzifikációjának a folyamatára.

A disszertáció legfontosabb eredményét tulajdonképpen a technológiai evolúció e két modelljének az elméleti megalapozása, illetve az e két modell alkalmazásában rejlő lehetőségeknek a bemutatása jelenti. Itt, a záró fejezet további részében tehát először összegezni fogom a Hominin technológiai viselkedés e két modelljének a fő sajátosságait (9.2. és 9.3. alfejezet). Ezt követően végkövetkeztetésként röviden összegzem, hogy ez a Disszertációban javasolt új elméleti keret hogyan járul hozzá a humán technológiai evolúció néhány alapvető tendenciájának a pontosabb megértéséhez (9.4 és 9.5 alfejezetek).

9.2. Az emberszabásúak és a korai Hominin fajok: a technológiai viselkedés három adaptív területe

{The great apes and the early Hominins: three adaptive domains of technological behaviour}

A főemlősök és azon belül a nagy emberszabásúak eszközhasználatának evolúcióját hagyományosan a kinyeréses táplálkozás („extractive foraging”) koncepcióján keresztül szokás magyarázni (van Schaik, 2016). Ugyanakkor az itt a 6. fejezetben bemutatott elemzés fő állítása az volt, hogy ez a koncepció nem teljesen pontos a csimpánzok eszközhasználatának leírására, mivel e faj rendkívül összetett technológiai viselkedést kizárólag egyetlen fő funkcióval, a táplálékszerzés funkciójával (és adaptív területével) kapcsolja össze. Ezért a kinyeréses táplálkozás koncepció hiányosságainak a meghaladása

céljával, a 6.2. alfejezetben egy olyan kategorizációt javasoltam, amely a technológiai viselkedés három fő adaptív területét különbözteti meg:

- 1) a táplálék feldolgozás területe
- 2) a táplálékszerzés területe
- 3) a testhez kapcsolódó technológiák területe

Ez a kategorizáció tehát azt mutatta, hogy a csimpánzok eszközhasználata jóval összetettebb annál, hogy megjelenését mindössze egyetlen fő adaptív funkcióra (a táplálékszerzésre) vezethessük vissza. Ráadásul, mindhárom általam definiált adaptív területen kimutatható, hogy az eszközhasználatnak több különböző módja, vagyis több különböző eszköztípus (különböző technológia) is megjelenik. Ennek a fő adaptív területeken belüli technológiai változatosságnak a leírására ezt követően két fogalmat javasoltam:

- az adaptív diverzifikáció fogalma (lásd: 6.3)
- a technológiai diverzifikáció fogalma: (lásd: 6.4).

A három adaptív terület megkülönböztetése alapján a technológiai viselkedésnek egy új általános modellje alakítható ki, amely nem csak a csimpánzok, hanem tágabban az emberszabásúak eszközhasználatának általános, átfogó leírására és kategorizálására is felhasználható. E három terület filogenetikus státuszának elemzése alapján azt a következtetést fogalmaztam meg, hogy az első (azaz a táplálék feldolgozás technológiái) és a harmadik területek (a saját testhez kapcsolódó technológiák) valamennyi, kihalt és jelenkori emberszabású viselkedési repertoárjában megjelenhettek, így synapomorfikus sajátosságnak tekinthetők a Hominidae öregcsaládon belül. Ezzel szemben a 2. terület (a táplálékszerzés technológiái) filogenetikus elterjedése jóval korlátozottabb, ez a viselkedés a ma élő emberszabásúak közül csak a csimpánzoknál (Panini) és az embereknél (Hominini) mutatható ki. Vagyis feltételezhető, hogy ennek a viselkedési területnek a megjelenése autapomorfikus jellegnek tekinthető az említett két testvér- kládon belül.

A három adaptív terület és a korai Hominin fajok eszközhasználata:

A csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó, a fentiekben összefoglalt elemzést felhasználva, a 7. fejezetben amellet érveltem, hogy a technológiai viselkedés itt bemutatott, az említett három fő adaptív területet megkülönböztető modellje a korai Hominin fajok eszközhasználatának leírására is kiterjeszthető, a korai Oldowan kőeszközök megjelenése (2,6 millió éve) előtti teljes időszakra vonatkozóan.

A 7.1. alfejezetben amellet érveltem, hogy a technológiai viselkedés mindhárom itt tárgyalt adaptív területének az evolúciós megjelenésére vonatkozóan a filogenteikus folytonosság hipotézise fogalmazható meg. E hipotézis szerint, a technológiai viselkedésnek a korábban a Hominidák családján belül egyszer már kialakult adaptív teületei megőrződnek, és a leszármazott fajoknál is megjelennek. Következtetésképp, a 6 milliótól évtől (a Pan-Homo közös őstől) a 2,6 millió évvel ezelőttig tartó időszakban a technológiai viselkedés ugyanazon három, fentebb leírt fő adaptív területének a jelenlétét feltételezhetjük (1: a táplálék feldolgozás területe; 2: a táplálékszerzés területe; 3: a saját testhez kapcsolódó technológiák területe).

Ezt követően, a 7.2-7.4. alfejezetekben amellet érveltem, hogy az eszközhasználatnak a ma élő csimpánzoknál is kimutatható **adaptív diverzifikációjának a tendenciája** volt egyúttal az a folyamat is, amely az evolúciós múltban meghatározta Hominin technológiai viselkedés további evolúcióját.

Ennek a diverzifikációs tendenciának az érvényesülése a csimpánzok esetében abban nyilvánul meg, hogy a különböző régiókban élő helyi populációk a technológiai viselkedés mindhárom adaptív területén eltérő eszközhasználati módokat alakítanak ki (6.3. alfejezet). A csimpánzok kutatásának területén az ilyen irányú adaptív diverzifikáció két fő forrását szokás azonosítani: egyrészt a helyi ökológiai feltételekhez való alkalmazkodást (Koops és mtsai, 2013 és 2014) másrészt a helyi csoportokon belül az eltérő kulturális tradíciók kialakulását (Whiten, 2016 és 2017). Ugyanakkor az eddigi kutatás kevésbé hangsúlyozta azt az összefüggést, hogy a technológiai viselkedés diverzifikációjának tendenciája nagyobb időtartamokat vizsgálva, a technológiai evolúció fő hajtóerejét is jelenti – vagyis a csimpánz populációk eszközhasználatának eltérései esetében a jelenben lezajló technológiai evolúciót figyelhetjük meg.

A csimpánzoknál megfigyelt, fent leírt tendencia alapján, a 7.3 alfejezetben tehát azt a kérdést vizsgáltam, hogy a kőeszközök megjelenését megelőzően, a Hominin evolúció több millió éve folyamán, a technológiai viselkedés három fő adaptív területén belül, milyen hatást gyakorolt az adaptív diverzifikáció tendenciája. Bár ennek a hosszú, 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig lezajló folyamatnak a pontos részleteit a régészeti bizonyítékok hiányában nem lehet rekonstruálni, néhány általános következtetés így is megfogalmazható volt. Elsősorban a

táplálékszerzés adaptív területén belül soroltam fel azokat az új adaptív alterületeket, amelyeken belül feltételezhetjük a technológiai viselkedés különböző új formáinak a megjelenését a késői Pliocén folyamán. Ebben az időszakban a korai Homininek egyrészt egy olyan változó ökológiai környezetbe kerültek, ahol a zárt erdők helyét a nyitottabb vegetáció vette át (Almecija és mtsai, 2021), másrészt ezzel párhuzamosan fokozatosan egy aktívabb, és egyre inkább a bipedális helyváltoztatáson alapuló életmódra térhettek át (Pontzer, 2012 és 2017). Az ehhez az időszakhoz tartozó fajok a következők (a legkorábbi igazolt megjelenés sorrendjében):

<i>Ar. Ramidus</i>	4,6 millió év
<i>Au. Anamensis</i>	4,37 millió év
<i>Au. Africanus</i>	4,2 millió év
<i>Au. Afarensis</i>	3,89 millió év
<i>Au. Bahrelghazali</i>	3,85 millió év
<i>K. platyops</i>	3,54 millió év
<i>P. aethiopicus</i>	2,73 millió év
<i>Au. Garhi</i>	2,5 millió év
<i>P. boisei</i>	2,5 millió év
<i>P. robustus</i>	2,27 millió év
<i>Au. Sediba</i>	1,98 millió év
<i>H. habilis</i>	2,6 millió év
<i>H. rudolfensis</i>	2,09 millió év

Ugyanakkor a Pliocén végén, először átmeneti jelleggel 3,3 millió éve (Lomekwian), majd rendszeres formában 2,6 millió éve (Oldowan) egy másik adaptív területen, a táplálék feldolgozás területén szintén megjelent a technológiai viselkedés egy új formája, a pattintásos kőeszközkészítés (8. fejezet). Ez a technológia kezdetben új adaptív alterületeket nyitott meg a táplálék feldolgozás főterületén belül, így az állati csöves csontokban és koponyákban található, energiában gazdag csontvelő és agyvelő (Thompson és mtsai, 2019), illetve a nagyméretű növényevőkből származó állati hús fogyasztásának (Braun és mtsai, 2010 és 2019) az alterületeit.

A Disszertáció 6. és 7. fejezetében tehát a technológiai evolúciónak egy olyan új modelljét mutattam be, amely az eszközhasználat három fő adaptív területének a megkülönböztetésére

(1: a táplálék feldolgozás területe; 2: a táplálékszerzés területe; 3: a saját testhez kapcsolódó technológiák területe), illetve az e három területen lezajló adaptív diverzifikáció folyamatának a leírására épül. Ez a modell egyaránt alkalmazható a csimpánzok technológiai viselkedésének és a korai, az Oldowan előtt, vagy azzal egyidejűleg élő Hominin fajok (így az Ardipihecus, a Australopithecus, a Paranthropus, és a korai Homo genuszok fajainak) technológiai viselkedésnek a leírására is.

9.3. A késői Hominin fajok: a technológiai viselkedés negyedik adaptív területe **{ The later Hominins: the fourth adaptive domain of technological behaviour }**

Ezt követően, a 8. fejezetben azt a kérdést vizsgáltam, hogy a korai pattintott kőeszközök megjelenése (az Oldowan 2,6 millió éve és az Acheulean 1,8 millió éve) hogyan alakította át az eszközhasználat előzőleg tárgyalt, három, korábban kialakult fő adaptív területének a további evolúcióját. Ahogy a 8.2. alfejezetben bemutattam, hogy a közvetett bizonyítékok három típusa (vágásnyomok az állati csontokon, használati nyomok a kőeszközökön, szerves anyag maradványok a kőeszközök felületén) arra utal, hogy a korai pattintott kőeszközöket három különböző használati funkció betöltésére használták:

- i) állati eredetű táplálék feldolgozásának funkciója
- ii) növényi eredetű táplálék feldolgozásának funkciója
- iii) munkaeszköz funkció (növényi anyagok megmunkálása, állati bőr feldolgozása).

A kiinduló kérdést az jelentette, hogy ez a három funkció hogyan kapcsolódik a technológiai viselkedés korábban tárgyalt, három fő adaptív területéhez. A kőeszközök három funkciója közül az első kettő (az állati, illetve a növényi táplálék feldolgozása) egyértelműen besorolható az első adaptív területhez, a táplálék feldolgozás területéhez. Mindez azt jelenti, hogy a pattintott kőeszközök használata a technológiák adaptív diverzifikációnak (7.3. alfejezet) egy újabb példajaként értékelhető a táplálék feldolgozás adaptív területén belül.

A kőeszközök használatára tehát kezdetben az első adaptív területen belül (táplálék feldolgozás) került sor, aminek jelenlegi legkorábbi bizonyítéka az etiópai Dikika 3,3 millió éves lelőhelyén kerültek elő. Később azonban egy jelenleg pontosan nem azonosítható időpontban azután a pattintásos kőeszközöknek a használata olyan irányban fejlődött tovább, ami a táplálék feldolgozás adaptív területén is túlmutató, alapvető hatást gyakorolt a

technológiák további evolúciójára. E fejlődés eredménye egy új, negyedik adaptív terület, a másodlagos technológiák területének a megjelenése volt.

A köeszközök fent említett 3. funkciójának (a munkaeszköz funkcionának) a megjelenése viszont egyértelműen egy az eddig tárgyalt három korai adaptív területtől független, teljesen új, adaptív terület megjelenéseként értékelhető. Erre a 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 oly módon járul hozzá az egyedek inkluzív fitnessének növekedéséhez, hogy lehetővé teszi az új, hatékonyabb eszközök készítését, amelyek azután a másik három területen használhatóak.

A 8.2. és 8.3. alfejezetben amellet érveltem, hogy az ilyen másodlagos eszközhasználat legkorábban kialakult kategóriáját a munkaeszközök, tehát a funkcionálisan más anyagok eszközkészítési célú feldolgozásra használható eszközök jelentették. E kategória két fő korai formáját különböztettem meg: a pattintott köeszközök készítéséhez használt ütőköveket, illetve magukat a pattintott köeszközöket, mint multifunkcionális vágóeszközöket. E két csoport, az ütőkövek, illetve a vágóeszközök közös sajátossága, hogy funkcionális használatuk más tárgyak megmunkálására irányul – ezért egy átfogó kategóriába sorolhatóak, melyre a munkaeszköz elnevezést használhatjuk.

Ugyanakkor a másodlagos technológiák területéhez sorolhatunk néhány további kategória is. Így a munkaeszközök mellett, az alábbi kategóriákba sorolható eszközök és technológiák szintén az első három adaptív területhez tartozó eszközök és egyéb technológiák létrehozása során, tehát másodlagos, nem létfenntartási célú adaptív funkcióban használhatóak:

- kötöző anyagok kategóriája
- rögzítő anyagok kategóriája
- alátámasztó elemek kategóriája
- fedő és borító anyagok kategóriája.

A másodlagos technológiák területének megjelenése a Hominin technológiai viselkedés evolúcióján belül egy előzmények nélküli, új adaptív terület kialakulásaként értékelhető. Míg a korábban tárgyalt másik három terület az emberszabásúaknál is megjelenik, a csimpánzoknál pedig nagyfokú változatosságot mutat. A technológiai viselkedés e három adaptív területe filogenetikus státuszukat tekintve olyan synapomorfikus sajátosságként értékelhetőek, amelyek mind a korai, mind a késői Hominin fajokra általánosan jellemzőek. Ezzel szemben a negyedik területen megjelenő eszközhasználat filogenetikus elterjedése jóval szűkebb körű, és mindössze egyetlen kládra korlátozódik: egy csak a Homo génuszra jellemző, autapomorf (egyedi leszármaztatott) sajátosságként értékelhető.

Mindez azt jelenti, hogy a Homo genusz kilenc, az 1. fejezetben felsorolt, igazolható módon kőeszközöket használó fajának mindegyike esetében feltételezhetjük, hogy e fajok viselkedésében egyúttal a másodlagos technológiák használatának az adaptív területe, vagyis az itt tárgyalt negyedik terület is megjelent. Az említett fajok listája (zárójelben a korai megjelenésük időpontja):

<i>H. erectus</i>	1.85 millió év
<i>H. Antecessor</i>	1,2 millió év
<i>H. heidelbergensis</i>	0,7 millió év
<i>H. Luzonensis</i>	0.7 millió év
<i>H. neanderthalensis</i>	0,5 millió év
Denisova-i ember	0,5 millió év
<i>H. naledi</i>	0,34 millió év
<i>H. floresiensis</i>	0,01 millió év
<i>H. sapiens</i>	0,3 millió év - jelenkorig

Az alábbiakban, a 9. fejezet további részében azt a kérdést tárgyalom, hogy a Hominin technológiai viselkedés ezen új, negyedik adaptív területének (a másodlagos technológiák területének) milyen hatása volt a másik három, korábban kialakult adaptív területhez (azaz a táplálék feldolgozás, a táplálékszerzés, és a saját testhez kapcsolódó technológiák területeihez) tartozó technológiáknak a további evolúciójára.

9.4. A másodlagos technológiák hatása: a technológiai viselkedés új adaptív tájképe **{ The impact of secondary technologies: a new adaptive landscape of technological behaviour }**

A technológiai viselkedés negyedik adaptív területének megjelenése

A másodlagos technológiák, vagyis a funkcionálisan más technológiák létrehozására alkalmas technológiák legkorábbi ismert példáinak a 2,6 millió éve megjelenő Oldowan kőeszközök, majd az 1,8 millió éve kialakuló Acheulean kőeszközök tekinthetőek (Toth és Schick, 2018; Kelly, 2015; Taylor, 2010). Ezek a korai kőeszközöknek, mint vágó éllel rendelkező munkaeszközöknek, majd később a másodlagos technológiák további kategóriáinak a megjelenése azt eredményezte, hogy a Homo genusz fajai egyre több és változatosabb új, a másik három adaptív területhez tartozó eszköztípus és technológia előállítására váltak képessé.

A negyedik adaptív terület megjelenésének következményei

A másodlagos technológiák adaptív területe megjelenésének hatására alapvetően átalakult a technológiai viselkedés evolúciójának iránya a másik három adaptív területen is. A munkaeszközök és a másodlagos technológiák további kategóriáinak megjelenésével ugyanis minden egyes eszköz, és maga az eszközkészítés is a technológiai viselkedés céltárgyává, objektumává válik. A technológiai viselkedés másik három, korábban kialakult adaptív területe esetében ezzel szemben minden esetben a környezetben elérhető táplálékforrások, illetve az egyed saját teste voltak az eszközhasználat céltárgyai, objektumai. Vagyis e korábbi adaptív területeken a technológiai viselkedés, mint ágencia, azaz cselekvési mód más, külsődleges céltárgyakra irányult.

A másodlagos technológiák megjelenésével a technológiai viselkedésnek ez a korábbi alapvető, közvetlenül a táplálékforrásokra, vagy a test védelmére irányuló cselekvési orientációja is átrendeződik. E folyamat egy egyszerű példáját jelenti, hogy a korai Homo fajok az Oldowan és Acheulean kőeszközök, mint munkaeszközök használatával új, korábban nem létező, vagy a korábbiaknál hatékonyabb vadászfegyvereket hozhatta létre (Hayden, 2015; Schoch és mtsai, 2015; Conard és mtsai, 2015). Az ilyen és ezzel analóg példák egyúttal azt is jelentik, hogy az emberi technológiai viselkedés, mint ágencia képessé vált a saját maga hatékonyságát a saját cselekvési módjainak (ágenciájának) az objektumává tenni, és ezen keresztül a saját hatékonyságát növelni (Smith, 2013).

Ezt az alapvető változást úgy foglalhatjuk össze, hogy a másodlagos technológiák megjelenésével a Hominin technológiai viselkedés korábbi adaptív tájképe³⁶ teljesen átrendeződött, és ezáltal a technológiai viselkedés egy előzmények nélküli, új fitness tájképe³⁷ alakult ki. Az alábbiakban ennek a változásnak a legfontosabb következményeit vázolom.

Hatásmechanizmusok a technológiai viselkedés új adaptív tájképén belül

Vizsgáljuk meg részletesebben is azt a kérdést, hogy miért növelte meg alapvetően a másodlagos technológiák megjelenése a technológiai viselkedésnek, mint adaptív stratégiának a hatékonyságát és evolúciós szerepét. E kérdéssel kapcsolatban az alábbiakban két hatásmechanizmust fogok tárgyalni:

- 1) A másodlagos technológiák visszacsatolós hatása az eszköz használat fitness-hozzájárulására
- 2) A másodlagos technológiák visszacsatolós hatása az eszközhasználat további területein lezajló technológiai fejlődésre.

1) A másodlagos technológiák visszacsatolós hatása az eszköz használat fitness-hozzájárulására:

A táplálék feldolgozás technológiáit, a táplálékszerzés technológiáit, és a testhez kapcsolódó technológiákat, azaz az eszközhasználatnak a három legkorábban kialakult adaptív területét együttesen az elsődleges technológiák területeinek is nevezhetjük. Közös jellemzőjük ugyanis, hogy e három terület mindegyikén a technológiai viselkedésnek elsődleges, azaz közvetlen hatása van az egyedek inkluzív fitnessére, tehát az egyed túlélési és szaporodási sikerére. Az ilyen „elsődleges technológiák” közvetlen fitness-hozzájárulásának két fő útvonala van:

- egyrészt a hozzáférhető táplálék (és energia) mennyiségének növelésének útvonala,

³⁶ Utalás az adaptív tájkép (adaptive landscape) koncepciójára.

A fogalmat itt annak leírására használom, hogy a technológiák változásai, például az új, hatékonyabb technológiák megjelenése hogyan alakítja át, illetve növeli magának a technológiai viselkedésnek a fitness-hozzájárulását is bármely adott korai- vagy késői Hominin populációban, amelynek egyedeinek körében az eszközhasználat elterjed. Mindez ugyanúgy érvényes lehet a csimpánzok technológiáira (Luncz és mtsai, 2018), mint az emberekére (Riede, 2011; Shennan, 2013; Smith, 2013).

³⁷ Utalás a fitness tájkép (fitness landscape), az előző fogalmat részben átfedő koncepciójára.

- másrészt a saját test védelmezésének és fiziológiai egyensúlyának fenntartásának útvonala.

Azonban, fontos azt kihangsúlyozni, hogy az eszközhasználat kialakulása az egyik ilyen korai területen nem fogja növelni az eszközhasználat fitness-hozzájárulásának mértékét egy másik korai területen. A technológiai viselkedés három elsődleges adaptív területén és azok alterületein az eszközhasználat bármely formájának megjelenése csak az adott adaptív alterületen belül gyakorolt hatást a hominin populációk adaptív sikerességére (fennmaradására és reprodukciójára). Vagyis ezek a technológiák a többi adaptív területen létező technológiák fitnesshozzájárulásának mértékét nem növelik.

A másodlagos technológiák megjelenésével viszont egy a fent leírttal ellentétes állapot, egy teljesen eltérő, új adaptív tájkép, illetve új fitness tájkép alakul ki. Ugyanis a másodlagos technológiák használatának nincs közvetlen, elsődleges fitness-hozzájárulása, tehát ennek a területnek nincs direkt hatása az egyedek túlélési és szaporodási sikerére.

E helyett, a másodlagos technológiák fitness-hozzájárulása teljesen eltérő útvonalat követ: e technológiák ugyanis csak közvetetten, vagyis másodlagosan hatnak vissza a másik három korábban kialakult, elsődleges adaptív területen használatos technológiáknak az inkluzív fitnesszt növelő kapacitására.

Összegezve tehát, a munkaeszközök és a másodlagos technológiák további kategóriái (kötöző anyagok, burkoló anyagok, stb.) egy új, és minden korábbi technológiáétól eltérő adaptív funkciót töltenek be. Lehetővé teszik azt, hogy az emberfélék hatékonyabban állítsanak elő olyan változatos, új eszközöket és technológiákat, amelyeket azután a másik három, elsődleges adaptív területen belül használhatnak. Így például, a munkaeszközökkel előállított hatékonyabb vadászfegyverek megnövelhették a 2. adaptív területen a megszerzett és elfogyasztható kalória összmenységét. A testhez kapcsolódó technológiák területén pedig a hatékonyabb hajlékok, takarók, ruházat, lábbeli elkészítéséhez használt munkaeszközök közvetetten hozzájárultak a saját test állandó hőmérsékletének a hatékonyabb fenntartásához.

A munkaeszközök tehát a technológiai visszacsatoláson keresztül nem közvetlen, hanem közvetett hatást gyakorolnak a Hominin populációk adaptív sikerességére (fennmaradására és reprodukciójára) is. Ugyanis a másodlagos technológiák a többi adaptív területen létező

technológiák fitneszhozzájárulásának a mértékét növelik, azon keresztül, hogy az azokon a területeken használatos, hatékonyabb eszközök létrehozásának a lehetőségeit növelik.

Összegezve, a negyedik adaptív terület megjelenése nagyszámú olyan technológia előállítását tette és teszi lehetővé az emberek (Homo genusz) számára, amelyek közvetetten, tehát a technológiai viselkedés másik három, evolúciósan ősi (már az emberszabásúaknál is megjelenő) adaptív területén belül növelték meg az eszközhasználat fitnesz-hozzájárulásának mértékét.

9.5. Véggövetkeztetések.

A technológiai viselkedés négy eltérő területe közötti visszacsatolások hatások evolúciója

9.5. Conclusion.

Evolution of feedback effects between the four different domains of technological behaviour

A technológia viselkedés negyedik adaptív területének a megjelenése egy másik fontos hatást is gyakorolt a humán technológiák további evolúciójára, ugyanis csak ezt követően jöttek létre a technológiai viselkedés különböző adaptív területei közötti visszacsatolások folyamatok kialakulásának a feltételei.

Korábban, abban a fázisban, amikor még csak az első három adaptív területen belül jelent meg az eszközhasználat, a különböző technológiák használata párhuzamosan zajlik, de nem lépnek fel visszacsatolások. A két (vagy több) különböző adaptív területre tartozó technológiák párhuzamosan jelen vannak, de nem gyakorolnak hatást egymásra, a technológiák között nem alakul ki technológiai visszacsatolás.

Tehát az eszközhasználat kialakulása az egyik ilyen korai területen nem járul hozzá ahhoz, hogy az eszközhasználat technológiailag összetettebbé és fejlettebbé váljon egy másik korai területen. Mindez analóg azzal az előző pontban tárgyalt hatásmechanizmussal, hogy ezek

között az adaptív területek között a fitness-hozzájárulás tekintetében sem alakul ki visszacsatolás.

A fent leírt állapottal szemben, a másodlagos technológiák megjelenése nem csak a fitness-tájképet, hanem a technológiai tájképet is átrendezi (Shennan, 2013; Riede, 2011). A munkaeszközök megnyitják annak lehetőségét, hogy a technológiai viselkedés négy különböző adaptív területei között a technológiai visszacsatolás mechanizmusai is kialakuljanak. Mindez felgyorsítja a technológiai fejlődést, és lehetővé teszi az új technológiák mind nagyobb számban történő kialakítását, ami az emberi technológiai evolúció meghatározó tendenciájává vált (Hodder 2012 és 2018).

A másodlagos technológiák megjelenését követően tehát a technológiai viselkedés korábban független adaptív területei között nagyszámú, technológiai visszacsatolásokon alapuló új kapcsolódás alakulhatott ki.

A négy adaptív terület között kialakuló, többlépcsős technológiai visszacsatolások hatásmechanizmusoknak a humán technológiai evolúcióra gyakorolt következményeit egy hipotetikus jellegű példán keresztül lehet a legpontosabban leírni:

- a kőeszközök munkaeszközként való használatával (4. terület) előállított hatékonyabb vadászfegyverek;
- megnövelik a nagytestű állatokból álló zsákmány mennyiségét (2. terület);
- ennek köszönhetően a kőeszközökkel lefejtett (1. terület) állati bőrből;
- ezt követően különböző, bőrfeldolgozási funkciójú másodlagos technológiák kifejlesztésével és használatával (4. terület);
- az emberi testet védelmező ruházat, takarók és hajlékok (3. terület) állíthatóak elő;
- az állati bőrből és inakból továbbá a kőeszközök segítségével kötöző anyagok (4. terület), az állati csontokból pedig további munkaeszközök (4. terület) vagy vadászatra használható csonthegek (2. terület) is előállíthatóak,
- a kötöző anyagok és a csonthegek használata lehetővé teszi a korábbinál összetettebb, több alrészből álló kompozit vadászfegyverek kifejlesztését (2. terület).
- és így tovább, további kapcsolódási és visszacsatolások mechanizmusok beiktatásával.

A fenti példában szereplő hipotetikus visszacsatolási lánc első elemét tehát a kőeszközöknek a munkaeszközként, vagyis másodlagos technológiaként (4. adaptív terület) való használata jelenti. Ahogy ez a példa mutatja, a másodlagos technológiáknak, például a munkaeszközöknek a megjelenése egy kettős visszacsatolási lánc kialakulását teszi lehetővé a humán technológiai viselekedés területén:

1) visszacsatolás a fitness-hozzájárulás területén:

A fenti példán belül, az egyes lépéseknek egyrészt az inkluzív fitnessre is visszacsatolós hatásai vannak: például a nagyobb zsákmány több utódot és demográfiai növekedést idéz elő, a melegebb ruházat növeli a tél túlélésének az esélyeit az egyén számára, és így tovább.

2) visszacsatolás a technológiai fejlődés területén:

A másodlagos technológiák használata új lehetőségeket alakít ki a további, újabb technológiák kialakítására, vagyis az új adaptív innovációk kialakítására. Miután az itt leírt technológiai lánc első elemében a másodlagos technológiák használata megjelenik, azt követően további visszacsatolós hatásokat gyakorolhatnak mind három másik, elsődleges adaptív terület technológiáira (így az itt leírt példa esetében a vadászfegyverekre a táplálékszerzés adaptív területén, illetve a ruházatra a saját test védelméhez kapcsolódó technológiák adaptív területén).

Mindazonáltal, bár e kérdést itt nem fejtem ki, fontos rámutatni, hogy a kétféle hatásmechanizmus, vagyis 1) **a technológiáknak az inkluzív fitnessre gyakorolt hatása**, illetve 2) **a különböző technológiáknak a technológiai fejlődésre kifejtett visszacsatolós hatása** valójában ugyanannak az átfogó technológiai evolúciós folyamatnak a két aspektusát jelentik. Ennek a folyamatnak a leírására elsősorban szintén az adaptív tájképnek, illetve a fitness tájképnek az előző alfejezetben már hivatkozott fogalmait használhatjuk.

Itt, a záró alfejezetben tehát a másodlagos technológiák, azaz a negyedik adapterület kialakulásának a legfontosabb hosszútávú, makróevolúciós következményét mutattam be: az egyes technológiáknak a más technológiákra gyakorolt visszacsatolós hatásai alapvetően átalakították a humán technológiai evolúció további fejlődésének az irányát

Bár az e folyamat bemutatására használt, a fenti leírásban szereplő példa hipotetikus jellegű, a technológiai visszacsatolás kialakulásának az itt bemutatotthoz hasonló, valós példái nagy

számban leírhatóak a késői Pleisztocén korú régészeti adatok (Hodder, 2012 és 2018; Riede, 2011; Szabó és Bereczkei, 2021), és az etnográfiai példák alapján is.

Az ilyen jellegű, többirányú, kölcsönös technológiai cselekvési és visszacsatolási láncok leírására alkotta meg Ian Hodder (2012) az összefonódottság (*entanglement*) koncepcióját, illetve az e koncepcióra épülő „összefonódottság elméletet” (*entanglement theory*). Azonban Hodder ezt a jelenséget csak a neolitikumtól, vagyis a Pleisztocén-Holocén átmenet időszakától tanulmányozza, amikor az első épített települések megjelenése és a domesztikáción alapuló emberi létfenntartás kialakulása lezajlott, és ezzel a technológiai evolúció is teljesen új irányt vett (Smith és Zeder, 2013; Zeder, 2009, Hodder, 2018).

A humán eszközhasználat négy adaptív területnek a Disszertáció II. Részében általam bemutatott leírása, és a másodlagos technológiák területének az itt javasolt definiálása egyúttal új lehetőségeket nyit meg a technológiák közötti visszacsatolási láncok korai, paleolitikumbeli megjelenésének tanulmányozása területén is. Amennyiben ugyanis elfogadjuk azt a feltételezést, hogy az Oldowan és Acheulian kőeszközök egyúttal a legkorábbi munkaeszközök funkcióját is betölthették, akkor a technológiai viselkedés különböző adaptív területei között kialakuló visszacsatolós hatások megjelenése egészen a Pliocén végéig, illetve a Pleisztocén kezdetéig nyúlik vissza.

* * * *

* * * *

BIBLIOGRÁFIA

(Megjegyzés: A Bibliográfia végleges egységesítését, szerkesztését az Elővédést követően kerül elvégzésre).

Aiello, L.C & Wheeler, P. (1995). The expensive tissue hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. *Curr. Anthropol.* 36:199–221

Almecija, S., Hammond, A.S., Thompson, N.E. és mtsai. (2021). Fossil apes and human evolution. *Science*, 372, 582.

Ambrose, S. H. (2001). Paleolithic technology and human evolution. *Science* **291**, 1748–1753 (2001).

Bandini E, Motes-Rodrigo A, & Archer W. (2021). Naïve, unenculturated chimpanzees fail to make and use flaked stone tools [version 2; peer review: 3 approved]. *Open Res Europe* 2021, 1:20 (<https://doi.org/10.12688/openreseurope.13186.2>)

Bandini, E., Harrison, R.A. & Motes-Rodrigo, A. (2022). Examining the suitability of extant primates as models of hominin stone tool culture. *Humanit Soc Sci Commun* **9**, 74 <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01091-x>

Banks, W. E., d'Errico, F., Peterson, A. T., Kageyama, M., Sima, A., & Sánchez-Goñi, M. F. (2009). Neanderthal Extinction by Competitive Exclusion. *PLoS One*, 3(12), e3972.

Barham L. (2013). *From Hand to Handle: The First Industrial Revolution*. Oxford University Press, Oxford.

Bar-Yosef, O. & Kuhn, S. L. (1999). The big deal about blades: Laminar technologies and human evolution. *Am. Anthropol.* 101, 322–338

Barrett, BJ, Monteza-Moreno, CM, Dogandžić, T, Zwyns, N, Ibanez, A, Crofoot, & MC. (2018). Habitual stone-tool-aided extractive foraging in white-faced capuchins (*Cebus capucinus*). *R. Soc. open sci.* 5: 181002. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.181002>

Bermejo, M & Illera, G. (1999). Tool-set for termite-fishing and honey extraction by wild chimpanzees in the Lossi Forest, Congo. *Primates* 40:619. doi: 10.1007/bf02574837

Bessa J, Hockings K, Biro D, (2021). First evidence of chimpanzee extractive tool use in Cantanhez, Guinea-Bissau: cross-community variation in honey dipping. *Front Ecol Evolut* 9, <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.625303>

Beyene, Y., Katoh, Sh., WoldeGabriel, G., és mtsai. (2013). The characteristics and chronology of the earliest Acheulean at Konso, Ethiopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110, 2013, 1584–1591.

Binford L.R. (2001). *Constructing Frames of Reference: An Analytical Method for Archaeological Theory Building Using Hunter-Gatherer and Environmental Data Sets*. University of California Press, Berkeley.

Biro D, Haslam M, Rutz C. (2013). Tool use as adaptation. *Phil Trans R Soc B* 368: 20120408. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0408>

Boesch, C., Head, J & Robbins, M. M. (2009). Complex tool sets for honey extraction among chimpanzees in Loango National Park, Gabon. *J. Hum. Evol.* 56, 560–569. doi: 10

Braun, D. R., Harris, J. W. K., Levin, N. E., McCoy, J. T., Herries, A. I. R., Bamford, M. K., et al. (2010). Early hominin diet included diverse terrestrial and aquatic animals 1.95 Ma in East Turkana, Kenya. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 107, 10002–10007. doi: 10.1073/pnas.1002181107

Braun, DR. Aldeias, V. Archer, W. Arrowsmith, J.R. és mtsai. (2019). Earliest known Oldowan artifacts at >2.58 Ma from Ledi-Geraru, Ethiopia, highlight early technological diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **116**, 11712–11717 (2019).

Caruana, M. V.F., d’Errico, F., Backwell, L. (2013). Early hominin social learning strategies underlying the use and production of bone and stone tools, in *Tool Use in Animals*, C. Sanz, J. Call, C. Boesch, Eds. Cambridge Univ. Press. 242–285.

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

Boyd, R., Richerson, P. (1996). Why culture is common, but cultural evolution is rare. *Proceedings of the British Academy*, 88. 77-93.

Churchill S. E. 2014. *Thin on the ground: Neandertal biology, archeology and ecology* John Wiley & Sons.

Conard, N. J., Serangeli, J., Böhner, U., et al. (2015). Excavations at Schöningen and paradigm shifts in human evolution. *Journal of Human Evolution*, 89. 1-17.

Coolidge F.L. & Wynn T. 2009. *The Rise of Homo sapiens: The Evolution of Modern Thinking*. Wiley-Blackwell, Oxford.

Corballis M.C. (2019): Language, Memory, and Mental Time Travel: An Evolutionary Perspective. *Front. Hum. Neurosci.* 13:217. [doi: 10.3389/fnhum.2019.00217](https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00217)

Creanza, N., Kolodny, O., Feldman, W. (2017). Cultural evolutionary theory: How culture evolves and why it matters. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114 (30), 7782-7789.

Csathó, Á. (2016). A kognitív funkciók és az emberi agy evolúciója. In: Gyuris P., Meskó N. (eds): *Evolúciós pszichológia mesterfokon*. Pécs: Pro Pannonia, 93-112.

Csibra, G. - Gergely, G. (2011). Natural pedagogy as evolutionary adaptation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 366, 1149-1157

Darwin, C. (1859/2000). *A fajok eredete természetes kiválasztás útján*. Budapest: Typotex.

Darwin, C. (1871/1963). *Az ember származása és a nemi kiválasztás*. Budapest: Gondolat.

Dawkins, R. (1982/1989). *A hódító gén*. Budapest: Gondolat.

Dennett, D.C. (1996/1998). *Darwin veszélyes ideája*. Budapest: Typotex.

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

Donald, M. (2001/1994): *Az emberi gondolkodás eredete*. Budapest: Osiris Kiadó.

Dusseldorp, G.L., Lombard, M. Constraining the Likely Technological Niches of Late Middle Pleistocene Hominins with *Homo naledi* as Case Study. *J Archaeol Method Theory* **28**, 11–52 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10816-020-09501-7>

Eleuteri, V. és mtsai. (2022). The form and function of chimpanzee buttress drumming. *Animal Behaviour*, Vol. 192, 189-205.

Falk D. Hominin paleoneurology: where are we now? *Prog Brain Res*. 2012;195:255-72. doi: 10.1016/B978-0-444-53860-4.00012-X. PMID: 22230631.

Foley, R. (1987). Hominid species and stone-tool assemblages: How are they related?. *Antiquity* 61, 380–392.

Fragaszy, D., Izar, P., Visalberghi, E., Ottoni, E. & de Oliveira, M. Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *Am. J. Primatol.* **64**, 359–366 (2004).

Fruth, B., Tagg, N., Stewart, N. (2018). Sleep and nesting behavior in primates: A review. *Am J Phys Anthropol.* 2018;166:499–509.

Fuentes A. (2016). The extended evolutionary synthesis, ethnography, and the human niche: Toward an integrated anthropology. *Curr. Anthropol.*, 57: S13–S26.

Fuentes A. (2017). Human niche, human behaviour, human nature. *Interface Focus*, 7: 20160136.

Gamble C. (2008). *Origins and Revolutions: Human Identity in Earliest Prehistory*. Cambridge University Press, Cambridge.

Gamble, Clive (2014) *Settling the earth: the archaeology of deep human history* , Cambridge: Cambridge University Press

Gibson, K. R. (1986). Cognition, brain size and the extraction of embedded food resources. In J. G. Else, & P. Lee (Eds.), *Primate ontogeny, cognition and social behaviour* (pp. 93e104). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Goodall, J. (1986). *The Chimpanzees of Gombe: Patterns of Behaviour*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.

Gilligan I. (2010). The prehistoric development of clothing: Archaeological implications of a thermal model. *J. Archaeol. Method. Th.*, 17: 15–80.

Haidle, M. N. (2010). Working-memory capacity and the evolution of modern cognitive potential: implications from animal and early human tool use. *Current Anthropology*, 51(S1), S149–S166.

Haidle, M, Bolus, M, Collard, M, et al. (2015). The Nature of Culture: an eight-grade model for the evolution and expansion of cultural capacities in hominins and other animals. *J Anthropol Sci* 93:43-70. <https://doi.org/10.4436/jass.93011>

Hardy B.L., Moncel M.H., Kerfant C., *et al.* (2020). Direct evidence of Neanderthal fibre technology and its cognitive and behavioral implications. *Sci. Rep.*, 10: 4889.

Harmand, S., Lewis, J.E., Feibel, C.S., Lepre, C.J., Prat, S., Lenoble, A., és mtsai. (2015). 3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya. *Nature* 521, 310–315. <https://doi.org/10.1038/nature14464>.

Haslam, M. (2013). ‘Captivity bias’ in animal tool use and its implications for the evolution of hominin technology. *Phil. Trans. R. Soc. B* 368, 20120421.

Haslam, M. (2014). On the tool use behavior of the bonobo–chimpanzee last common ancestor, and the origins of hominine stone tool use. *Am. J. Primatol.* 76, 910–918.

Haslam, M., Hernandez-Aguilar, A., Ling, V., Carvalho, S., és mtsai. (2009). Primate archaeology. *Nature* 460, 339–344. <https://doi.org/10.1038/nature08188>.

Haslam, M. et al. (2016). Archaeological excavation of wild macaque stone tools. *J. Hum. Evol.* 96, 134–138.

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

Hayden B. (2015). Insights into early lithic technologies from ethnography. *Phil. Trans. R. Soc. B* 370: 20140356. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0356>

Henrich, J. (2015). *The secret of our success: how culture is driving human evolution, domesticating our species, and making us smarter*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Herculano-Houzel, S. (2012): Neuronal scaling rules for primate brains: The primate advantage. *Prog. Brain Res.* 195: 325–340.

Hernandez-Aguilar, R. A., Moore, J & Pickering, T. R. (2007). Savanna chimpanzees use tools to harvest the underground storage organs of plants. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 19210–19213. doi: 10.1073/pnas.0707929104

Hernandez-Aguilar, A. (2009). Chimpanzee nest distribution and site reuse in a dry habitat implications for early hominin ranging. *J. Hum. Evol.* 57, 350–364.

Hodder, I. (2012). *Entangled: An Archaeology of the Relationships Between Humans and Things*. Chichester: Wiley-Blackwell.

Hodder I. (2018). Things and the slow neolithic: the Middle eastern Transformation. *Journal of Archaeol. Method Theory*, 25: 155-177.

Hovers, E., Belfer-Cohen, A. Are Lithics and Fauna a Match Made in (Prehistoric) Heaven?. *J Paleo Arch* 3, 108–125 (2020). <https://doi.org/10.1007/s41982-018-0007-9>

Hurcombe, L.M. (2008). Organics from inorganics: using experimental archaeology as a research tool for studying perishable material culture. *World Archaeology*, 40, 83-115.

Hurcombe L. (2014). *Perishable Material Culture in Prehistory: Investigating the Missing Majority*. Routledge, New York.

Huffman, M. A. (2001) Self-medicative behavior in the African great apes: An evolutionary perspective into the origins of human traditional medicine. *Bioscience*, 51. 651-661

Gibson, K. R. (1986). Cognition, brain size and the extraction of embedded food resources. In J. G. Else, & P. Lee (Eds.), *Primate ontogeny, cognition and social behaviour* (pp. 93e104). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

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

Isaac, G. L. (1977). *Olorgesailie. Archeological studies of a Middle Pleistocene lake basin in Kenya* (Chicago, London 1977).

Isaac, G. (1978). The food-sharing behavior of protohuman hominids. *Sci. Am.* 238, 90–108. doi: 10.1038/SCIENTIFICAMERICAN0478-90

Key és mtsai. (2021) Modelling the end of the Acheulean at global and continental levels suggests widespread persistence into the Middle Palaeolithic

Krebs, J.R. és Davies, N.B. (1988). Bevezetés a viselkedésökológiába. Budapest: Mezőgazdasági kiadó.

Kolodny O., Creanza N., Feldman M. W. (2015). Evolution in leaps: the punctuated accumulation and loss of cultural innovations. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 112. 6762–6769.

Kolodny O., Creanza N. & Feldman M.W. 2016. Game-changing innovations: How culture can change the parameters of its own evolution and induce abrupt cultural shifts. *PLoS Comput. Biol.*, 12(12): e1005302.

Konner, M. (2021). Nine Levels of Explanation. *Hum Nat* 32, 748–793
<https://doi.org/10.1007/s12110-021-09414-8>

Koops, K., McGrew, W. C & Matsuzawa, T. (2013). Ecology of culture: do environmental factors influence foraging tool use in wild chimpanzees. *Pan troglodytes verus?* *Anim. Behav.* 85, 175–185. doi: 10.1016/j.anbehav.2012.10.022

Koops, K., Schöning, C., McGrew, W. C & Matsuzawa, T. (2015). Chimpanzees prey on army ants at Seringbara, Nimba Mountains, Guinea: predation patterns and tool use characteristics. *Am. J. Primatol.* 77, 319–329. doi: 10.1002/ajp.22347

Koops, K., Visalberghi, E & van Schaik, C. P. (2014). The ecology of primate material culture. *Biol. Lett.* 10:20140508. doi: 10.1098/rsbl.2014.0508

Kuhn, S. L. (2021). *The Evolution of Paleolithic Technologies*. Routledge: London.

Kühl, H. S., Boesch, C., Kulik, L., Haas, F., Arandjelovic, M., Dieguez, P., et al. (2019). Human impact erodes chimpanzee behavioural diversity. *Science* 363,1453–1455.

Lapuente, J., Hicks, T. C & Linsenmair, K. E. (2017). Fluid dipping technology of chimpanzees in Comoé National Park, Ivory Coast. *Am. J. Primatol.* 79:e22628. doi: 10.1002/ajp.22628

Leakey, M. D. (1971) Olduvai Gorge. Excavations in Beds I & II 1960-1963 (Cambridge 1971).

Lewis, J. E., & Harmand, S. (2016). An earlier date for stone tool making: implications for cognitive evolution and the transition to Homo. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 371(1698), 20150233.

Lombard M. 2011. Quartz-tipped arrows older than 60 ka: Further use-trace evidence from Sibudu, KwaZulu-Natal, South Africa. *J. Archaeol. Sci.*, 38 : 1918–1930.

Luncz, L. V., Mundry, R & Boesch, C. (2012). Evidence for cultural differences between neighboring chimpanzee communities. *Curr. Biol.* 22, 922–926. doi:10.1016/j.cub.2012.03.031

Luncz, L. V & Boesch, C. (2014). Tradition over trend: Neighboring chimpanzee communities maintain differences in cultural behavior despite frequent immigration of adult females. *Am. J. Primatol.* 76, 649–657. doi: 10.1002/ajp.22259

Luncz, L.V., Sirianni, G., Mundry, R & Boesch, C. (2018). Costly culture: differences in nutcracking efficiency between wild chimpanzee groups. *Anim. Behav.* 137, 63–73. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.12.017>.

Luncz LV, Braun DR, Marreiros J, Bamford és mtsai. (2022). Chimpanzee wooden tool analysis advances the identification of percussive technology. *iScience.* 2022 Oct 10;25(11):105315. doi: 10.1016/j.isci.2022.105315. PMID: 36304114

MacLean, E.L., Hare, B. Nunn, C.L., et al. (2014): The evolution of self-control. *PNAS* 111: E2140–48.

Malone, N. (2022). *The Past, Present and Future of Life in the Hominoid Niche*. Routledge: London.

Mascaro, A. és mtsai (2022). The form and function of chimpanzee buttress drumming. *Current Biol.* Vol 32(3) 497-734.

Morjani, P. és mtsai. (2016). Variation in the molecular clock of primates. *PNAS*, vol. 113 (38). 10607–10612.

Matsuzawa, T., Humle, T & Sugiyama, Y. (2011). *The Chimpanzees of Bossou and Nimba*. Tokyo: Springer Science & Business Media. McGrew, W. C. (2004). *The Cultured Chimpanzee: Reflections on Cultural Primatology*. Cambridge: University Press.

Mayr, E. (2003). *Mi az evolúció?* Budapest: Vince Kiadó.

McBrearty, S. és Brooks, A. S. 2000. The revolution that wasn't: a new interpretation of the origin of modern human behavior. *Journal of Human Evolution* 39, 2000, 453–563.

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 WC. 2013 Is primate tool use special? Chimpanzee and New Caledonian crow compared. *Phil Trans R Soc B* 368: 20120422. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2012.0422>

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

Mellars, P. 1989. Major issues in the emergence of modern humans. *Curr. Anthropol.* 30, 349–385.

Mesoudi A. & Thornton A. 2018. What is cumulative cultural evolution? *Proc. R. Soc. B.*, 285: 20180712.

Meulman, E J M; van Schaik, C P (2013). Orangutan tool use and the evolution of technology. In: Sanz, C M; Call, J; Boesch, C. (eds). *Tool Use in Animals. Cognition and Ecology*. Cambridge, UK: Cambridge, University Press, 176-202.

Milks A., Parker D. & Pope M. 2019. External ballistics of Pleistocene hand-thrown spears: Experimental performance data and implications for human evolution. *Sci. Rep.*, 9: 820.

Moncel, M.-H. és Schreve, D. 2016. The Acheulean in Europe: origins, evolution and dispersal. *Quaternary International* 411, Part B, 2016, 1–8.

Morgan, T. J. H., Uomini, N. T. L., Rendell, E. és mtsai. (2015). Experimental evidence for the co-evolution of hominin tool-making teaching and language. *Nat. Commun.* 6, 6029

Muller, A., Clarkson, C. & Shipton, C. Measuring behavioural and cognitive complexity in lithic technology throughout human evolution. *J. Anthropol. Archaeol.* 48, 166–180 (2017).

Muthukrishna M. & Henrich J. 2016. Innovation in the collective brain. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 371: 20150192.

Nowell, A. (2010): Working memory and the speed of life. *Current Anthropology* 51(S1), S121–S133.

Oswalt W.H. (1976). *An Anthropological Analysis of Food-Getting Technology*. John Wiley & Sons, New York.

Parker, S. T. (2015). Re-evaluating the extractive foraging hypothesis. *New Ideas in Psychology*, 37, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2014.11.001>

Parker, S. T., & Gibson, K. R. (1977). Object manipulation, tool use and sensorimotor intelligence as feeding adaptations in cebus monkeys and great apes. *Journal of Human Evolution*, 6(7), 623–641.

Parker, S. T., & Gibson, K. R. (1979). A developmental model for the evolution of language and intelligence in early hominids. *The Behavioral and Brain Sciences*, 2, 367–408.

Pascual-Garrido, A. (2018). Scars on plants sourced for termite fishing tools by chimpanzees: Towards an archaeology of the perishable. *Am. J. Primatol.* 80:e22921. doi: 10.1002/ajp.22921

Pascual-Garrido, A. (2019). Cultural variation between neighbouring communities of chimpanzees at Gombe, Tanzania. *Sci. Rep.* 9:8260.

Panger MA, Brooks AS, Richmond BG, Wood B. (2002) Older than the Oldowan? Rethinking the emergence of hominin tool use. *Evol. Anthropol.* 11, 235–245. (doi:10.1002/evan.10094)

Pargeter J. & Shea J.J. 2019. Going big versus going small: Lithic miniaturization in hominin lithic technology. *Evol. Anthropol.* 28: 72-85.

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.

Plummer, T. (2004). Flaked stones and old bones: biological and cultural evolution at the dawn of technology. *Am J Phys Anthropol.*, 2004, Suppl. 39, 118-164.

Pontzer, H. (2012). Ecological energetics in early Homo. *Curr. Anthropol.* 53,346–358. doi: 10.1086/667402

Pontzer, H. (2017). The crown joules: energetics, ecology, and evolution in humans and other primates. *Evol. Anthropol.* 26, 12–24. doi: 10.1002/evan.21513

Premo, L.S. és Kuhn, S.L. (2010). Modeling Effects of Local Extinctions on Culture Change and Diversity in the Paleolithic

Pruetz, J. D & Bertolani, P. (2007). Savanna chimpanzees, *Pan troglodytes verus*, hunt with tools. *Curr. Biol.* 17, 412–417. doi: 10.1016/j.cub.2006.12.042

Pruetz, J. D., Bertolani, P., Ontl, K. B., Lindshield, S., Shelley, M & Wessling, E. G. (2015). New evidence on the tool-assisted hunting exhibited by chimpanzees (*Pan troglodytes verus*)

in a savannah habitat at Fongoli, Sénégal. *R. Soc. Open Sci.* 2:140507. doi: 10.1098/rsos.140507

Putt, S. S., Wijekumar, R. G. Fraciscus, J. P. Spencer (2017). The functional brain networks that underlie Early Stone Age tool manufacture. *Nat. Hum. Behav.* 1, 0102 (2017).

Read, D. W. Manrique, H. M. Walker, M. J. (2022). On the working memory of humans and great apes: Strikingly similar or remarkably different? *Neurosci. Biobehav. R.* 134, 104496

Reader, S. M., Hager, Y., & Laland, K. N. (2011). The evolution of primate general and cultural intelligence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 366(1567), 1017–1027.

Reader S.M., Morand-Ferron J. & Flynn E. 2016. Animal and human innovation: Novel problems and novel solutions. *Philos. Trans. Royal. Soc. B.*, 371: 20150182.

Reich, D. (2018). *Who We Are and How We Got Here*. Oxford University Press.

Rezek Z., Dibble H.L., McPherron S.P., *et al.* (2018). Two million years of flaking stone and the evolutionary efficiency of stone tool technology. *Nat. Ecol. Evol.*, 2: 628-633.

Richerson, P. J. és Boyd, R. (2005). *Not by genes alone*. Chicago: University of Chicago Press.

Riede F. 2011. Adaptation and niche construction in human prehistory: A case study from the southern Scandinavian Late Glacial. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 366: 793–808.

Rolian, C & 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.

Rutz C, St Clair JJ. 2012 The evolutionary origins and ecological context of tool use in New Caledonian crows. *Behav. Processes* 89.

Sanz C.M. & Morgan D.B. (2007). Chimpanzee tool technology in the Goualougo Triangle, Republic of Congo. *J. Hum. Evol.*, 52, 420–433.

Sanz, C. M & Morgan, D. B. (2009). Flexible and persistent tool-using strategies in honey-gathering by wild chimpanzees. *Int. J. Primatol.* 30, 411–427. doi:10.1007/s10764-009-9350-5

Sanz, C. M & Morgan, D. B. (2013). Ecological and social correlates of chimpanzee tool use. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 368, 20120416. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0416>.

Schick, K.D., Toth, N. (1994). *Making Silent Stones Speak: Human Evolution and the Dawn of Technology*. Simon & Schuster.

Schick, K. és Toth, N. (2006) An overview of the Oldowan industrial complex: the sites and the nature of their evidence. In: N. Toth/K. Schick (eds.), *The Oldowan: case studies into the earliest Stone Age*. (Gosport 2006) 3–42.

Schoch, W.H., Bigga, G., Böhner, U., Richter, P., Terberger, T. (2015). New insights on the wooden weapons from the Paleolithic site of Schöningen. *J. Hum. Evol.* 89, 214–225.

Semaw, S. The world's oldest stone artefacts from Gona, Ethiopia: Their implications for understanding stone technology and patterns of human evolution between 2.6–1.5 million years ago. *J. Archaeol. Sci.* 27, 1197–1214 (2000).

Semaw, S. et al. (2003). 2.6-million-year-old stone tools and associated bones from OGS-6 and OGS-7, Gona, Afar, Ethiopia. *J. Hum. Evol.* 45, 169–177.

Shea J.J. (2009). The impact of projectile weaponry on Late Pleistocene hominin evolution. In J.J. Hublin & M.P. Richards (eds): *The Evolution of Hominin Diets: Integrating Approaches to the Study of Palaeolithic Subsistence*, pp.189–199. Springer Science, Leipzig.

Shea, J. J. (2011). Homo sapiens is as Homo sapiens was. *Current Anthropology*, 52(1), 1–35.

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

Shea J.J. (2017b). *Stone tools in human evolution: behavioral differences among echnological primates*. Cambridge University Press.

Shennan S.J. 2013. Long-term trajectories of technological change. In P. Richerson & M. Christiansen (eds): *Cultural Evolution: Society, Technology, Language, and Religion*, pp. 143-155. MIT Press, Cambridge, MA.

Shumaker, R. W., Walkup, K. R., Beck, B. B., & Burghardt, G. M. (2011). *Animal tool behavior: The use and manufacture of tools by animals*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

Sirianni, G., Mundry, R. & Boesch, C. (2015). When to choose which tool: multidimensional and conditional selection of nut-cracking hammers in wild chimpanzees. *Anim. Behav.* **100**, 152–165.

Stewart, F., Piel, A. & McGrew, W. C. (2011). Living archaeology: artefacts of specific nest site fidelity in wild chimpanzees. *J. Hum. Evol.* **61**, 388–395.

Smith, E. O., & Bentley-Condit, V. (2010). Animal tool use: Current definitions and an updated comprehensive catalog. *Behaviour*, 147(2), 185–32A.

Smith E.A. 2011. Endless forms: Human behavioural diversity and evolved universals. *Philos. Trans. Royal. Soc. B.*, 366: 325–332.

Smith E.A. 2013. Agency and adaptation: new directions in evolutionary anthropology. *Annual Rev. Anthropol.*, 42: 103-120.

Smith, B.D. & Zeder, M.A., 2013. The onset of the Anthropocene. *Anthropocene*, 4, 8-13.

Snyder WD, Reeves JS, Tennie C. Early knapping techniques do not necessitate cultural transmission. *Sci Adv.* 2022 Jul 8;8(27):eabo2894. doi: 10.1126/sciadv.abo2894. Epub 2022 Jul 6. PMID: 35857472; PMCID: PMC9258951.

Sommer, V., Buba, U., Jesus, G & Pascual-Garrido, A. (2012). Till the last drop. Honey gathering in Nigerian chimpanzees. *Ecotropica* 18, 55–64.

Stout, D. (2011). Stone toolmaking and the evolution of human culture and cognition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 366 (1567), 1050-1059.

Stout, D. Semaw, S. (2006). Understanding Oldowan knapping skill: An experimental study of skill acquisition in modern humans, in *The Oldowan: Case Studies into the Earliest Stone Age*, N. Toth, K. Schick, Eds. (Stone Age Institute Press, 2006), pp. 307–320.

Stout, D. Chaminade, T. (2007). The evolutionary neuroscience of tool making. *Neuropsychologia* 45, 1091–1100 (2007).

Stout, D., Toth, N., Schick, K., et al. (2008). Neural correlates of Early Stone Age toolmaking: Technology, language and cognition in human evolution. *Philosophical Transactions of The Royal Society B.*, 363 (1499):1939-49.

Stout, D. Passingham, R. Frith, C. Apel, J. Chaminade, T. (2011). Technology, expertise and social cognition in human evolution: Technology and cognition in human evolution. *Eur. J. Neurosci.* 33, 1328–1338

Szabó L, Bereczkei T. (2021). The Equipment of the Tyrolean Iceman: Innovation versus Adaptation in the Cultural Evolution of Prehistoric Technologies. *J Anthropol Sci.* 2021 Jun 4;99:61-82. doi: 10.4436/JASS.99004. Epub ahead of print. PMID: 34106088.

Szabó, L., & Bereczkei, T. (2022). Az evolúciós pszichológia paradigma újragondolása: A továbblépés irányai, *Magyar Pszichológiai Szemle*, 77(3), 405-430. doi: <https://doi.org/10.1556/0016.2022.00031>

Taylor, T. F. (2010). *The Artificial Ape: How technology changed the course of human evolution*. New York: Palgrave MacMillan.

Tennie CL., Premo S., Braun DR., McPherron SP. (2017): Early stone tools and cultural transmission: Resetting the null hypothesis. *Curr. Anthropol.* 58(5):652-672.

Tomasello, M. (1999). The human adaptation for culture. *Ann. Rev. Anthropol.* **28**, 509–529.
<https://doi.org/10.1086/693846>

Tomasello, M. (2003) *Az emberi gondolkodás eredete*. Budapest: Osiris.

Toth, N., Schick, K. (2018). An overview of the cognitive implications of the Oldowan Industrial Complex. *Azania: Archaeological Research in Africa*, 53, 3-39.

Upham, N. S., Esselstyn, J. A., & Jetz, W. (2019). Inferring the mammal tree: Species-level sets of phylogenies for questions in ecology, evolution, and conservation. *Plos Biology*, 17(12), e3000494.

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

van Schaik, CP van Noordwijk, MA. Wich, SA. (2006) Innovation in wild Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus wurmbii*). *Behaviour* 143:839–876.

Villmoare, B., Kimbel, W.H., Seyoum, C. Campisano, C., DiMaggio, E., Rowan, J., Braun, D.R., Arrowsmith, J. and Reed, K. (2015). Early Homo at 2.8 Ma from Ledi-Geraru, Afar, Ethiopia.” *Science* 347: 1352–1355.

Whiten, A. (2016). The Evolution of hominin culture and its ancient pre-hominin foundations. In: Haidle, M. N., Conard, N. J., Bolus, M. (Eds.): *The nature of culture*. (Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series), Dordrecht: Springer.

Whiten A. Culture extends the scope of evolutionary biology in the great apes. (2017). *Proc Natl Acad Sci U S A.* 114(30):7790-7797

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

Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Nishida, T., Reynolds, V., Sugiyama, Y., et al. (2001). Charting cultural variation in chimpanzees. *Behaviour* 138, 1481–1516. doi: 10.1163/156853901317367717

Whiten, A. és Erdal, D. E. (2012). The human socio-cognitive niche and its evolutionary origins. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B*, 367 (1599), 2119-2129.

Wilfried, E. E. G & Yamagiwa, J. (2014). Use of tool sets by chimpanzees for multiple purposes in Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *Primates* 55, 467–472. doi: 10.1007/s10329-014-0431-5

Wilkins, J. Benjamin J. Schoville, B. J., Brown, K. S. (2014). An Experimental Investigation of the Functional Hypothesis and Evolutionary Advantage of Stone-Tipped Spears. *PLoS ONE*, 2014: 9 (8), 17-21.

Wood, B., & Boyle, E. K. (2016). Hominin taxic diversity: fact or fantasy? *American Journal of Physical Anthropology*, 159(S61), 37–78.

Wrangham, R.W. 2009. *The Goodness Paradox*. Basic Books, New York.

Wrangham R, Cheney D, Seyfarth R, Sarmiento E. (2009). Shallow-water habitats as sources of fallback foods for hominins. *Am J Phys Anthropol*. 2009 Dec;140(4):630-42. doi: 10.1002/ajpa.21122. PMID: 19890871.

Wynn, T. (2002). Archaeology and cognitive evolution. *Behavioral and Brain Sciences*, 25:389–402.

Wynn, T., Hernandez-Aguilar, R. A., Marchant, L. F. & McGrew, W. C. (2011). ‘An ape’s view of the Oldowan’ revisited. *Evol. Anthropol.* 20, 181–197

Zeder, M.A. 2009. The Neolithic macro-(r)evolution: Macroevolutionary theory and the study of culture change. *J. Archaeol. Res.* 17: 1–63.

Zink KD, Lieberman DE. (2016). Impact of meat and Lower Paleolithic food processing techniques on chewing in humans. *Nature* 531:500-503.