

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

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. Bevezetés: A technológiai viselkedés evolúciós eredete	6
2. Az eszközhasználat pszichológiai és kognitív evolúciós háttere	26
3. A pattintott kőeszköz technológiák használatának evolúciós története	53
4. Az organikus technológiák evolúciós szerepe: a csimpánzok eszközhasználata	70
5. A csimpánzok eszközhasználata, mint a korai Hominin technológiai viselkedés modellje	85

II. RÉSZ

* *

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

6. A csimpánzok és a technológiai viselkedés három adaptív területe	99
7. Adaptív diverzitás a csimpánz eszközhasználat három területén belül	124

8. A Hominin technológiai viselkedés evolúciója:	
a kőeszközök megjelenését megelőző fázis	134
9. A Hominin technológiai viselkedés negyedik adaptív területe:	
a másodlagos technológiák	148
10. Egy általános modell:	
a technológiai viselkedés evolúciója négy adaptív területen	167

III. RÉSZ

* * *

TECHNOLÓGIAI EVOLÚCIÓ NÉGY ADAPTÍV TERÜLETEN: ÖSSZEGZÉS ÉS KITEKINTÉS

11. Az <i>ENAT</i> modell alkalmazása:	
technológiai evolúció a korai Pleisztocéntól a Holocénig	183
12. A négy adaptív terület modell relevanciája és hozadékai	207
 Bibliográfia	 213

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

1. fejezet

Bevezetés: A technológiai viselkedés evolúciós eredete

{Introduction: Evolutionary origins of technological behaviour }

Mikor a főemlősök nagy sorozatának valamely ősi tagja élelme megszerzésének módjában, vagy az őt körülvevő természeti viszonyokon beállott változás következtében kezdett leszokni a fán éléstről, természetesen módosult testmozgása is, és vagy szigorúan véve négy lábúvá vagy kétfő lábúvá vált.(...) Azonban a kéz és a kar sosem tökéletesedhetett volna annyira, hogy fegyvert kovácsoljon, kővel és lándzsával célba találjon, míg rendszeresen helyváltoztatásra szolgált, és a test egész súlyát viselnie kellett (...) Az egész állatvilágra érvényes fiziológiai munkamegosztás elvével összhangban, abban a mértékben, ahogy kéz egyre tökéletesebbé vált a fogásra, a lábnak is egyre tökéletesebbé kellett válnia a testsúly viselésére és a helyváltoztatásra.

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}

Általánosan elfogadott feltevés, hogy a technológiai viselkedés kialakulása meghatározó hatást gyakorolt a humán evolúció folyamatára, 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 legtöbbször 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. 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 a főemlős eszközhasználatról kezdve, a korai *Hominin*¹ fajok technológiai viselkedésén át, a közelmúltban élő vadászó-gyűjtögető kultúrák által használt technológiákig bezárólag követi nyomon a technológiai változás folyamatát.

Az elsődleges 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 használható, 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.

¹ A *Hominini* a főemlősök rendjén belül, a *Hominidae* (hominidák, vagyis a nagy emberszabásúak) öregcsaládjának az a nemzetség ága (tribus), amelyhez az ember is sorolható.

A *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.

Ezért 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 azonban az állati eszközhasználatnak a közelmúltban is számos, részben eltérő definíciója került alkalmazásra (Smith és Bentley-Condit, 2010; Shumaker és mtsai, 2011; McGrew, 2013) – addig 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:

- 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 átmeneteből álló viselkedési spektrum végpontjainak tekintse (Mangalam és mtsai, 2022),
- 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 fitneszt (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; Binford, 1962). A fenti definíció tartományán belül azonban nem csak az emberi, hanem 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 (Kun, 2017; 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; Shennan, 2013) 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 (White, 1959; Binford, 1962), másrészt azt feltételezi, hogy ezek a viselkedések adaptív funkciót is hordoznak, vagyis növelhetik az egyes egyedek inkluzív fitnessét (Shennan, 2013; Smith, 2011). Ugyanez a definíció egyúttal azonban 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

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.

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.

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 orrtükrök 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 *Hominidae* 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 (nemzettséget) foglal magába: egyrészt a csimpánzokat (genusz *Pan*), másrészt az emberféléket (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).

Mindez 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

Mindezek 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-Conditt 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 nemzettsége közül csupán csak 4 nemzettségben (*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

nemzettségek 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 lombkoronaszintjén 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 (Heldstab és mtsai, 2020)
- a fejlett térlátás és kiterjedtebb látókérgi terület
- az emlősök minden más rendjénél összetettebb, magasabb számú agykérgi régiót tartalmazó agy, és a magasabb agyi neuronszámból eredő magasabb intelligencia (Herculano-Houzel, 2012 és 2016).

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 mindezek ellenére is, 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 vizsgálatait (Barrett és mtsai, 2018). E két állatcsoport kutatásának az

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.

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 (Rutz és St Clair, 2012)
- (2) szoros, diádikus szülő-utód kapcsolat: az utódok hosszú időtartamú gondozása elegendően hosszú időt ad számukra az eszközhasználat megtanulására (Carvajal és Schuppli, 2022)
- (3) faj életmódján belül a talajszinten töltött időtartam megnövekedése: ez a tényező értelemszerűen a főemlős fajoknál fontosabb, mivel lehetővé teszi a kezek szabad használatát (Meulman és van Schaik, 2013)
- (4) az időszakos szárazság miatt korlátozott élelemforrások: az elérhető források beszűkülése szükségessé teszi minden lehetséges forrás kiaknázását, akár eszközhasználat útján is (Barrett és mtsai, 2022)
- (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 (Melin és mtsai, 2022).

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, 1977; 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 most következő alfejezetekben egy olyan általános elemzést mutatok be, amely az eszközhasználat, mint filogenetikus eredetű sajátosság előfordulásának gyakoriságát a fajok szintjén vizsgálja, egyrészt a ma élő, recens emberszabásúak (Hominidae), másrészt a már kihalt emberfélék (Hominini) fajainak a körében.

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 felsorolt három közül két genuszban is megtalálható a rendszeres jellegű, ismétlődő technológiai viselkedés (Rolian és Carvalho, 2017; McGrew, 2013; van Scaik, 2016). E viselkedési sajátosság filogenetikus előfordulása így a következő:

- a gorillák két fajánál a vadonban teljesen hiányzik;
- az orangutánok három fajából kettőnél jelenik meg;
- 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. A fajok (n= 7) szintjén vizsgálva, viszont már alacsonyabb, 42,8% a rendszeres eszközhasználatnak, mint viselkedési jellegnek az előfordulási gyakorisága.

Összességében, a technológiai viselkedés filogenetikus előfordulási gyakorisága tehát a nagy emberszabásúak kládján belül lényegesen magasabb, mint e sajátosságának a főemlősök rendjének egészén belüli előfordulási gyakorisága (lásd: 1.2 lfejezet). 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 részletesebben is megvizsgáljuk az eszközhasználat megjelenését, akkor jóval nagyobb mértékű esetlegességet és jelentős különbségek mutathatóak ki egyrészt a három fajcsoport között is, és másrészt 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 lombkorona 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).

Az eszközhasználat fent részletezett eltéréseit a filogenetikus előfordulási gyakoriság szintjén összesítve, a ma élő emberszabásúak esetében (ahogy azt fentebb már összesítettem) tehát az alábbi értékeket kapjuk

-orangutánok (Ponginae): 3 faj / 2 (előfordulási gyakoriság: 0,66)

-gorillák (Gorillini): 2 faj / 0 (előfordulási gyakoriság: 0,0)

-csimpánzok (Panini): 2 faj / 1 (előfordulási gyakoriság: 0,5)

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

Mindez úgy összegezhető, hogy a recens 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, 2014). Ez arra utal, hogy e fajok nagyon hasonló manuális, szenzoros, motoros és kognitív képességekkel rendelkeznek, ami lehetővé teszi számukra a magas szintű, kifinomult tárgymanipulációt (lásd később: 2. fejezet).

Összegezve, a technológia (eszközhasználat), mint viselkedési adaptáció tehát nem általános vonásként, inkább esetlegesen előforduló, eseti sajátossággként 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.

7

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.

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.

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 régészeti 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. floresiensis*-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

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 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: 3. fejezet)

- a *Homo* genuszhoz az említett kilenc fajon kívül, néhány további, két millió évnél idősebb faj is tartozik (lásd itt, alább: 1.5. alfejezet).

- a legkorábbi, Lomekwian és Oldowan tradíciókhoz tartozó kőeszközök a *Homo* genusz két millió évesnél idősebb fajai mellett, több más Hominin genusz fajával, így a *Paranthropus*, és az *Australopithecus* 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 előfordulás 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 előfordulás 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 időszaka: a filogenetikus folytonosság középpontba állítása

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

Az 1.3 – 1.4 alfejezetekben, a technológiai viselkedés megjelenésének az emberszabásúak (Hominidae) családján belül a fajok szintjén kimutatható filogenetikus elterjedését elemeztem, majd ennek alapján a technológiai evolúció két nagy fázisának (állapotának) a hipotetikus elkülönítésére tettem javaslatot:

1): az esetleges előfordulás állapota: néhány Hominida, illetve korai Hominin faj eljut az eszközhasználatig, mint viselkedési adaptációig –más, ezekkel egyidejűleg, és akár azonos régióban élő fajok (szimpatikus 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 időszaka 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. A második nagy időszakot, amelyet itt hipotetikusán mint „az általános előfordulás állapotát” definiáltam, ugyanis viszonylag részletesen ismerjük, a régészeti leletként nagy mennyiségben megőrződött kőeszköz technológiákon keresztül (lásd majd: 3. fejezet). Ezzel szemben, a technológiai evolúció hagyományos, kizárólagosan a kőeszköz

technológiákat tanulmányozó modelljei az általam itt fent definiált első időszakot, vagyis „az esetleges előfordulás állapotát” nagyrészt figyelmen kívül hagyják, mivel erre a több millió éves átmeneti időszakra vonatkozóan sem közkegy leletek, sem más régészeti információforrás nem áll rendelkezésre. Ezért a jelen Diszsertáció végső célja egy olyan, a komparatív filogenetikus megközelítés alkalmazására épülő, egységes elméleti és fogalmi keret bemutatása lesz. Ez a keret pedig remélhetőleg egyaránt alkalmas lehet egyrészt a Hominin technológiai evolúciónak az itt, az 1. fejezetben definiált átmeneti fázisának a leírására is, - másrészt a technológiai evolúció ezt követő újabb, a legkorábbi kőeszköztechnológiák megjelenésével kezdődő fázisának a tanulmányozására is.

2. fejezet

Az eszközhasználat pszichológiai és kognitív evolúciós háttere

{ The psychological and cognitive evolutionary background of tool use }

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)

2.1. Az eszközhasználat pszichológiai alapjai

{The psychological foundations of tool use}

Az előző fejezet egy átfogó képet adott a technológiai viselkedés filogenetikus eredetéről, azonban eszközhasználat kialakulása egyúttal a kognitív képességek ezzel párhuzamosan lezajló, együttes evolúcióját is feltételezi. Ennek megfelelően, itt a 2. fejezetben áttekintést nyújtok a technológiai viselkedésért felelős pszichológiai és kognitív mechanizmusokról, és azok evolúciójáról:

- először az eszközhasználaton, illetve a nem-használaton (saját testtel kivitelezett viselkedések) alapuló viselkedések pszichológiai hátterének a különbségeit hasonlítom össze (2.1 alfejezet)
- majd egy újabb összehasonlítás keretében, az önmagában vett eszközhasználatért, illetve a technológiai evolúcióval járó eszközhasználatért felelős kognitív képességeket tárgyalom (2.2)
- végül a technológiai evolúció beindulásának a feltételét jelentő két alapvető viselkedésforma, az innovativitás (2.3) és a kulturális tanulás (2.4 – 2.5) evolúciójának a témakörét tekintem át.

Az eszközhasználat egy olyan összetett viselkedési stratégia, mely az állatvilágban széleskörben elterjedt (Biro, Haslam és Rutz, 2013; Shumaker és mtsai, 2011), amelynek lényege, hogy az eszköz a „közvetítő felület” (interface) szerepét tölti be az egyed és a cselekvésének céltárgya közötti interakciók során (Mangalam és mtsai, 2022). Az eszközök használata, mint viselkedésmód révén az élőlények közvetett, mechanikus (fizikai) hatást gyakorolhatnak a környezetükre, illetve annak egyes tárgyaira (Fragaszy és Mangalam, 2018; Osiurak, 2017).

Ugyanakkor mivel az eszközhasználat nem kizárólagosan humán fajspecifikus sajátosság, számos állati formája is van, így az e viselkedési mód alapját jelentő pszichológiai mechanizmusok egy komparatív pszichológiai megközelítésben is vizsgálhatóak (Vonk és Shackelford, 2012; Tomasello és Call, 1997). Egy további fontos szempont, hogy az eszközhasználatnak számos olyan formája is van, amely nem igényel specifikusabb vagy magasabb szintű kognitív képességeket, mint más, csak a saját test használatán alapuló viselkedések (Mangalam és mtsai, 2022). Így a technológiai viselkedésért felelős pszichológiai mechanizmusok tárgyalása során érdemes lehet egy olyan általános felosztást alkalmazni, amely két átfogó területet, a nem-kognitív, illetve a kognitív pszichológiai folyamatok területét különbözteti meg, ezáltal is elkerülve az egyoldalú antropocentrizmust.

Ami az előbbi, azaz a nem-kognitív pszichológiai mechanizmusok területét illeti, azok a szenzomotoros (másik kifejezéssel perceptuo-motoros) képességek tartoznak ide, amelyek az eszközhasználatához, mint tárgymanipulációhoz szükségesek, és amelyek a test mozgásának irányításában és koordinálásában vesznek részt. A főemlősök és emberek esetében a testnek azt az anatómiai részét, amely a tárgymanipuláció kivitelezését elsődlegesen végrehajtja, a kezek jelentik (Parker és Gibson, 1977; Heldstab és mtsai, 2020). A tárgy manipuláció képességének alapját jelentő szenzomotoros intelligencia evolúciójára vonatkozó legismertebb elmélet a Parker és Gibson (1977) nevéhez kapcsolódó kinyeréses gyűjtögetés (*extractive foraging*) hipotézis jelenti (lásd még: Gibson, 1986, Parker, 2015). Ez a modell a szenzomotoros képességeknek a főemlősök rendjén belül lezajló ontogenetikus és filogenetikus fejlődését a Piaget féle gyermekkori szenzomotoros fejlődési fázisok alapján kategorizálta (Parker, 2015), - és ily módon a tárgymanipulációs képességek fokozatos evolúcióját feltételezte a főemlős-evolúció folyamán.

A tárgymanipuláció területén fennálló főemlős - humán folytonosság pontosabb megértése szempontjából különösen tanulságosak a tárgyak eszköz funkcióban való használatáért felelős szenzomotoros funkcióknak a neurológiai és neuroanatómiai kutatásából származó eredmények (Stout és mtsai, 2011; Stout és Hecth, 2017). Így például, ami az eszközhasználatot kísérő neurális folyamatokat illeti, a trenírozott japán makákókkal (*Macaca fuscata*) végzett kutatásokból származó adatok szerint, az eszközhasználatra olyan általános neurális aktivitási mód a jellemző, amely már a főemlősöknél is kimutatható (Maravita és Iriki, 2004). Ennek alapelve, hogy mind a saját test (karok) használatával végzett, mind az eszközzel kivitelezett tárgyfelismerés neurális reprezentációja ugyanazoknak az intraparietális agykérgi régióban lokalizálható bimodális (szomatozenzoros és vizuális stimulusokat is feldolgozó) idegsejteknek az aktivációja útján jön létre. A neurális működés szintjén tehát a tárgyfelismerésre használt eszközök nem test-idegen tárgyként, hanem sokkal inkább az egyed saját „test-sémájába” integrálva, a saját test (a karok) kiterjesztéseként kerülnek feldolgozásra (Maravita és Iriki, 2004).

Ami a második nagy területet, azaz a kognitív pszichológiai mechanizmusokat illeti, itt egyrészt az eszközhasználat kivitelezéséért felelős végrehajtó funkcióknak (figyelem, önkontroll, válaszgátlás), másrészt a tanulási és emlékezeti folyamatoknak van meghatározó szerepe (Stout és Hecth, 2017; Wynn és Coolidge, 2007; Bruner és Colom, 2022; Navarrete és mtsai, 2016). Feltételezhetően ez utóbbiak biztosítják az arra vonatkozó információkat, hogy mikor és hol (viselkedési kontextus), illetve hogyan (cselekvés megvalósítása) kerülhet sor az eszközhasználatra (Carvajal és Schuppli, 2022; Rappaport és Brown, 2008). Továbbá szükség van a különböző tárgyak, így maguk az eszközök, illetve a céltárgyak (például a táplálék) fizikai sajátosságainak a felismerése és megértésére is. A humán kogníció esetében az ilyen fizikai ismeretek Spelke és Kinzler (2007) magtudás elmélete szerint nagyon korán, már 1 éves kor körül megjelennek, és nem kapcsolódnak specifikusan és kizárólagosan az eszközhasználatához. Feltételezhető, hogy a legtöbb állatfaj szintén rendelkezik ehhez hasonló, veleszületett, vagy korán kialakuló intuitív tudással a fizikai tárgyakra vonatkozóan. Végül az eszközhasználat egy további pszichológiai feltétele az oksági következtetés, és azon **belül** is elsősorban a fizikai és mechanikai oksági következtetés (Osiurak és Reynaud, 2020), ami lehetővé teszi a végrehajtott cselekvések következményeinek, így az eszköz és a céltárgy között lejátszó fizikai interakciók következményeinek a megértését (Osiurak, 2017; Mangalam és mtsai, 2022).

Ahogy az talán a két nagy terület fenti áttekintésből is látható, egy filogenetikus elméleti perspektíván belül a fő kérdést az jelenti, hogy vannak e-, és ha igen, akkor melyek az eszközhasználattal specifikusan is összekapcsolódó pszichológiai mechanizmusok az emberi, illetve az állati kogníció esetében (a kérdésre adható lehetséges válaszok bővebb áttekintését lásd: Mangalam és mtsai, 2022). A felsorolt kognitív képességek ezirányú szerepének pontosabb megértése szempontjából hasznos lehet összehasonlítani egymással néhány főemlős faj példáján keresztül az azonos funkciójú, de eszközhasználatot nem igénylő (csak-testi) viselkedéseket, illetve az eszközhasználatot is igénybevevő viselkedést. Ezt az összehasonlítást itt a nagy emberszabásúak a táplálkozás területéhez kötődő viselkedési módjainak példáján keresztül tárgyalom. Ugyanis egyrészt, mind a csimpánzok, mind az orangutánok alkalmazzák az eszközhasználatot, így botokat vagy köveket néhány meghatározott fajú növényi termés feltörésére, felbontására (McGrew, 2013; Hunt, 2020). Másrészt, ezek az emberszabásúak nagyszámú másféle (más fajú) növényi termést és gyümölcsöt is fogyasztanak semmiféle eszközhasználatot nem igénylő módokon is. Ezért releváns az a kérdés, hogy mely kognitív képességek tekintetében feltételezhetünk hasonlóságokat és különbségeket e kétféle táplálkozási mód, tehát az eszközök használata, illetve nem-használata esetében. Egy ilyen összehasonlításhoz jól használható Rappaport és Brown (2008) felosztása, akik szerint a főemlősök táplálkozásához szükséges kognitív képességeket a feladatok három csoportjához köthetjük: így 1) a táplálék felismeréhez, 2) a táplálék térbeli felkutatásához, és 3) a táplálék feldolgozásához szükséges képességeket érdemes megkülönböztetni.

Ami a kétféle, a csak-testi viselkedésen, illetve az eszközhasználaton (test - plusz eszköz) alapuló táplálkozási mód kognitív hasonlóságait illeti, ezek a feladatok fenti három csoportja közül főleg az első kettőhöz (felismerés, felkutatás) köthetőek. Ugyanis a tanulási és emlékezeti folyamatok egy része esetében nincs okunk jelentős eltéréseket feltételezni: mindkét említett táplálkozási módhoz szükség van a fogyasztott növényfajok és azok terméseinek tulajdonságainak felismerésére, kategorizációjára, a termőfák térbeli lokalizációjának megtanulására és memorizálására, és a termések érési időszakának (évszakának) a memorizációjára (Goodall, 1986; Rappaport és Brown, 2008; Carvajal és Schuppli, 2022).

Ami pedig a csak-testi viselkedésen, illetve az eszközhasználaton alapuló táplálkozási mód között fennálló kognitív különbségeket illeti, az új képességek evolúciós megjelenését tehát

elsősorban a táplálkozáshoz kapcsolódó kognitív feladatok harmadik területén, a táplálék feldolgozás területén feltételezhetjük. Ez azért van így, mert a felkutatás és felismerés fázisai után csak ekkor, vagyis a táplálék feldolgozás során kerül sor az aktív eszközhasználatra. E területen a főemlősökre jellemző összetett eszközhasználat így egyrészt számos, specializált nem-kognitív (szenzomotoros) pszichológiai adaptációval összekapcsolható, melyek a hatékony tárgymanipulációt lehetővé teszik (lásd fentebb, továbbá Gibson és Parker, 1977; Parker, 2015; Melin és mtsai, 2022), beleértve a kezek és ujjak pontosabb motoros kontrollját (Heldstab és mtsai, 2020) is.

Másrészt az aktív eszközhasználatnak (illetve néhány fajnál, így a csimpánzoknál és orangutánoknál, az eszköz-készítésnek) a megjelenése a főemlősöknél egy specializált kognitív funkcióval, az oksági következtetéssel is összekapcsolható. Az eszközhasználat során ugyanis az eszköz, mint tárgy fizikai hatást gyakorol egy másik tárgyra (a céltárgyra), és megváltoztatja annak állapotát, illetve fizikai integritását vagy térbeli helyzetét. Az eszközhasználat, mint viselkedés tehát alapvetően feltételezi a különböző tárgyak között kialakuló oksági kapcsolatok, elsősorban a fizikai oksági hatások megértését (Mangalam és mtsai, 2022; Fragaszy és Mangalam, 2018; Osiurak, 2017).

Végül az eszközhasználatához specifikusan is kapcsolódó kognitív funkciók között szükséges megemlíteni a szociális kognícióhoz sorolható, a csoporttársak között az eszközhasználat elsajátítását lehetővé tevő kognitív-viselkedéses mechanizmusokat (emuláció, utánzás, tanítás). Ezekre a mechanizmusokra összefoglalóan a kulturális tanulás (vagy szociális tanulás) fogalma használható (Singh és mtsai, 2021), - mely témakört azonban később a 2.4. alfejezetben külön is tárgyalok majd.

Összegezve, ahogyan az ebben az alfejezetben nyújtott áttekintés is mutatja, az eszközhasználat megjelenése nagyszámú, részben szenzomotoros (nem-kognitív), részben pedig kognitív pszichológiai mechanizmus együttes működését feltételezi. Ezeknek azonban csak egy része kapcsolódik specifikusan is az eszközhasználatához, mint kitüntetett viselkedési módhoz (Mangalam és mtsai, 2022). Mindennek megfelelően, a technológiai viselkedés pszichológiai alapjainak magyarázatához olyan integratív elméleteknek a kialakítására van szükség, amelyek képesek leírni a különböző pszichológiai mechanizmusok együttműködését, és lokalizálni az e mechanizmusokat működtető agyterületeket és agyi hálózatokat is (Osiurak és Reynaud, 2020). Ugyanakkor az eszközhasználat kognitív evolúciójának számos korábbi,

nem integratív irányultságú, egyetlen kognitív képességet kiemelő elmélete is van. Ilyen egyedi képességek a „mentális időutazás” (az események jövőbeni kimeneteleinek elképzelése, lásd: Corballis, 2019), a nyelvi információ átadás képessége (Morgan és mtsai, 2015), vagy a munkamemória (Wynn és Coolidge, 2007). Az ilyen egyetlen kognitív tényező elméletek egyik hátránya, hogy csak az összetett emberi eszközhasználat megértése során alkalmazhatóak, de hatókörük sem az állati eszközhasználat, sem pedig az emberi eszközhasználathoz elvezető kognitív evolúciós átmenetek magyarázatára nem terjed ki.

A fenti korlátok következtében, a kognitív evolúció leírásában egyre nagyobb szerepet kell, hogy kapjanak az integratív, több tényező pszichológiai elméletek (Csathó, 2016). Ezeknek egyaránt figyelembe kell venniük az eszközhasználatban részt vevő neuronális folyamatokat, szenzomotoros adaptációkat, és a különböző kognitív funkciókat, köztük a szociális kogníció kulturális tanuláshoz szükséges mechanizmusait. Egy ilyen, közelmúltbeli elmélet a „technikai következtetések hipotézise” (Osiurak és mtsai, 2020; Osiurak és Reynaud, 2020; Mangalam és mtsai, 2022), mely az eszközhasználatot négy fő kognitív területre vezeti vissza. Ezek közül az első és legalapvetőbb a technikai következtetések (*technical reasoning*) képessége, amely maga is több képességből épül fel, így az oksági következtetés, az analogikus következtetés és a tárgyak mechanikus (fizikai) tulajdonságainak non-verbális megértéséből. A másik három fő kognitív képességet pedig a motoros kontrol, a szemantikus memória, és a tervezés képviselik, melyek viszont a technikai következtetés képességével ellentétben, nem kapcsolódnak össze kizárólagosan az eszközhasználat területével. Egy másik, hasonlóan integratív irányultságú elmélet Stout és Hecht (2017) perceptuális motoros hipotézise (*perceptual motor hypothesis*), mely a kognitív funkciók még szélesebb körének a többszörösen összekapcsolódó együttműködésére vezeti vissza az eszközhasználatot és technológiai viselkedést.

2.2. A technológiai evolúció kognitív háttere

{The cognitive background of technological evolution}

Mint az előző alfejezetben láttuk, az eszközhasználatra épülő viselkedési módok számos pszichológiai képesség meglétét feltételezik. Ugyanakkor e képességeknek (vagy ezek analógiáinak) a nagy része nem tekinthető humánspecifikusnak, mivel számos nem-emberi fajnál (főleg a madarak és emlősök körében) is megfigyelhetőek az eszközhasználat esetei.

Mindazonáltal, az eszközhasználatnak a viszonylag széles körű filogenetikai előfordulásával ellentétben, a technológiai evolúció jelensége viszont kifejezetten ritka az állatvilágban (Boyd és Richerson, 1996; Henrich és Tennie, 2017). A technológiai evolúció feltétele ugyanis a kumulatív kulturális evolúció megjelenése (Tomasello, 1999 és 2003; Tomasello és mtsai, 1993; Mesoudi és Thornton, 2018). A kumulatív kulturális evolúció egy olyan, a társas (kulturális) információ átadáson alapuló emergens folyamat, amely két fő folyamatot foglal magába: egyrészt az új innovációk kialakítását, másrészt a használatuk több generációra kiterjedő elsajátítását, amelynek során lezajlik a korábbi innovációk módosítása, rekombinációja és továbbfejlesztése (Richerson és Boyd, 2005). A kulturális evolúciónak ez a folyamata az emberi viselkedés több különböző területén is megjelenik, így a technológiák mellett a nyelvek, vallások, tudomány, és az intézmények kulturális evolúciójáról is beszélhetünk (Richerson és Christensen, 2013).

A kumulatív kulturális evolúció fent leírt koncepciójának tehát alapvető jelentősége van a technológiai evolúció kognitív pszichológiai magyarázata szempontjából is. A technológiai evolúció önmaga is alapvetően a kumulatív kulturális evolúció egyik alterülete, azaz megvalósulási módja az eszközhasználat közegén belül (Shennan, 2013). A technológiai evolúció tehát egy olyan emergens jelenség, amely az eszköz használat egy evolúciós újdonságnak tekinthető módozata is egyúttal (Osiurak és Reynaud, 2020). Ezért ebben az alfejezetben megkülönböztetem egymástól az eszközhasználatnak e két módozatát:

- 1) **eszközhasználat önmagában véve, technológiai evolúció nélkül:** e módozat esetében egy adott faj technológiai repertoárja egy-két eszközhasználati módra korlátozódik, az eszköztípusok és a viselkedések alapvető változásai nélkül;
- 2) **az eszközhasználat technológiai evolúcióhoz vezető módozata:** az eszköztípusok és a viselkedések területén kvalitatív és kvantitatív időbeli változások mutathatóak ki (a technológiai repertoár bővülése, új eszköztípusok vagy viselkedések megjelenése, nagyobb hatékonyság).

A legalapvetőbb különbség tehát a két módozat, vagyis az állatvilágban előforduló önmagában vett eszközhasználat, illetve a humánspecifikus technológiai evolúcióval járó eszközhasználat között a technológiai repertoárok tekintetében áll fenn. Míg a nem-humán fajoknál a repertoár elemeinek (az eszköztípusoknak és eszközhasználati módoknak) a száma erősen korlátozott és nem bővül, addig az emberi technológiai repertoárjaiban folyamatosan

új elemek (új variánsok) jelennek meg, akár a korábbiak mellett, akár azokat kiszorítva. Az eszközhasználat feni első módozata általában véve megfelel a különböző állatfajok eszközhasználati sajátosságainak, a második módozatnak viszont az élővilágban ismert egyetlen nem vitatott példáját az emberi technológiák jelentik (Henrich és Tennie, 2017; Tennie és mtsai, 2017). E szabály alól egyetlen jelentős kivétel van, a csimpánzok (*Pan troglodytes*) technológiai repertoárjai ugyanis hasonlóságokat mutatnak az emberi repertoárokkal, mind az elemek számát tekintve, mind abban, hogy az egyes csoportokon belül eltérő helyi variánsok jelennek meg (Whiten és mtsai, 1999; Boesch és mtsai, 2020; Kamilar és Marshack, 2012; Kamilar és Atkinson, 2014). Ez a hasonlóság lesz egyúttal az egyik legfontosabb oka annak, hogy a disszertáció II. részében a csimpánzok eszközhasználatát, mint a korai Hominin technológiai viselkedés evolúciós analógiáját tárgyalom majd.

Az eszközhasználat fent említett két módozatának a különbségei a kumulatív kultúra koncepciójának (Tomasello és mtsai, 1993; Tomasello, 1999) a bevezetése óta nyilvánvalóak és közismertek a primatológiában, az evolúciós antropológiában és a régészetben is. Azonban az e két módozat közötti evolúciós átmenet folyamata, és a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat megjelenésének a kezdetei vitatottak (Tennie és mtsai, 2017; Henrich, 2015; Fuentes, 2016 és 2017). Szintén viták tárgya, hogy az állatvilágban ismert eszközhasználat legösszetettebb példája, a csimpánzok eszközhasználata teljesíti-e a kumulatív kultúra és a technológiai evolúció kritériumait (Henrich és Tennie, 2017; Tennie és mtsai, 2020; Whiten REVIEW). Az is problémát jelent, hogy a fenti kérdéseket, és általában véve a kulturális evolúció jelenségét főleg a kulturális evolúciós elmélet (másik elnevezéssel, gén-kultúra koevolúciós elmélet) irányzatának a képviselői tárgyalták (Henrich, 2015; Richerson és Boyd, 2005; Tennie és mtsai, 2017; Mesoudi, 2009; Mutukrishna és Henrich, 2017). Ezzel szemben, a technológiai evolúciót, illetve a kumulatív kulturális evolúciót megalapozó kognitív mechanizmusokat a pszichológián belül, a pszichológia saját fogalmain és kutatási eszközeit alkalmazva ezidáig szisztematikusan csak kevésbé vizsgálták (Heyes, 2019).

A fenti problémákon való továbblépés céljával, itt a továbbiakban magának a technológiai evolúciónak (mint a kulturális evolúció egy esetének) a definíciójából indulok ki, majd pedig rátérek arra a kérdésre, hogy e definíció egyes elemeihez milyen pszichológiai folyamatok és mechanizmusok kapcsolhatóak. A definícióval kezdve, a legáltalánosabb szinten a technológiai evolúció egy olyan folyamatként határozható meg, melynek során új, a

korábbiaktól eltérő, de azokat nagyrészen felhasználó technológiák (technológiai variánsok) jelennek meg, majd ezek használata elterjed az adott populációban, így részben kiszorítva a korábbi variánsokat, részben pedig megteremtve a további, még újabb variánsok kialakításának a jövőbeni lehetőségét is (Mesoudi és Thornton, 2018; Shennan, 2013). E folyamat két fő részfolyamatra épül (Legare és Nielsen, 2015): az új technológiai variánsok megjelenéséért az innováció, a populáción belüli elterjedéséért pedig a kulturális tanulás folyamata felelős. Az alapvető kérdést tehát az jelenti, hogy mely kognitív funkciók evolúciója tette lehetővé az újabb és újabb technológiai variánsok kialakításának, illetve e variánsoknak a populáción belüli elsajátításának a képeségeinek a megjelenését, - vagyis az innováció, illetve a kulturális tanulás képességét.

E kérdés vizsgálatának két fő általános megközelítése alakult ki azokon a tudományterületeken, amelyek a technológiai evolúciót tanulmányozzák (főemlős etológia, régészet, kognitív és neuropszichológia, kulturális evolúciós elméletek):

- **1) a korai pattintott kőeszköz technológiákra fókuszáló megközelítések:** a kutatások tárgyát itt a kőeszköz-készítéshez szükséges kognitív funkciók azonosítása jelenti,
- **2) a főemlősök eszközhasználatának tanulmányozásából kiinduló megközelítések:** az állati eszközhasználat sajátosságai által nyújtott analógiák alapján, egy komparatív keretben következtetések és hipotézisek alakíthatóak a humán technológiai evolúció folyamatára vonatkozóan.

Az eszközhasználatnak az itt, a 2.2 alfejezet elején definiált második, azaz technológiai evolúció megjelenéséhez vezető módozatának a kutatását alapvetően ez a két nagy megközelítés dominálja. E két megközelítést nem annyira kutatási irányzatoknak, inkább témaválasztásnak tekinthetjük: az első fókuszában a pattintott kőeszközök állnak, a másodikéban pedig az állati eszközhasználat. E kettős megközelítés háttérében az a közös előfeltevés áll, hogy mind a korai Hominin kőeszköz technológiák, mind a jelenkori főemlős eszköz használat a kumulatív kulturális evolúció egy kevésbé komplex, kezdeti formáját jelentik, - melyek tanulmányozása így betekintést nyújthat a „technológiai evolúció evolúciójának” a folyamatába.⁸ Az alábbiakban tehát e két kutatási területet, azaz a kőeszköz

⁸ Ráadásul e két nagy témakörnek a kutatása részben átfedésben is áll egymással, mivel a ma élő főemlősök bár nem készítenek pattintott kőeszközöket, viszont a kőeszköz használatnak az egyszerűbb, ütő és üllő használatán alapuló módjai megtalálhatóak a viselkedési repertoárjukban (lásd később: 3. fejezet). Így újabban a főemlősök kőeszköz technológiáinak tanulmányozása egyre nagyobb hatást gyakorol az első megközelítésnek,

technológiáknak, illetve a főemlősök eszközhasználatának a Hominin kognitív evolúcióra nézve releváns aspektusainak a kutatását tekintem át vázlatosan.

Ami az első nagy megközelítést illeti, a pattintott a kőeszköz készítés műveleteihez szükséges kognitív, neuronális és agyi tényezők szerepének vizsgálata az 1990-es évektől napjainkig szintén egyre nagyobb teret kapott a technológiai evolúció kutatásában. E kutatási terület fejlődése egyúttal nagymértékben összefonódott a kognitív régészet elnevezésű irányzat kialakulásával is (Wynn 2002; Coolidge és Wynn, 2009; Currie és Killin, 2019). Az ide sorolható kutatások 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 kőeszköz készítés és a kognitív képességek evolúciójának kapcsolata, azaz ko-evolúciója két elméleti irányból rekonstruálható:

- 1) a kísérleti- és neuropszichológiai kutatások eszközeivel:

az agyi képző eljárásokat is felhasználva (Stout és Chaminade, 2007; Stout és mtsai, 2008), a kísérletekben résztvevő önkéntes személyeknek a pattintásos kőeszköz készítés során mutatott agyi aktivitásának mintázatai, tanulási stratégiái, az eszközkészítéshez szükséges másolás és utánzás képességei is vizsgálhatóak (Putt és mtsai, 2017; Schick és Toth 1994; Stout és Semaw, 2006; Snyder és mtsai, 2021).

- 2) a kognitív pszichológia elméleti modelljeit felhasználva:

a technológiai evolúció kognitív pszichológiai elméletei a kőeszköz készítés folyamatát számos különböző mentális funkcióval (emlékezet, munkamemória, térbeli forgatás, előrelátás, stb.), illetve az e funkciókért felelős agyi területek evolúciójával próbálják meg összekapcsolni (lásd például: Nowell, 2010; Coolidge és Wynn, 2009; Haidle, 2010; Stout és Hecht, 2017; Corballis, 2019).

E két kutatási irányt akár önállóan, akár együttesen alkalmazva, az őskori kőeszközök használatának evolúciója hipotetikusán összekapcsolható olyan változatos viselkedéses és kognitív tendenciákkal is, mint a jobbkezeség evolúciós megjelenése, az agy féltekei

azaz a korai pattintott kőeszközök használatához kapcsolódó technológiai és kognitív evolúció kutatásának a területére is (Haslam, 2014; Haslam és mtsai, 2017; Bandini és mtsai, 2022).

asszimetriáinak kialakulása, a munkamemória kapacitásának evolúciója, a nyelvért felelős agyterületek evolúciója, és a térbeli tervezési műveletek fejlődése is (Donald, 2001; Corballis, 2019; Read és mtsai, 2022; Coolidge és Wynn 2009). Összegezve tehát, a technológiai evolúciónak a kőeszköz technológiák használatára fókuszáló megközelítései az emberi kognitív evolúció számos folyamatát rekonstruálni tudják az elméleti hipotézisek és következtetések útján.

Ami a kognitív evolúció második, azaz a főemlősök eszközhasználatából kiinduló nagy megközelítést illeti, ez a kutatási terület néhány olyan összefüggésre is rálátást nyújt, amelyeket a kőeszköz-fókuszú megközelítések kevésbé részletesen tudnak tematizálni. Egyrészt, a primatológiai kutatások alapján számos ökológiai tényezőnek (növényzet, tápláléktípusok előfordulása, szezonális, szárazság és csapadékhiány) az eszközhasználat evolúciójára gyakorolt hatásai részletesen is vizsgálhatóak, a különböző élőhelyek és főemlős populációk viselkedésének az összehasonlításával (Melin és mtsai, 2022; Barrett és mtsai, 2017; Sanz és Morgan, 2013; van Schaik és mtsai, 2006) vizsgálható. Másrészt, a főemlősök akár a terepi, akár fogságban végzett megfigyelései esetében jelen időben tanulmányozhatóak a technológiai evolúció beindulásáért felelős két fő viselkedési folyamat, az innováció és a kulturális tanulás. Míg az innováció eredményeként kerül sor az új viselkedési variánsok (új technológiák) megjelenésére, addig a kulturális tanulás folyamatai az új variánsok tartós fennmaradását és elterjedését biztosítják. A főemlős eszközhasználat kutatásának középpontjában tehát e két viselkedési folyamat áll, amelyeket a következő két alfejezetben részletesebben is tárgyalok.

2.3. Az innovatív viselkedés kognitív alapjai

{The cognitive foundations of innovative behaviour}

Az eszközök használatának a kezdeti megjelenése valamely állatfaj viselkedésének egy adott területén, mint újjítás, azaz az azonos funkciójú, de eszközöket nem igénylő (csak-testi) viselkedéstől eltérő, új viselkedési variáns határozható meg. Amennyiben e kezdeti megjelenést követően, a már létező eszközhasználat valamely részleme állandó jelleggel módosul az adott faj egyedeinek körében, szintén egy új viselkedési variánsról beszélhetünk. A viselkedési újjítások e fent leírt két típusára egyaránt az innováció fogalma terjedt el az etológiai, régészeti, és kulturális evolúciós szakirodalomban, az ilyen viselkedések

kialakításához szükséges képességek és társas folyamatok összességére pedig az innovativitás fogalma használatos (Reader és mtsai, 2015; Mesoudi és Thornton, 2018)).

A fenti általános definíciót részletezve, az innováció fogalmának számos különböző, egymást részben átfedő definíciója létezik, melyek az egyes definíciós kritériumok mentén eltérhetnek egymástól (e kérdések áttekintéséhez lásd: Reader és mtsai, 2015):

- hangsúlyozhatják az egyéni, vagy a populáció szintű viselkedés szerepét az innováció megjelenésében (Reader és Laland, 2003)
- az innovációt, mint létrehozott produktumot, vagy mint létrehozási folyamatot is meghatározhatják
- a kognitív folyamatok szintjén hangsúlyozhatják akár az egyéni tanulást és problémamegoldást (Tennie és mtsai, 2017), de akár a szociális tanulást, mint az újjítások felismerésének és átvételének képességét is előtérbe állíthatják (Muthukrishna és Henrich, 2017).

A fogalom e részben eltérő, különböző szempontú meghatározásainak közös eleme, hogy az innovációt, mint viselkedésbeli újítást határozzák meg (Reader és mtsai, 2015). Itt a Disszertációban a különböző definíciók elemeit felhasználva, a következő meghatározást fogom használni:

- *Az innováció (innovatív viselkedés) egy meghatározott cél elérésére irányuló, az adott cselekvési kontextuson belül ismételten alkalmazható, részben egyéni tanulás, részben társas tanulás útján elsajátítható új viselkedés, vagy egy meglévő viselkedés módosítása.*

Az innováció jelensége az állati viselkedés kutatásában sokszor kifejezetten az eszközhasználat kapcsán kerül előtérbe. Azonban fontos kiemelni, az innováció és innovativitás fogalmai számos más, az eszközöket mellőző viselkedési területen is alkalmazhatóak. Így a társas viselkedés területén a vokális vagy gesztus alapú kommunikáció új variánsaira, vagy éppen a táplálkozás területén az új táplálékszerzési tevékenységek kialakítása és az új táplálékforrások kiaknázása esetén is (Reader és mtsai, 2016; Navarrete és mtsai, 2016).

A fogalom definíciójának kérdéseit követően, a következő tárgyalandó kérdés az innováció és innovatív viselkedés alapjait jelentő pszichológiai és kognitív mechanizmusok azonosításának témaköre. **Az állati és emberi innovativitás** számos különböző pszichológiai

mechanizmussal kapcsolatba hozható (Reader, és mtsai, 2015; Legare és Nielsen, 2015; Brosnan és Hopper, 2014), melyek részben azonosak az eszközhasználathoz szükséges szenzomotoros (nem-kognitív) képességekkel, illetve kognitív képességekkel, ahogy azokat a 2.1. alfejezetben tárgyaltam. Egy másik lehetséges felosztásként pedig az innovativitásért felelős terület-általános, illetve terület-specifikus kognitív képességeknek a megkülönböztetése használható (Hirschfeld és Gelman, 1994). Míg a terület-általános mechanizmusokra olyan általános döntési és következtetési folyamatok jellemzőek, amelyek a feldolgozott információ típusától függetlenül, több különböző viselkedési területen is meghatározzák a kognitív teljesítményt. Ezzel szemben, a terület-specifikus kognitív képességek az ingerek és információk bizonyos típusaira szenzitívek, és egy adott, meghatározott kognitív vagy viselkedési feladatra specializálódtak (a kérdéskör egy rövid összefoglalását lásd: Szabó és Bereczkei, 2022).

A terület-általános pszichológiai képességekre rátérve, ezek közül az eszközhasználat magyarázatainak fókuszában a legtöbbször az intelligencia, mint általános és átfogó kognitív képesség áll (Reader és mtsai, 2011; Navarrete és mtsai, 2016; Lefebvre és mtsai, 2004). Az intelligencia egy olyan általános szintű és terület-független kognitív képességként definiálható, amely számos más terület-specifikus és terület-általános kognitív funkciót is hierarchikusan magába foglal (Bruner és Colom, 2022). Ennek megfelelően, úgy az állati, mind az emberi eszközhasználathoz szükséges kognitív teljesítményben résztvevő, különböző képességek is közvetett módon kapcsolatba hozhatóak az intelligenciával, mint általános szintű képességgel (Navarrete és mtsai, 2016).

A különböző kognitív képességek közötti, közvetetten vizsgálható hierarchikus kapcsolatok és korrelációk mellett, a kognitív evolúcióra irányuló kutatások terén az intelligencia középpontba állításának egy további előnye, hogy néhány kvantitatív fizikai paraméter használatával a különböző fajok intelligenciájának egymáshoz viszonyított nagyságrendje közvetett módon meghatározható. Ilyen, az általános intelligenciára utaló fizikai paraméterek például az agytérfogat, az enkefalizációs hányados, vagy az agyi neuronszám (Dunbar, 1993; Navarrete és mtsai, 2016; Herculano-Houzel, 2012 és 2016).

Ugyanakkor, bár az eszközhasználó állati fajok intelligenciájának mértékére a fent leírt módon általános következtetések alakíthatóak ki, azonban az állatok esetében az intelligencia metrikus méréséhez szükséges eszközök (tesztek) nem állnak rendelkezésre. Ezért az állati

eszkőhasználatra irányuló kutatások fókuszában általában egy vagy több, az intelligenciával közvetetten kapcsolatba hozható olyan kognitív vagy viselkedési képesség áll, amelyek hatékonysága kísérleti helyzetekben vizsgálható és mérhető, - ezáltal lehetővé téve az egyes fajok kognitív képességei és eszközhasználatának komplexitása közötti korrelációra vonatkozó következtetések kialakítását (Lefebvre és mtsai, 2004; Navarrete és mtsai, 2016).

Az egyik ilyen, az általános intelligenciával közvetett kapcsolatban álló, és az eszközhasználattal korrelációt mutató kognitív képesség az önkontroll (MacLeod és mtsai, 2014). Az önkontroll szerepe az innovatív viselkedésben, hogy az alternatív, potenciálisan egyszerűbb, esetleg már korábban berögzült viselkedést válaszgátlás alá kell vonni ahhoz, hogy az egyed egy új, eltérő vagy bonyolultabb viselkedést – például az eszközhasználatot végre hajthassa. MacLeod és mtsai (2014) egy 36 fajra kiterjedő, laboratóriumi kísérleteken alapuló komparatív kutatás keretében igazolták, hogy az önkontroll (jutalomhoz való hozzáférés késleltetése) szoros korrelációban áll a különböző fajok agyméretével és enkefalizációs hányadosával, és ezen keresztül az általános intelligenciájával. Bár ez a kutatás a táplálék megszerzésének késleltetését (a táplálkozási inger gátlását) vizsgálta, az ebben a vizsgálatban kiemelkedően teljesítő fajok esetében mindez korrelált az eszközhasználat, mint viselkedési stratégia előfordulásával is.

A terület-specifikus pszichológiai mechanizmusok közé pedig (lásd fentebb: 2.1 alfejezet) elsősorban a tárgymanipulációhoz szükséges kognitív képességeket sorolhatjuk, így, a tárgyak egymáshoz viszonyított térbeli helyzetének megértését, a tárgyak és eszközök kategorizációját, és materiális és fizikai sajátosságaiknak a felismerését (Tomasello és Call, 1997; Gibson és Parker, 1977; Parker, 2015). E mellett a mechanikai és fizikai oksági következtetés képességét is érdemes e vonatkozásban kiemelni (Osiurak, 2017). Az eszközhasználat során az eszköz, mint tárgy fizikai hatást gyakorol egy másik tárgyra (a céltárgyra), és megváltoztatja annak állapotát, illetve fizikai integritását vagy térbeli helyzetét. Az eszközhasználat, mint viselkedés ezért feltételezi a különböző tárgyak között kialakuló oksági kapcsolatoknak a megértését, amihez az oksági következtetés képessége szükséges.

A kognitív képességek áttekintése után, végül az innovativitás evolúciójával kapcsolatos kutatások még egy kérdéskörét kell tárgyalnunk. Mégpedig azt a kérdést, hogy milyen szelekciós nyomás, milyen ökológiai feltételek hatására kerül sor az eszközhasználat, mint

viselkedés elterjedésére egy-egy faj egy vagy több populációján belül. Az eszközhasználat ugyanis egy költséges, jelentős kognitív erőforrásokat és hosszú tanulási időt igénylő viselkedési stratégia, - amelynek elterjedése emiatt még az egymással közeli filogenetikus kapcsolatban álló fajok esetében sem válik általánossá (lásd: 1. fejezet). A kérdés tehát az, hogy mely ökológiai-környezeti feltételek azok, amelyek az eszközhasználat evolúciójának (vagyis a technológiai evolúciónak) a beindulását egy adott faj esetében előidézhetik.

Az eszközhasználat és az intelligencia együttes evolúcióját (ko-evolúcióját) az ökológiai összefüggésekkel korrelációban tárgyaló, jelenleg leginkább elfogadott elméleti modellt a kinyeréses táplálkozás (extractive foraging) hipotézise jelenti (Parker és Gibson, 1977; Parker, 2015). A kinyeréses táplálkozás fogalma a nehezen hozzáférhető, védett vagy rejtett (tehát valamilyen mátrixba, például burkolatba, héjba, talajba, stb. beágyazott) táplálékforrások kiaknázásához kapcsolódó eszközhasználatnak, mint specializált táplálkozási adaptációnak a leírására vált használatossá. E leírásból kiindulva, a kinyeréses gyűjtögetés hipotézise szerint (Parker és Gibson, 1977 és 1979; Gibson, 1986) az emberszabásúak esetében az eszközhasználat egy olyan flexibilis viselkedés, amely egy a főemlősök fejlett intelligenciáján, kognitív és manuális képességein alapuló táplálkozási stratégiának a része (Berezkei, 2010; van Schaik 2016).⁹

A kinyeréses gyűjtögetés hipotézisének a magyarázó ereje tehát abban rejlik, hogy egy olyan komplex táplálkozási stratégiát azonosít, amely éppen a komplexitásánál fogva több különböző kognitív képességgel is kapcsolatba hozható. A kinyeréses táplálkozás koncepciója később az etológiában általánosan használatossá vált az emberszabásúak csoportján kívül eső további fajok, így például a csuklyásmajmok (Barrett és mtsai, 2017), vagy az új-kaledóniai varjak (Rutz és St Clair, 2012) eszközhasználatának a leírására is. A hipotézis további erőssége, hogy a primatológiai kutatások egyértelműen igazolták azt a korrelációt, hogy a viselkedési stratégia megjelenése, illetve összetettebbé válása azoknál a főemlős fajoknál, vagy populációknál mutatható ki, amelyek élőhelyén bizonyos, a táplálékforrások állandó

⁹ Ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy a kinyeréses táplálkozás nem minden formája igényel eszközhasználatot. Így például a gorillák és orangutánok többféle olyan növényi táplálékot is fogyasztanak, amelyek feldolgozása összetett manuális műveleteket igényel, de eszköz-használatot nem igényel.

vagy szezonális szükösségét előidéző ökológiai tényezőknek a fennállása is kimutatható (Barrett és mtsai, 2018; Melin és mtsai, 2022; Sanz és Morgan, 2013).¹⁰

2.4. A Kulturális tanulás pszichológiai mechanizmusai { Psychological mechanisms of Cultural Learning }

Mint a 2.3. alfejezetben tárgyaltam, az innováció úgy határozható meg, mint egy új viselkedésnek (vagy egy meglévő viselkedés módosított variánsának) az elsajátítása tanulás útján. Ez a definíciót Reader és Laland (2003) egy a populációk szintjén érvényesülő kritériummal is kiegészíti: az innováció egy olyan új variánst vezet be egy adott populáció viselkedési repertoárjába, amely korábban nem volt jelen. Ugyanis, bár az innovációkat első lépésben egyetlen egyed alakítja ki egy adott feladat (probléma) megoldásaként, azt követően ezt a visela populáció más egyedei is átvehetik. Ez a kritérium tehát átvezet a jelen fejezet témájához, a kulturális átadás és tanulás pszichológiai mechanizmusainak szerepéhez az eszközhasználat elterjedésében és a technológiai evolúcióban.

A kulturális tanulás – másik elterjedt kifejezéssel: szociális tanulás – az a folyamat, amelynek során az egyed a megfigyelés, utánzás, vagy kommunikatív közlések útján más egyedektől átvett információkat felhasználva alakítja ki a saját viselkedését (Cavalli-Sforza és Feldman, 1981; Boyd és Richerson, 1985; Singh és mtsai, 2021). Ennek az információ-átvitelnek az eredményeként egy adott csoporton belül azonos viselkedésmódok készlete – azaz azonos csoport-kultúra alakul ki. E két jelenséget, a kulturális tanulást és az ezen keresztül kialakuló kultúrát sokáig „kizárólagosan emberi” sajátosságnak tekintették a társadalomtudományokban és a természet-tudományokban is. Mindazonáltal, az 1990-es évek óta az etológiai gondolkodásban egyre inkább elfogadottá válik, hogy az állati kultúrákban is sor kerülhet a viselkedési variánsok előfordulásának olyan, csoport szintű változásaira, amelyeket korábban csak az ember esetében feltételeztek (Whiten, 2017; Whitehead és mtsai, 2019).

¹⁰ Ilyen, a táplálkozást korlátozó ökológiai tényezők például a szezonális csapadékhiány, a gyümölcsök, mint fő táplálékforrás ebből adódó szezonális elérhetetlensége, vagy éppen a gyümölcsfák állandó hiánya a szavannai biotóp elterjedése miatt egy adott élőhelyen.

A kérdés eldöntéséhez, hogy az információk kulturális átadása milyen mértékben jelenik meg az állatvilágban, a kulturális tanulás pszichológiai mechanizmusainak az azonosítása és tanulmányozás szükséges. Az emerek esetében ilyen, a kognitív- és fejlődépszichológia által vizsgált mechanizmusok például a mímelés, az utánzás (Heyes, 2019), a közös cselekvésekre és azok tárgyára irányuló megosztott figyelem és közös intencionalitás (Tomasello és mtsai, 2007), vagy a humán pedagógia, vagyis a szándékos, célzott tanítás (Csibra és Gergely, 2011). Ezek a pszichológiai folyamatok az ember esetében lehetővé teszik a cselekvések és viselkedések nagy pontosságú másolását, és ezáltal a populáció egyedei közötti elterjedését.

Míg a fent leírt kognitív képességek a kulturális tartalmak átvitelét teszik lehetővé, más pszichológiai mechanizmusok viszont a terjedésük irányát befolyásolják. Azok az átviteli torzítások (*transmission bias*) tartoznak ide, amelyek azokra a nem tudatos döntésekre vannak hatással, ahogyan a tanulók a hozzáférhető információk között szelektálnak (Mesoudi, 2009). Néhány ilyen, a kulturális átvitel irányát (azaz a terjedési dinamikát) befolyásoló figyelmi és döntési mechanizmus például a presztízs-torzítás (a csoporton belül legmagasabb státuszú vagy legnagyobb tudású egyedek másolásának hajlama), a konformizmus és a normakövetés (a legtöbb más egyednél előforduló viselkedés másolása), az újdonságok iránti vonzalom, vagy éppen ennek ellentéte, a már bevált viselkedések preferálása (Henrich, 2015; Mesoudi, 2009; Mesoudi és mtsai, 2013; Muthukrishna és Henrich, 2017). Ezeknek a mechanizmusoknak bármelyike nagyban befolyásolhatja azt, hogy mely kulturális tartalmak (témánk esetében: mely eszközök és technológiák) terjednek el rövid időn belül egy populációban, és melyek szorulnak vissza, vagy akár halnak ki idővel (Kolodny és mtsai, 2015 és 2016; Mesoudi és mtsai, 2013; Boyd és Richerson, 1985).

Mind az előzőleg tárgyalt tanulási mechanizmusok, mind pedig a kulturális tartalmak terjedésének dinamikáját befolyásoló átviteli torzítások esetében vitatott, hogy e pszichológiai jelenségek közül melyek azok, amelyek kizárólag humán specifikusak, és melyeknek a megfelelői mutathatóak ki az állati viselkedés területén is. Ami az úgynevezett átviteli torzításokat illeti, több kutatás alapján egyre inkább elfogadottá válik, hogy ezeknek a társas kapcsolatokkal összefüggésbe hozható torzításoknak a megfelelői a főemlősöknél és más csoportosan élő társas állatfajnál is megjelennek, és befolyásolják a viselkedési variánsok terjedésének dinamikáját (Henrich és Tennie, 2017).

Ami viszont a kulturális tanulás pszichológiai mechanizmusait illeti, itt már jóval vitatottabb, hogy ezek közül melyek azok, amelyek az állatvilágban is megjelennek. A kérdés egyik megközelítését egy olyan felosztás jelenti, amely a tanulási képességeket két csoportra, a kulturális tartalmak „alacsony pontosságú másolásának” és a „nagy pontosságú másolásának” csoportjára osztja (Mesoudi és mtsai, 2013; Tennie és mtsai, 2017; Henrich és Tennie, 2017). Az előbbi csoportba sorolják az imitációt és az emulációt (célkövetést), mint olyan mechanizmusokat, amelyek az eszközhasználat állati tanulásának alapjait jelentik (Whiten és mtsai, 2009). Az utóbbi csoportba pedig azokat a képességeket, amelyek a több elemből álló komplex kulturális tartalmak pontos másolását is lehetővé teszik, így az utánpótlást, és a demonstráción alapuló tanítást és tanulást.

A problémakör egy másik lehetséges megközelítését a tudás és információk (így az eszközkészítési és használati módok) átadását lehetővé tevő komplex, rendszert alkotó, azaz több képességet is integráló viselkedési- és kognitív adaptációknak a leírása jelenti. Az egyik ilyen, a kulturális tanulást lehetővé tevő komplex kognitív adaptáció a Csibra és Gergely (2011) által leírt és definiált természetes pedagógia, amely a tanítás egy olyan formája, mely kommunikatív gesztusok útján, ráutaló módon is jelzi a befogadónak, hogy az információk közlésére (demonstrálására) a tanítás céljával kerül sor.

A kulturálisan releváns tudás ilyen osztrénv átadásának az evolúciója Csibra és Gergely (2011) szerint megelőzte a nyelv evolúcióját, és egy olyan kognitív adaptációnak tekinthető, amely a kőeszköz készítés megjelenésével párhuzamosan alakult ki. E hipotézis szerint, a korai pattintott kőeszközök (Oldowan tradíció) elkészítése egy lépésről lépésre elsajátítható, elsősre nem átlátható, bemutatást igénylő, tanulás-igényes tevékenység. Az egyes lépésekre és műveletekre vonatkozó tudásnak a generációk közötti átadása tehát egyúttal a tanuláshoz szükséges kognitív adaptációknak az evolúcióját, vagyis a humán specifikus természetes pedagógia megjelenését is feltételezi. Kísérletileg is igazolhatóan, az osztrénv kommunikatív gesztusokra való fogékonyság nagyon korai életkorban, részben már az 1-2 éves babáknál is jelen van. E képességeknek az egyedfejlődésbe való korai beágyazottsága fontos érv a természetes pedagógia adaptív képesség voltára vonatkozóan.

Egy az előzőhöz több ponton is hasonló, szintén fejlődépszichológiai indíttatású megközelítést képviselnek Tomasello (2003 és 2017), illetve Tomasello és mtsai. (2007). Ők komparatív pszichológiai kutatások, azaz felnőtt csimpánzokkal és emberi gyerekekkel

elvégzett kísérletek alapján adtak leírást az emberre jellemző közös intencionalitás képességéről. A közös intencionalitáshoz (közös célra irányuló cselekvéshez) olyan kognitív és kommunikatív adaptációk együttműködése szükséges, mint a rámutatás, az azonos tárgyra irányított közös figyelem, a nyelv, és az elmeolvasás. Ezek az adaptációk lehetővé teszik az egyed számára a saját és a másik szándékainak az összehangolását, és ezáltal a közös részvételen (kollaboráción) alapuló cselekvést. Ugyanakkor ezek a kognitív adaptációk Tomasello szerint jelentős mértékben humán specifikusnak tekinthetők, mivel a csimpánzok viselkedésében nem jelenik meg az ilyen típusú, több egyed részvételével lezajló, közös célra irányuló, kollaboratív cselekvés.¹¹

A fentebb tárgyalt összetett, a kulturális tanulásra specializálódott, humán specifikus kognitív adaptív adaptációknak az azonosítása tehát magyarázatot adhat a 2.2 alfejezet elején felvázolt különbség, vagyis az önmagában vett eszközhasználat és a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat közötti különbség evolúciós kialakulásának okára. Másrészt azonban, ezek a megközelítések, éppen az „egyedülállóan emberi” kognitív képességek szerepének a hangsúlyozásával, túlságosan éles határvonalat húznak az állati eszközhasználat és az emberre jellemző technológiai evolúció között. Ezért a következő két alfejezetben azt a kérdést tárgyalom majd, hogy lehetséges-e a technológiai evolúció egyszerűbb, kezdeti formáinak az azonosítása a főemlősök, és azon belül is elsősorban a csimpánzok eszközhasználatában.

2.5. Kitekintés: kulturális eredetű változatosság a csimpánzok eszközhasználatában **{An outlook: cultural diversity in chimpanzee tool use behaviour}**

A kumulatív kulturális evolúcióval járó eszközhasználat kialakulásának két feltételét, ahogyan azt a fentiekben bemutattam, az innovativitás és a kulturális tanulás folyamatai jelentik. Az előző két alfejezetben e két folyamatot a megvalósításukban részt vevő pszichológiai mechanizmusok azonosításának a problémája felől tárgyaltam. Ez a megközelítés azonban

¹¹ Ugyanakkor Tomasello eredményeivel kapcsolatban felvethető, hogy a kollaboratív cselekvés hiányát laboratóriumi körülmények között, a kísérletezők által kitalált, a csimpánzok számára mesterségesen tervezett feladatok esetében demonstrálta. A vadonban, ökológiailag releváns kontextusban viszont például a csimpánzoknak a más majmokra irányuló, csoportos vadászatai megfelelhetnek a kollaboratív cselekvés kritériumainak. Az ilyen vadászatok során ugyanis a csimpánzok közös stratégiát követnek, mely a szerepeknek (hajtók, terelők, lesben állók) a megosztásán alapul (Hunt, 2020).

főleg a humán eszközhasználat esetében lehet releváns. Ugyanakkor az emberekkel ellentétben, a vadon élő főemlősöknél a mégoly összetett eszközhasználat mögött álló kognitív képességeknek az azonosítása, kísérleti vizsgálata és tesztelése a terepi kutatások során nehezen, vagy alig megvalósítható. Ezért a főemlősök esetében egy kitekintés erejéig érdemes itt a pszichológiai mechanizmusok helyett a viselkedési produktumok (azaz az eszközök és technológiák) felől is értékelni az innovativitás és a kulturális tanulás szerepének a kérdését.

Vagyis ebben az alfejezetben egy olyan fordított megközelítést (*reverse engineering*) alkalmazok, amely a létrehozott technológiai produktumok felől következtet a mögöttük álló kognitív képességekre. Ennek során a legösszetettebb és legváltozatosabb technológiai repertoárral rendelkező főemlős faj, a csimpánzok (*Pan troglodytes*) a csimpánzok eszközhasználatának két olyan sajátosságát tárgyalom, amelyek feltételezhetően megfelelnek a kumulatív kultúra kritériumainak. E sajátosságok így közvetve bizonyítják, hogy az innovativitásért és a kulturális tanulásért felelős kognitív képességek a csimpánzoknál is jelen vannak (még ha e képességeket nem is tudjuk pontosan azonosítani, és nem is feleltethetjük meg egy-az egyben a humán képességeknek). Ezek a sajátosságok, melyeket az alábbiakban részletesen is tárgyalok, a következők:

- 1) a technológiai repertoárok összetételének regionális eltérései a fajon belül;
- 2) Az azonos eszköztípusok regionálisan eltérő variánsainak megjelenése.

1) A technológiai repertoárok összetételének regionális eltérései a fajon belül:

A mesterségesen konstruált kísérleteken alapuló, laboratóriumi kutatásokból származó eredmények szerint, a csimpánzok innovatív képességeit számos pszichológiai és kognitív korlátozó tényező behatárolja (Brosnan és Hopper, 2014; Tennie és mtsai, 2017; Henrich és Tennie, 2017). Ezzel szemben, a fajnak a természetes környezetükben, vadon élő csoportjai körében az innováción alapuló eszközhasználat nagyszámú formája dokumentált (Bandini és Harrison, 2020). A csimpánzok ugyanis egyedülállóak nem csak a főemlősök, de a nagy emberszabásúak (Hominidák) körében is abban a tekintetben, hogy technológiai repertoárjukat nagyszámú, legalább 20 fő eszköztípust felölelő eszközhasználati mód alkotja (Hunt, 2020). (Ráadásul, ezeknek a módoknak további változatai és variánsai is vannak, így az alkalmazott kategorizációtól függően, ez a szám ennek két-háromszorosa is lehet). Ugyanakkor a primatológiában viszonylag új felismerés, hogy e repertoár egyes elemeinek

előfordulása nem általános a fajon belül. E helyett, minden egyes helyi populáció rendelkezik az összetételében (struktúrájában) csak rá jellemző, csak bizonyos eszköztípusokat tartalmazó technológiai repertoárral. Először Whiten és mtsai (1999) 6 csimpánz populáció ilyen eltérő kulturális repertoárját hasonlította össze, és a viselkedésmódokat három csoportba kategorizálta:

- minden csimpánz-csoportban előforduló viselkedés: a fajra jellemző univerzális sajátosság, melynek emiatt feltehetően genetikai alapja van
- csoportonként eltérő viselkedés, mely ökológiai okokra vezethető vissza: például olyan növényfajok elfogyasztása, amelyek csak az adott csoport élőhelyén fordulnak elő (például pálmadió)
- csoportonként eltérő viselkedés, mely mögött nem állnak ökológiai okok: a szükséges ökológiai feltételek több csoportnál is adóttak, a viselkedés azonban egyes csoportoknál mégis hiányzik.

Míg tehát a viselkedés e három kategóriája közül az első kettő tehát genetikai, vagy ökológiai tényezőkre is visszavezethető, a harmadik mögött viszont kulturális eredetű tényezők állnak (Whiten és mtsai, 1999). Ez a vizsgálat összesen 38 olyan viselkedést talált (beleértve eszközhasználattal kapcsolatos és a kommunikációval kapcsolatos viselkedéseket is), amelyek a kulturális eredetű kategóriába sorolhatóak, tehát nem az összes csoportban fordultak elő. Később ezt a megközelítést még nagyobb mintára (még több csimpánz-populációra) alkalmazva is megerősítették a csimpánzok kulturális diverzitásának tényét (Whiten és mtsai, 2009). Jelenleg pedig már 144 populáció viselkedésbeli különbségeire vonatkozóan állnak rendelkezésre a szisztematikusan kezelt, adatbázisban összegzett adatok (Kühl és mtsai, 2019).

A helyi populációk technológiai repertoárjai legalább két fő kritérium tekintetében különböznek:

- 1) a repertoárt alkotó elemek, azaz az eszköztípusok száma (n):

Az egy csoporton belül megfigyelt legmagasabb (n) értéket 20 fölötti eszközhasználati mód jelenti, a spektrum másik végén más csimpánz közösségekben viszont ez a szám csak 6-8 körül alakul (Hunt, 2020).

- 2) a repertoár összetétele (belső struktúrája):

A repertoárokat minden közösségben az eszköztípusok eltérő kombinációja alkotja. A repertoárokat összehasonlítva, csak kevés olyan eszközhasználati mód (például a

fészeképzés) van, amely minden populációban előfordul, míg az eszköztípusok többsége csak bizonyos populációkban jelenik meg (Whiten 1999 és 2009; Kamilar és Atkinson, 2014).

A fenti két kritérium tekintetében álláspontom szerint a csimpánz közösségek technológiai repertoárjai megfelelnek a kumulatív kulturális evolúció (és így a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat) kritériumainak. A populációk repertoárjai közötti itt leírt különbségek ugyanis kumulatív jellegűek, vagyis minden egyes csoport egyedei némileg eltérő innovációkat alakítanak ki, melyek azt követően a kulturális tanuláson alapuló generációk közötti továbbadásnak köszönhetően tartósan is fennmaradhatnak. Kamilar és Marshack (2012) kimutatták, hogy a repertoárok összetételében (struktúrájában) fennálló különbségek nem véletlenszerűek: a repertoárok hasonlóságának mértéke a populációk közötti geográfiai távolságokkal egyenesen arányosan csökken. Ez azt jelenti, hogy az egymással szomszédos, tehát egymással érintkező, a kulturális tanulás által összekapcsolt egyedekből álló populációk repertoárjainak összetétele sokkal jobban hasonlít, mint két egymástól nagy távolságra élő, kulturálisan elszigetelt populációé.

2) Az azonos eszköztípusok regionálisan eltérő variánsainak megjelenése

A csimpánzok eszközhasználatának egy további sajátossága is van, amely szintén megfelel az innovativitás és/vagy a kulturális eredetű variációképződés kritériumainak. Ez nem más, mint az a tendencia, hogy azonos eszközhasználati módoknak is nagyszámú, a kivitelezés részleteit tekintve eltérő regionális variánsa alakulhat ki. Az újabb, részletesebb, többek között kameracsapdás videofelvételek viselkedéskódolásos elemzésén alapuló összehasonlító vizsgálatok alapján még egy olyan általános tevékenységnek is, mint a fűszálakkal és vesszőkkel végzett természetjárásnak is számos különböző, csoportonként eltérő regionális változata mutatható ki (Pascual-Garrido és Almeida-Warren, 2021; Boesch és mtsai, 2020). A természetjárás esetében az eszközökhöz szükséges növények szelekciója, az eszköz elkészítése és használata egy olyan több lépésből álló cselekvéssor, amely elegendő teret nyújt a kulturális eredetű variációk kialakításához és kumulatív felhalmozódásához. Legutóbb Boesch és mtsai (2020) az ilyen, regionálisan eltérő kulturális variánsokat 10 különböző csimpánz közösségre kiterjedően elemezték.

Ezt a jelenséget csak nemrég kezdte el felismerni a kutatás (Luncz és Boesch, 2015), ezért elképzelhető, hogy az ilyen fajta variáció képződés jóval gyakoribb a csimpánzok

technológiai viselkedésében, mint azt sokáig feltételezték. A csimpánzok eszközhasználatának ez a sajátossága szintén megfelel azoknak a kritériumoknak, amelyek a technológiai evolúció, az innovativitás, és a kulturális tanulás folyamatait jellemzik. Ugyanis az azonos eszköztípusok készítésében és használatában megjelenő ilyen regionális változatokat olyan kulturális variánsoknak tekinthetjük, amelyek egyrészt egy már meglévő viselkedés szándékos, innovatív módosításának tekinthetőek. Másrészt, a módosítások véletlenszerűen is kialakulhatnak, mint az azonos populációhoz tartozó egyedek között a kulturális átadás során keletkező eltérések vagy pontatlanságok. Azonban akár az előbbi, akár az utóbbi mechanizmus áll a jelenség mögött, az emberi technológiák esetében mind a szándékos innováción, mind a véletlenszerű másolási hibákon alapuló kialakulási mechanizmus beletartozik a kumulatív technológiai evolúciót előrevivő folyamatok körébe (Mesoudi és Thornton, 2018; Shennan, 2013)

Összegezve, a csimpánzok eszközhasználatának mindkét sajátossága, a technológiai repertoárok összetételének a populációk közötti eltérései, mind pedig az egyes konkrét eszköz-használati módok (például a természetfalászat) regionális változatossága erős érv amellet, hogy e faj esetében a technológiai evolúció folyamatának egyszerűbb, az emberinél kevésbé összetett változatát azonosítsuk. A csimpánzok viselkedése egy további tekintetben is megfelel a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat kritériumainak: az egyes csoportok között 1) a technológiai repertoárok összetételében és 2) az azonos eszköztípusok változatainak tekintetében fennálló, fentebb tárgyalt különbségek tartósan, és konzisztensen, generációkon át fennmaradnak (Hunt, 2020). Vagyis a csimpánzokra, mint fajra jelentős mértékű kulturális eredetű viselkedésbeli diverzitás jellemző, amely az eszközhasználati repertoárok összetételének kvantitatív sajátosságai tekintetében is összehasonlítható a humán vadászó-gyűjtögető csoportok eszközhasználatának kulturális diverzitásával (Kamilar és Atkinson, 2014).

2.6. Összegzés: a technológiai evolúció kezdő fázisának azonosítása

{Conclusions: identifying the initial phase of technological evolution}

Előzőleg az eszközhasználat két fő módozatát különböztettem meg egymástól: egyrészt 1) az eszközhasználatot önmagában véve, technológiai evolúció nélkül; másrészt 2) az eszközhasználat technológiai evolúcióhoz vezető módozatát. A 2. fejezet egészének tematikai

fókuszában elsősorban a 2. módozat, azaz a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat leírása, és az annak megjelenéséhez szükséges kognitív képességek azonosításának a problémája állt. Itt, a záró alfejezetben viszont egy másik nagy nyitott problémát, a technológiai evolúció legkorábbi megjelenésének problémáját tárgyalom.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a **kumulatív kulturális evolúció (itt a továbbiakban: KKE)**, illetve annak egyik fő alterülete, a technológiai evolúció legkorábbi megjelenésének evolúciós időrendjére vonatkozóan két élesen eltérő megközelítés alakult ki. Az egyik nagy megközelítés a KKE késői, elsősorban a felső paleolitikum időszakához köthető megjelenését feltételezi. A másik megközelítés viszont a kulturális és technológiai evolúció kezdeteit a korai, az alsó paleolitikus kőeszköz készítési tradíciók (Oldowan és Acheulian) megjelenésével kapcsolja össze.

A késői megjelenést feltételező és a kutatásban sokáig egyeduralkodó megközelítés szerint, a KKE kizárólagosan a *H. sapiens* viselkedéséhez kapcsolódóan jelenik meg (Mithen, 1998; Tennie és mtsai, 2009 és 2017). E megközelítés szerint, a KKE és a technológiai evolúció megjelenésének legkorábbi régészeti bizonyítékát a felső paleolitikumban megjelenő, egymástól jól megkülönböztethető kőeszköz technológiai tradíciói jelentik. Ezek mindegyikére saját, csak az adott tradícióra jellemző, tipológiailag (formailag) is különböző kőeszköz-típusok repertoárja jellemző. A KKE késői evolúciós megjelenését feltételező érvelés szerint, ezek az egymástól jól megkülönböztethető kőeszköz tradíciók mind a tudatosan kialakított innováció kritériumainak, mind pedig a készítési folyamat pontos másolását lehetővé tevő kulturális tanulás kritériumainak megfeleltethetőek (Tennie és mtsai, 2017 és 2020). Ezzel szemben az ennél korábbi, azaz a korai és középső paleolitikumhoz köthető kőeszköz tradíciók (így az Oldowan, az Acheulian és a Levallois tradíciók) túlságosan hosszú élettartamúak és statikusak, - vagyis a több százezer évre kiterjedő használatuk során nem mutathatóak ki olyan mértékű változások és regionális különbségek, amelyek a KKE folyamatának kritériumainak megfelelnek (Snyder és mtsai, 2022).

A KKE késői evolúciós megjelenésére vonatkozó érvelés egyik legkövetkezetesebb közelmúltbeli kifejtése egy olyan új elmélet, amely „a látens megoldások zónája hipotézis” (*the zone of latent solutions = ZLS*) elnevezést kapta (Tennie és mtsai, 2009; 2017 és 2020). A ZLS hipotézis azt feltételezi, hogy az egyszerű eszközhasználat területén a kialakítható lehetőségek száma nem végtelen, és létezik néhány olyan állandó jellegű „rejtett megoldás”

(*latent solution*), amelyeket az egyes egyedek kulturális tanulás és átadás nélkül is újra meg újra felfedezhetnek. E helyett, az egyedek ezeket a rejtett megoldásokat egyszerűbb kognitív mechanizmusokkal, így a részben próba-szerencse alapú egyéni tanulással is elsajátíthatják. E folyamat során tehát egy faj egyedei egymástól függetlenül is eljuthatnak az azonos eszköztípusoknak a kialakításához. Ez az elmélet tehát vitatja, hogy a csimpánzok és a korai Hominin fajok esetében sor került volna a KKE és a technológiai evolúció, mint emergens folyamatok beindulására - illetve a kulturális tanulóshoz szükséges kognitív képességek kialakulására (Tennie és mtsai, 2017 és 2020; Henrich és Tennie, 2017).

A fentiekkel ellentétben, a másik nagy megközelítés a KKE kezdetét legalább 2 millió évvel korábbra helyezi, és az alsó paleolitikus kőeszköz készítési tradíciók (Oldowan és Acheulian) megjelenésével kapcsolja össze (Henrich, 2015; Fuentes, 2016 és 2017; Stout, 2011). Ez a megközelítés csupán a 2010-es évek folyamán szilárdult meg, és elsősorban arra a felismerésre vezethető vissza, hogy még a tipológiailag és formailag egyszerű, korai Oldowan és Acheulian eszközök elkészítéséhez is egy hosszabb, több lépésből álló előállítási-műveleti sor (szakterminussal: *chaine d'operatoire*) szükséges. Az egyes lépések sorrendje nem tetszőleges, hanem egy műveleti hierarchiát követ (Stout, 2011), ráadásul az egyes részműveletek elvégzése során mindvégig figyelembe kell venni a nyersanyag tulajdonságait, a munkadarab aktuális állapotát és a végcél (a kész eszköz) elérendő sajátosságait is. Mindehhez a mai emberszabásúak kognitív képességbeli tartományát meghaladó munkamemória és procedurális memória, figyelem, tervezés és a mentális templátok használatának képessége szükséges (Coolidge és Wynn, 2009; Toth és Schick, 2018).

E második megközelítés szerint tehát, az Oldowan és Acheulian eszközök látszólagos formai-tipológiai egyszerűsége mögött egy bonyolult, több műveleti lépésből álló, a kőzetek anyagainak mechanikus tulajdonságainak az ismeretét is feltételező eszközkészítési eljárás áll, amely csak kulturális átadás során sajátítható el hatékonyan (Stout és mtsai, 2008 és 2011; Morris és mtsai, 2015; Henrich, 2015). Ezért nagy valószínűséggel feltételezhető, hogy már a legkorábbi kőeszköz-készítés is a kulturális tanulóshoz és a tanításhoz szükséges kognitív adaptációk széles körére támaszkodik (Csibra és Gergely, 2011; Stout, 2011; Toth és mtsai, 2008; Morris és mtsai, 2015). A kőeszközök készítése, mint új viselkedési adaptáció tehát nem csak az egyéni kognitív képességek (individuális tanulás), hanem a szociális kogníció képességeinek az evolúcióját is kiváltotta. Vagyis azt feltételezhetjük, hogy az Oldowan

esetében egy olyan különösen „termékeny” viselkedési adaptációról van szó, amelyhez a kapcsolt kognitív adaptációk széles köre tartozik.

Ahogy a fentiekből is látható, az itt ismertetett két nagy megközelítés ugyanakkor élesen ellentmond egymásnak a KKE kezdetének és evolúciós megjelenési időpontjának azonosítása kérdésében. Ezért egy olyan jelenleg is nyitott problémáról beszélhetünk, amely a további viták és kutatások tárgyát képezi. Azonban a két álláspont, a KKE korai, illetve késői megjelenésének feltevése között olyan nagymértékű – időtartam tekintetében is legalább 2 millió évnyi - eltérés áll fenn, ami a jelenlegi elméleti és fogalmi keretek között aligha áthidalható.

Véleményem szerint e viták és ellentétes álláspontok mögött elsődlegesen egy mélyebb teoretikus és módszertani probléma áll, mégpedig a két alapfogalomnak, azaz a kulturális tanulás és a kumulatív kulturális evolúció (KKE) koncepcióinak a hiányos, kutatói intuíciókon alapuló, és a kvantitatív adatokra épülő empirikus kutatásokkal nem megalapozott meghatározásai állnak.

Ezeknek a teoretikus problémáknak a megoldása túlmutat a jelen disszertáció keretein. Azonban a nyitott kérdések megoldásának egyik lehetséges irányát az jelentheti, ha sor kerül a KKE, illetve annak viselkedési alterülete, a kumulatív technológiai evolúció pontosabb, empirikusan is megalapozott definícióinak a kialakítására. Egy ilyen empirikus indíttatású megközelítés szerint, a technológiai evolúció folyamata úgy definiálható, mint az eszköztípusok és a viselkedések területén megjelenő kvalitatív és kvantitatív időbeli változások összessége, - beleértve a technológiai repertoárok bővülését, az új eszköztípusok és új viselkedések megjelenését, és az egyes technológiák hatékonyságának a növekedését.

Az előző, 2.5 alfejezetben egy az e definíciónak megfelelő, empirikusan orientált elemzési keretet mutattam be a csimpánzok eszközhasználatára vonatkozóan. Ennek során rámutattam, hogy a csimpánzok különböző regionális populációinak a technológiai repertoárjai között olyan kvantitatív és kvalitatív különbségek mutathatóak ki, amelyek megfeleltethetőek a KKE itt felsorolt definíciós kritériumainak.

Ennek megfelelően itt a 2. fejezet végén egy olyan, további kutatásokat igénylő, előzetes jellegű állítást vetek fel, miszerint a csimpánzok technológiai viselkedésének bizonyos

sajátosságai megfelelhetnek az eszközhasználat 2. módozatának, azaz a technológiai evolúcióval járó eszköz használat objektív kritériumainak, - és ebből következően a KKE kritériumainak is. Mindezzel a disszertáció további részében egy olyan álláspontot foglalk el, amely az itt, a 2.6. alfejezetben ismertetett kétféle álláspont közül egyértelműen a másodikhoz áll közelebb, amely a KKE korai, több mint 2 millió éves megjelenését feltételezi, az Oldowan és Acheulian kőeszköz technológiákra vonatkozó bizonyítékok alapján. Az általam itt javasolt előzetes álláspont azonban egyúttal annak a lehetőségét is felveti, hogy a KKE egyszerűbb változatainak a megjelenése még egy ennél is korábbi evolúciós állapotra, a *Pan-Homo* utolsó közös ősrre nyúlik vissza.

3. 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 kovákövet 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)

3.1. A humán technológiai evolúció és a pattintott kőeszközök szerepe

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

Míg az előző két fejezetben a humán technológiai evolúció kutatási területének elméleti és konceptuális kereteit vázoltam fel, a következőkben rátérek az e területre vonatkozó bizonyítékok és adatok bemutatására. A korai technológiák evolúciójára vonatkozó magyarázatok és modellek kialakításához alapvetően a bizonyítékok két eltérő csoportját használhatjuk fel:

- az első csoportot a komparatív etológiai és primatológiai kutatásoknak a főemlősök eszközhasználatra vonatkozó adatai jelentik. Ezen belül is a legfontosabb adatcsoportot a csimpánz eszközhasználatról összegyűjtött információk jelentik - lásd később, a 4. fejezetben;
- a bizonyítékok második csoportját a legkorábbi, a késői pliocéntól és a korai pleisztocéntól kezdődően megjelenő, pattintott kőeszköz technológiákra vonatkozó régészeti információk alkotják– e tárgykör áttekintése lesz e fejezet tárgya.

A humán technológiák evolúciójára vonatkozó ismeretek és elméletek középpontjában a paleoantropológia, mint diszciplína kialakulásától kezdve hagyományosan mindössze a technológiák egyetlen kategóriája, a pattintott kőeszközök állnak (Gamble, 2008). A

kőeszközöknek ez a technológiai evolúció kutatásában betöltött, kitüntetett szerepe három alapvető összefüggésre vezethető vissza:

- i) egyrészt, a pattintás eljárásával (tehát a kőzetek mechanikai sajátosságainak ismeretén alapuló, ütötgetéses leválasztással) 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).
- ii) 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)
- iii) 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 4.-5. fejezetekben).

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 régészetileg „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.¹²

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 köszönhetően, a kőeszköz technológiák a pleisztocén korú régészeti lelőhelyek tárgyi (ember alkotta) leletanyagának közel 100%-át teszik ki.¹³

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 (lelőhelyképződést és geológiai réteggképződést követően)	Nem	Igen

¹² 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.

¹³ 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):

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

A fent leírt tafonómiai összefüggéseknek (3.1. 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.

3.2. A pattintott kőeszköz technológiák eredete és a Lomekwi tradíció

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

A korai kőeszköz technológiáknak két, egy a viselkedés tekintetében egyszerűbb, illetve egy összetettebb kategóriáját különböztethetjük meg: egyrészt a nem modifikált ütőkövek (kalapács és kőüllő) használatát a főemlősöknél, másrészt a pattintásos 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). Ezt megelőzően azonban röviden összegzem a két eszközhazsnálati kategória fő sajátosságait.

1) A nem modifikált kövek ütőkőként és üllőként való használata:

A pattintott kőeszközök teljes hiánya ellenére, néhány recens főemlős fajnál a kőeszközök egy másik, egyszerűbb technológiai kategóriája, az ütőkövek és üllők használata mutatható ki (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*):

- az ütőkő használatára, mint viselkedésre a főemlősök esetében táplálkozási kontextusban, zárt héjú, vagy kemény növényi termékek feltörése során kerül sor.

- a főemlősök kalapács és üllő használata, mint technológia egy lényegesen egyszerűbb eljárást képvisel, mint az emberi pattintásos kőeszköz készítés, mivel azzal ellentétben nem igényli a kőeszközök előzetes modifikációját.
- ennek ellenére, ennek a technológiai kategóriának a megjelenése is komplex viselkedést feltételez, mivel a kőeszköz használatához a kövek felkutatásának, kiválasztásának (szelekció) és a táplálkozási helyre való eljuttatásának lépéseit is végre kell hajtani (Haslam és mtsai, 2009 és 2017). E mellett, az ismételt leütések megfelelő mértékű erővel való kivitelezéséhez is tanulásra van szükség (Luncz és mtsai, 2014 és 2018).

2) A pattintott kőeszközök készítése és használata:

A pattintott kőeszközök¹⁴ a korai Hominin 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 ütőeszkőzzel 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 különböző formájú és méretű szilánkok, magkövek és egyéb formák alakíthatóak ki, melyek vágó eszközként használhatóak számos állati és növényi anyag feldolgozása vagy megmunkálása során.

A fent leírt két technológiai kategória filogenetikus előfordulása alapvetően eltérő mintázatot mutat: a pattintásos modifikáción alapuló, fent leírt második eszközkészítési mód, mint viselkedés kizárólagosan az emberfélékre (génusz Homo) jellemző. A ma élő főemlősök, így a csimpánz és az orangután önmaguktól még kísérleti elrendezésben, juttalom lehetőségével motiválva sem produkálják a kőeszközkészítésnek ezt a módját (Bandini és mtsai, 2021; Motes-Rodrigo és mtsai, 2022).¹⁵ Az első kategória, a nem modifikált ütőkővek vagy üllők

¹⁴ Az itt definiált eszközkészítési módnak a megnevezésére a magyar szaknyelvben elterjedt kifejezés a pattintás (az angol szakirodalomban: percussion (leütés), flaking (lehasítás)).

¹⁵ 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

használata viszont a ma élő főemlősök három nemzettségének bizonyos fajainál is megjelenik így a csuklyásmajmokban, makákóknál, csimpánzoknál (Rolian és Carvalho, 2017).

Ami az első technológiai kategóriát illeti, a 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 (Rolian és Carvalho, 2017). 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 (perkusszív¹⁶) 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

Toth, 1994). Ez arra utal, hogy a szükséges manuális és kognitív képességekkel egyébként a ma élő emberszabásúak is rendelkeznek.

¹⁶ 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.

fajok nem is léteznek. E technológiai ugrás jelenleg ismert legkorábbi példája a 3,3 millió 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 közlésére 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 leütéses technika: a megmunkálandó 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 leütéses 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 utódja
- 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 és 2016) beszélhetünk.

Itt fontos kiemelni azt is, hogy a Lomekwian eszközök létrehozásához szükséges a pattintási műveletsor 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).

3.3. 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 erőkifejtést tesz lehetővé, mint a Lomekwian technológiára jellemző, bipoláris kalapács-üllő 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 technológiái 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.

3.4. 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 pengeiparok: 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	-

3.2. 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 3.3. alfejezetben.

Ezt követi az Acheulean¹⁷ tradíció (azaz a 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

¹⁷ 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.

egyetlen magkőből is számos penge hozható létre (Müller és mtsai, 2017; Bar-Yosef és Kuhn, 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 implikáció 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 előállítása kevésbé bonyolult, mint a magkő összetettebb kidolgozását igénylő Levallois-szilánkok előállítása (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.¹⁸ 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 példákából 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).

¹⁸ 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).

Az őket készítő emberfajok kognitív különbségeinek hangsúlyozásával szemben, a paleolitikus kőeszközöket újabban számos kutató már inkább egy olyan rugalmas viselkedésbeli adaptációnak tekinti, amely flexibilis módon igazodott a helyi ökológiai, életmódbeli, klimatikus és szociális körülményekhez (Kuhn, 2021). Így például, az Európában kizárólag a felső-paleolitikumhoz köthető penge-eszközök megjelenését (Mellaars, 1989) sokáig a csak a *Homo sapiensre* jellemző „kognitív modernség”, vagyis az absztrakt gondolkodás, előzetes tervezés, nyelv, és kognitív fluiditás egyértelmű bizonyítékának tekintették (Ambrose, 2001; Mithen, 1998; Coolidge és Wynn, 2009). Mindazonáltal, az afrikai középső kőkorban sokkal korábban, akár 300 ezer éve kimutatható a penge eszközök előfordulása (McBrearty és Brooks, 2000; Shea, 2011). Ennek megfelelően, újabban a modern kognitív képességek helyett más, sokkal inkább az ökológiai alkalmazkodáshoz sorolható tényezőkkel magyarázzák a penge technológiák elterjedését az európai felső paleolitikus régészeti fázisokban is, - így 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 és 2019).

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.

4. fejezet

Az organikus technológiák evolúciós szerepe: a csimpánzok eszközhasználata

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

4.1. A korai technológiák harmadik kategóriája: az organikus technológiák

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

A 3. 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 ütőkóként 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 3.3. 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 száraz, héjak, fűszálak, stb.) a felhasználásával létrehozott tárgyak és eszközök csoportja. Ezekből a növényi anyagokból minimális, akár kézzel vagy fogakkal végzett 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).

4.2. 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 3. 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: 3.4 alfejezet) 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, 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, a 4. majd az 5. fejezetekben amellet érvelek, 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 kidolgozásához. Ennek az adatcsoportnak 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.

4.3. 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, vágóéllel 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 3.2. alfejezetben láttuk, e határvonal átlépésének a legkorábbi bizonyítékát a 3,3 millió éves Lomekwi eszközök jelentik (Harman és mtsai, 2015).

Az ütőkő/üllő technológiák és az organikus technológiák eltérő szerepe a csimpánzoknál

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, illetve használatuk változatossága és technológiai komplexitása 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 a fenti 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 köeszközöknek 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, például mézgyűjtéshez akár 4-5 eszköztípusból álló eszközkészleteket 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 sokszor meghaladhatja a tízet. Ráadásul, mivel a legtöbb populáció saját egyedi technológiai repertoárt, azaz típuskészletet alakít ki, így 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:

- 1) a csimpánzok esetében az organikus technológiák kategóriájának használatára a technológiai komplexitás és változatosság magasabb szintje jellemző, mint az ütő kövek kategóriájának használatára.
- 2) 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.¹⁹

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: 3. 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)

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

¹⁹ 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 (leütéses) technology” kifejezés használatos.

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 itt nyolc különböző dimenzióját fogom vizsgálni, illetve összehasonlítani. Az alábbiakban e nyolc dimenziót először egyesével definiálom, majd a csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó összegző tanulmányokra (így például: McGrew 2010; 2013 Hunt, 2020; Whiten és mtsai, 1999 és 2001) támaszkodva röviden értékelem is.

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 és Almeida-Warren, 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 nyersanyag (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 természetjáró bejáratának kitágítása bottal, természetfogás fűszál használatával, stb.). Ez tekinthető az eszközhasználat alapsémájának, 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 természetjáró vagy hangyaboly bejáratának 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 kőkalapácsok és üllők használata. Ezeknek a súlyos, nehezen szállítható eszközök, melyek a táplálkozási helyeken maradnak és több alkalommal visszatérve ismételtelen 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 eszközhasználatához 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 a fentebb leírt 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). Ezzel szemben, 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 (Luncz és mtsai, 2018). Vagyis összességében a csimpánzoknál az organikus anyagok (ágak, szarak, levelek, stb.) eszköz-funkcióban történő használata terén jelentősen nagyobb mértékű technológiai komplexitás mutatható ki, mint az ütőkövek és üllők használatában.

Összegezve tehát, 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 fajok 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).

4.5. 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 a 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 kérdésfeltevéseit 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.²⁰

Ennek az új megközelítésnek a kidolgozása során a főemlősrégészet kezdetben a főemlősök kőeszköz-használatát állította a középpontba, vagyis az az ütőkövek/üllők általam 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 eszközhasználatára, vagy azt kövözően (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). Ez a megközelítés kezdetben tehát a csimpánzok kutatása esetében is elsősorban kőeszközök használatának kutatására területén

²⁰ 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.

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 „fömlősrégészet” egy új irányzatból napjainkra már a primatológia általános, standard megközelítési módjává vált. Mindennek jelenleg is zajló fontos következményei vannak 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 és Almeida-Warren, 2021; Luncz és mtsai, 2022; Boesch és mtsai, 2020).

4.6. „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 4.2 – 4.3. 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 kövek 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 folytatott 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 és Almeida-Warren, 2021). Ez a technológiai viselkedés mind funkcionálisan sokrétű, mind pedig a csimpánzok fejlett kognitív képességeinek a sokoldalú alkalmazását feltételezi (Lonsdorf és Sanz, 2022). 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 2019). Ezekre a környezetükben nagy mennyiségben rendelkezésre álló növényi anyagokra épülően azonban, a komplex technológiai viselkedés számos komplex formáját alakítják ki.

5. fejezet

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

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

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

Az 1. fejezetben egy filogenetikus perspektívából a Hominin technológiai evolúció két szakaszának elkülönítésére tettem javaslatot, az eszközhasználat, mint viselkedés evolúcióján belül:

- 1) az esetleges előfordulás állapota: az eszközhasználat egyes emberszabású vagy Hominin fajoknál megjelenik, más fajokál azonban hiányzik
- 2) az általános előfordulás állapota: az eszközhasználat filogenetikus elterjedése általánossá válik, vagyis e viselkedés minden Hominin fajnál kimutatható.

Míg a 2) állapot kialakulása nagy valószínűséggel összekapcsolható a pattintott kőeszközök megjelenésével, melyek használata valamennyi, 2 millió éven belül evolválódott Homo fajnál régészetiileg is bizonyítható (1. fejezet). A ma élő csimpánzoknak az előző, 4. fejezetben tárgyalt, organikus anyagokra épülő összetett technológiai viselkedése viszont felveti annak a lehetőségét, hogy a fenti 1) állapot, azaz az eszközhasználat esetleges előfordulásának állapota elsősorban az organikus technológiák használatával kapcsolódhatott össze.

Elméleti és módszertani szempontból a nagy megoldandó kérdést tehát az jelenti, hogy a régészeti leletek hiányában hogyan közelíthető meg a Hominin technológiai evolúciónak ez a hosszú átmeneti fázisa. A paleoantropológiának a technológiai evolúció hagyományos narratívája ugyanis kizárólag egyetlen adat-csoporton, a régészeti lelőhelyeken előkerülő kőeszközök adatain alapul (lásd: 3. fejezet). Ezek az adatok viszont egyoldalú módon torzítanak és korlátozzák a technológiai evolúcióra vonatkozó magyarázatokat is. A kőeszköz adatok ugyanis egyáltalán nem szolgáltatnak információkat az organikus (növényi

anyagokon alapuló) technológiák evolúciós szerepére és az ilyen technológiák korai adaptív funkcióira vonatkozóan.

Itt, az 5. fejezetben, illetve azt követően a Disszertáció teljes II. részében, amellet fogok érvelni, hogy a fent vázolt elméleti és módszertani problémának a megoldását a csimpánzok fentebb részletesen bemutatott, organikus technológiákra eszközhasználatára evolúciós analógiaként való használata jelenti 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; Wynn és mtsai, 2011; Luncz és mtsai, 2018; Bandini és mtsai, 2022). E megközelítések középpontjában azonban általában csupán a csimpánzok és korai Hominin fajok technológiai viselkedése között mindössze egyetlen területen fennálló, közvetlen, direkt analógia lehetőségének feltételezése áll: egyrészt a csimpánzok ütőkő és üllő használata, másrészt a Homo fajok ütőgetéses (pattintásos) kőeszköz készítési eljárása közötti analógia.

E korlátozott megközelítésekkel ellentétben, ebben a Disszertációban a csimpánzok és a Hominin fajok között a kőeszközök használatának területén fennálló evolúciós analógiát megpróbálom majd egy szisztematikusan használt, komparatív filogenetikus elméleti kereten belül, a technológiai viselkedés számos további aspektusára is kiterjeszteni. Ez a keret így lehetőséget nyújthat rá, hogy a technológiai viselkedés számos különböző, a kőeszközhasználaton túlmutató aspektusának az evolúcióját is tanulmányozhassuk. Az itt bemutatásra kerülő megközelítés fő célja annak feltételeinek megteremtése lesz, hogy a nem-humán nagy emberszabásúak (*Hominidae*), és a már kihalt korai emberfélék fajainak (*Hominini*) az eszközhasználatát egy egységesített elméleti és fogalmi kereten belül tárgyaljuk.

A fent vázolt célkitűzés elméleti feltételeinek kialakítása céljával, ebben a fejezetben tehát részletesen áttekintem azokat a kérdéseket, hogy a csimpánzok technológiai viselkedését milyen filogenetikai, illetve ökológiai összefüggések mentén kezelhetjük úgy, mint a korai Hominin fajok eszközhasználatának az evolúciós analógiáját.

5.2. 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 eszközhasználatát, 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 őstől (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.

5.3. 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 fajára 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 főemlősfaj megfeleltethető sajátosságaival összehasonlítva alakítanak ki filogenetikus következtetéseket.

A fent ismertetett kritika ellenére, számos érv hozható fel amellet, 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.

5.4. 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 emberféléket (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*)²¹ 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).

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 nemzettség (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.²² 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.

²¹ 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.

²² Természetesen ez az állítás csak az ember, azaz a *Homo sapiens* figyelmen kívül hagyásával érvényes.

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 ős (LCA) is rendelkezett (Rolian és Carvalho, 2017). Ebből következtetve, 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.

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).

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.²³

²³ 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).

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 és Carvalho, 2017)
- 2) helyi, csak az adott populációkra jellemző eszközhasználati repertoárok, vagyis a regionálisan eltérő kulturális tradíciók kialakulása is (Whiten és mtsai, 1999 és 2001; Kamilar és Atkinson, 2014).

A fenti két közös sajátosság megléte tehát további erős érvet jelent a csimpánznak a modell-fajként való kezelésére a technológiai evolúció tanulmányozása során. Ugyanakkor a csimpánzok esetében a komplex technológiai viselkedés 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).

Össességében tehát a csimpánzok technológiai viselkedését olyan mértékű változatosság és komplexitás jellemzi, amely egyedülálló az állatvilágban. Ez legjobban azzal fejezhető ki, hogy e fajnál az eszközhasználati módok több formája ismert, mint az összes többi főemlős-fajnál együttesen (McGrew, 2013). 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 testvérfaja, 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 szelektív 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 tekinthetők 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 talajszint 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 a 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 kétlábon járáson (bipedalizmus) alapuló helyváltoztató mozgás és az ahhoz szükséges testfelépítés kialakulása (Pilbeam és Lieberman, 2017), 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 bütökre támaszkodó négy lábú 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.²⁴ 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.

²⁴ 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 kérdései esetében a páviánok tanulmányozása mellőzhető, mivel jelenleg az eszközhasználatra vonatkozóan nincsenek bizonyítékok a pávián-fajok körében.

5.5. A csimpánz eszközhasználat, mint a Hominin technológiai viselkedés evolúciós analógiája

{Chimpanzee tool use as an evolutionary analogy of Hominin technological behaviour }

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).

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 (4. fejezet) legalább olyan súlyú és jelentőségű bizonyítékcsoportot nyújtanak a humán technológiai evolúció elméletei számára, mint a paleolitikus régészet által feltárt legkorábbi kőeszközök (3. fejezet). Mindennek megfelelően, a Hominin technológiai evolúció korai időszakát a Disszertáció II. részében egy evolúciós analógia keretein belül értelmezem majd újra:

- az analógia első felében a csimpánzok technológiai viselkedésére vonatkozó adatokat tekinti majd át (6. és 7. fejezetek),
- ezt követően, a csimpánz eszközhasználat fő aspektusainak ismeretében, második lépésben a korai Hominin- és Homo- fajok technológiai repertoárjára vonatkozó hipotéziseket alakítok ki (8.- 10. fejezetek).

II. RÉSZ

A HOMININ TECHNOLÓGIAI VISELKEDÉS EVOLÚCIÓJA

NÉGY ADAPTÍV TERÜLETEN

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

..

6. fejezet

A csimpánzok és a technológiai viselkedés három adaptív területe

{ The chimpanzees and the three adaptive domains of technological behaviour }

6.1. Bevezetés a II. részhez

{Introduction to Part Two}

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 felhasználva (lásd: 4. és 5. fejezet), olyan evolúciós tendenciákat is azonosítsunk, amelyek megelőzték a korai Oldowan kőeszközök hozzávetőleg 2,6 millió évvel ezelőtti megjelenését. Ezért itt, a II. rész fejezeteiben tehát az I. részben már felvázolt komparatív megközelítést arra a célra fogom felhasználni, hogy a humán technológiai evolúciónak egy új, általános modelljét mutassam be. Ennek a modellnek a középpontjában az a később részletesen bemutatásra kerülő hipotézis áll majd, hogy a Hominin technológiai viselkedés evolúciós eredete nem korlátozódik egyetlen fő adaptív területre, ehelyett az eszközhasználat megjelenésére az alábbi négy fő, párhuzamosan egymás mellett fejlődő adaptív-funkcionális területen is sor került:

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

Egy ilyen, a technológiák különböző, eltérő adaptív funkcióit a középpontba állító megközelítés ugyanakkor jelentősen eltér azoktól a korábbi megközelítésektől, amelyek kizárólagosan a pattintott kőeszközök kategóriáját (lásd: 3. fejezet) állították a humán technológiai evolúció magyarázatának a középpontjába. Ez a kizárólag egyetlen technológiai

kategóriára, a pattintott kőeszközökre fókuszáló megközelítés egyaránt jellemző a technológiai evolúció régészeti, evolúciós antropológiai, kulturális evolúciós és kognitív megközelítéseire is. Mindez három közös, alapvető tematikai hiányosságot idéz elő:

i) a Hominin technológiai viselkedés filogenetikus folytonosságának mellőzése:

Először, a kőeszköz-fókuszú megközelítések egy erősen 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) az organikus technológiák evolúciós szerepének mellőzése:

Másrészt, a kőeszközökre fókuszáló régészeti, kognitív, és kulturális evolúciós elméletek mellőzik az organikus technológiák evolúciós szerepének a vizsgálatát. Ugyanakkor, mint azt a 4. fejezetben tárgyaltam, a csimpánzok viselkedésének tanulmányozásán keresztül kialakítható evolúciós analógiák alapján, az organikus technológiák evolúciós szerepe legalább olyan jelentős, mint a pattintott kőeszközöké.

iii) egyetlen adaptív funkció, a táplálkozási funkció egyoldalú és kizárólagos feltételezése: Harmadrészt, a kőeszköz-centrikus elméletek további vizsgálat nélkül, előfeltevésként elfogadja azt a viselkedésokológiai ihletésű alapfeltevést (axiómát), 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 (Thompson és mtsai, 2019; Dominguez-Rodrigo és Pickering, 2017).

E három, itt csak röviden vázolt problémakör tehát 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 viszont a

továbbiakban a fentebb megnevezet harmadik problémának, azaz a korai technológiák többféle, változatos adaptív funkciójának azonosításának a kérdése áll majd. A technológiai evolúció legtöbb elmélete jelenleg teljesen mellőzi ezt a kérdéskört. Ennek fő oka, hogy a paleoantropológiában és a régészetben az 1970-as évektől kezdődően széles körben elfogadott az a viselkedéskökológiai indíttatású elméleti magyarázat, hogy a korai technológiák kialakulására és evolúciójára egyetlen fő adaptív területen, a táplálékszerzés adaptív területén belül került sor (Isaac, 1977 és 1978, Clark, 1969; Hovers és Belfer-Cohen, 2020; Thompson és mtsai, 2019; Dominguez-Rodrigo és Pickering, 2017).

Itt a további fejezetekben egy ettől a kizárólag táplálkozás területére fókuszáló megközelítéstől alapvetően eltérő elméleti perspektívát fogok kidolgozni. Ennek középpontjában a ma élő csimpánzok viselkedésének (mint a kihalt Hominin fajok viselkedésének evolúciós analógiájának) a részletes elemzése áll majd. Ahogyan azt a továbbiakban látni fogjuk, a csimpánzok eszközhasználata ugyanis nem korlátozódik a táplálkozás területére, hanem többféle, párhuzamosan egymás mellett létező adaptív funkció betöltésére is alkalmazható.

6.2. 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 az 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 viselkedéskökológiai megközelítés, amely a táplálkozás és táplálékszerzés adaptív területét állítja a technológiai evolúció magyarázatának középpontjába, alapvető hatással bír mind a primatológián, mind a paleoantropológián (paleolitikus régészetben) 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.

6.3. 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 eszközhasználatának²⁵ 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

²⁵ Bár itt a Disszertációban csak a technológiai viselkedést tárgyalom, a kulturális viselkedésnek vannak további, az eszközhasználatától 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.²⁶ 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,²⁷ 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). Adaptív terület: A táplálék feldolgozás területe.

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

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

2). Adaptív terület: A táplálékszerzés területe.

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

²⁶ Az ilyen tárgyakra irányuló impulzív viselkedés tehát álláspontom szerint, a kutatásban elterjedt közfelfogás ellenére (Goodall, 1986; Hunt, 2020), nem kategorizálható a tárgyak eszközként való használataként. 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.

²⁷ 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.

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

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

- A saját testre irányuló eszközhasználat adaptív területéhez számos olyan, egymástól különböző viselkedésmódot sorolok, melyek közös sajátossága, hogy e viselkedések adaptív funkciót töltenek be 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.

6.4. 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 eszközhasználattal járó, 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 feldolgozás, mint viselkedés célja tehát a nem ehető, kemény külső rész eltávolítása, míg maga az ehető belső rész nem igényel további feldolgozást. Az ilyen külső, extraorális 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 feldolgozás 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; Fragaszy 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.²⁸ 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 ütőkő 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).

6.5. 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),

²⁸ 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).

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.²⁹

A két adaptív területen az eszközhasználat céltárgya terén fennálló, fent leírt különbségnek 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 termékek 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

²⁹ 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.

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.

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 természetvárák 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 és Morgan, 2009)
- **d) kis testű emlősök:** hosszú, viszonylag egyenes, vagy meghajló faágak használata a faodúokban rejtőzködő és pihenő kistestű galágóknak (fülesmakiknak) az odúból való kihúzása céljával (Pruetz és Bertolani, 2007) Ennek az eszközhasználati módnak a sajátossága a faágak végein a hegyeszerű végződés kialakítása a fogak használatával. Emiatt ezek a tárgyak nem csupán szondázó eszközök (mint a természet 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 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 helyi populációinak aviselkedése rendkívül flexibilis az eszközhasználat újabb és újabb változatainak kialakítása tekintetében. Egy ilyen új megfigyelés volt például a vízen lebegő algák faággal való lehalászása, vagyis egy vízi táplálékforrás megszerzése eszközzel a Nyafrikai Guineában (Matsuzawa, 2019). A Disszertációban a továbbiakban a csimpánzok technológiai viselkedésének arra a sajátosságára, hogy egy adott adaptív területen belül is folyamatosan újabb és újabb adaptív alterületek alakulnak ki, az „adaptív diverzifikáció tendenciája” elnevezést használom. Később, a 7. fejezetben külön is tárgyalni fogom azt a kérdést, hogy milyen elméleti kereteken belül értelmezhető ez a tendencia.

6.6. Az eszközhasználat első és második adaptív területének eltérő kognitív háttere és különböző filogenetikus eredete

{ Different cognitive backgrounds and different phylogenetic origins of the first and second adaptive domains of tool use }

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 amellet 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 6.6. 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 eltérő kognitív erőforrások és képességek kérdését
- B): A technológiai viselkedés eltérő filogenetikus eredetének kérdését.

A): A technológiai viselkedéshez szükséges eltérő kognitív erőforrások és képességek

A csimpánzok által alkalmazott technológiai viselkedéshez szükséges kognitív képességek jelentősen eltérését feltételezhetjük az 1. és a 2. adaptív területen, ugyanis e két területen belül az eszközhasználat és annak céltárgya között megvalósuló interakció összetettsége is jelentősen különböző:

- 1) táplálék feldolgozás területén:

A táplálék, mint elsődleges céltárgy közvetlenül, kézzel manipulálható, az eszközhasználat hatótávolsága pedig korlátozottabb. A tevékenység célja csupán a táplálék (mint elsődleges céltárgy) külső, szilárd burkolatának vagy héjának eltávolítása, és ezáltal az ehető belső részhez 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 közegben helyezkedik el. (Ilyen környezeti közegek például: a természetvárok és hangyabolyok belseje, vagy a méz esetében a faodúk és kaptárak, az ehető gumók esetében pedig a talaj.) A tevékenység célja itt táplálékot tartalmazó közegnek (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 területére 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.

Összegezve, 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). Ezzel szemben, a táplálékfeldolgozás adaptív területe (a külső burkolatok, héjak eltávolítása) kevésbé igényli az összetett kognitív erőforrások részvételét. A különbségeket az alábbi öt pontban foglalhatjuk 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 természetvár külső falát, majd egy lecsupaszított vékony gallyat bevezetnek a járatokba, hogy az abba kapaszkodó természeteket 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 (hég) 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

Feltehetően a kognitív képességek fent tárgyalt különbségétől nem függetlenül, 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. E feltételezés alapját e két viselkedési terület filogenetikus státuszának a főemlősök (Primata) rendjének egészére kiterjedő, komparatív elemzése jelenti, amelynek alapján 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 ősnél 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.

A fentebb, az A) pontban tárgyalt összefüggés, miszerint a táplálékszerzés adaptív területén a technológiai viselkedéshez magasabb szintű kognitív erőforrások szükségesek, egyúttal magyarázatot adhat az itt leírt filogenetikus összefüggésre is, 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 egyidejű megléte is szükséges, így például például: az oksági következtetések kialakítása, a cselekvési sor lépéseinek és sorrendjének tárolása a munkamemóriában, a végrehajtó funkciók (önkontrol, figyelem) hatékony fenntartása az cselekvési sor összes lépésének befejezéséig.

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 az újabb primatológiai kutatások a későbbiekben még szükségessé tehetik.)

6.7. 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 adaptív 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.³⁰ Az itt

³⁰ 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

felsorolt eszközhasználati módokat a harmadik adaptív területen belül, mint önálló adaptív alterületeket kategorizálok:

- 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).

E mellett a fészkek használata funkcionálisan is sokoldalú: éjjeli és nappali pihenőhelyként, illetve az egymás mellé épített fészkek a csoportos gyülekezés helyszínéül 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:

ezután, a jövőben újonnan felfedezett eszközhasználati módnál a saját testre irányuló cselekvés szándéka kimutatható.

- egyrészt, a fészek éjszaka védi a testet kihűlésétől, így hozzájárul a testhőmérséklet megőrzéséhez.
- másrészt, a fészek 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 használta (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 alkalmasnak (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 érni, - azonban a spongya megakadályozza a víz szétfolyását, így növeli egy már létező testi viselkedés hatékonyságát.³¹

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

³¹ A csimpánzok spongya használata összességében analógiába állítható a jelenkori emberi pohár használatával, mint viselkedéssel: mint két esetben a vízivásnak, mint testi aktivitásnak az eszközhasználat útján való megkönnyítésére és hatékonyabbá tételére kerül sor.

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) tárgyakkal, eszközökkel, anyagokkal és folyamatokkal 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).

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 szerezhetnek sebeket.

A saját testhez kapcsolódó technológiák filogenetikus eredete

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 fészkeképítés (mely viselkedése fejezetben a technológiai viselkedés 3. adaptív területének az 1. alterületeként kategorizáltam) legkorábban a nagy emberszabásúak közös őseinél jelenhetett meg, hozzávetőleg 15 millió éve.

A fészkeképítés 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 szünapomorfa (filogenetikusan új, közös szerzett sajátosság) alakult ki ez a viselkedésforma. Feltételezhető továbbá, hogy ez a következtetés nem csak a fészkeképítésre, hanem általában véve a saját testre irányuló eszközhasználat területének más, ebben az alfejezetben tárgyalt példáinak a főemlősök rendjén belüli filogenetikus helyzetére is érvényes.

6.8. 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 a recens emberszabásúak családján belül, mivel 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 és megjelenésnek időrendjét illeti, erre vonatkozóan az előző alfejezetekben a következő feltételezéseket fogalmaztam meg:

- **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 főemlősénél magasabb szintű kognitív képességek kialakulása (fejlett munkamemória, ok-okozati kapcsolatok felismerése, előrelátás és tervezés).

Összegezve, 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.

7. fejezet

Adaptív diverzitás a csimpánz eszközhasználat három területén belül

{ Adaptive diversity within the three domain of chimpanzee tool use }

7.1. Az eszközhasználat regionális különbségeinek kétféle értelmezése: kulturális diverzitás vs. adaptív diverzitás

{ Two interpretations of regional variations in tool use: cultural diversity vs. adaptive diversity }

Az előző fejezetben a csimpánzok technológiai viselkedésének három fő adaptív területét különböztettem meg, melyeken belül az eszközhasználat kivitelezése eltérő kognitív képességeket igényel, illetve eltérő módon járul hozzá az egyedek inkluzív fitneszéhez is:

1) táplálék feldolgozás területe; 2) a táplálékszerzés területe; 3) a saját testre irányuló eszközhasználat területe.

E három terület mindegyikére jellemző, hogy az Afrika számos régiójára kiterjedő primatológiai terepkutatások újabb és újabb eszközhasználati módok jelenlété dokumentálják, melyek közül sok csupán bizonyos csimpánz populációkra korlátozódik (Whiten és mtsai, 1999 és 2009; McGrew, 2010). A csimpánzok eszközhasználatának megértése szempontjából lapvető kérdés, hogy az ilyen helyi, regionális sajátosságnak tekinthető technológiai variánsoknak a megjelenése milyen oksági tényezőkhez köthető. A kérdés megválaszolásának kiindulását az a megfigyelés jelentheti, hogy 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 2014; Whiten, 2017; - illetve lásd még: a Disszertáció 2. fejezete).

Azonban még ha el is fogadjuk azt a feltételezést, hogy a csimpánz technológiák regionális variánsainak megjelenés mögött a kulturális átadás és tanulás folyamatai állnak, e jelenségnek

kétféle lehetséges elméleti értelmezése is felvethető: 1) a kulturális diverzitás feltételezése, illetve 2) az adaptív diverzitás feltevése. Tekintsük át ezeket röviden.

1) A kulturális diverzitás feltételezése: 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 azt feltételezi, hogy a technológiai változatosság kialakulására a szociális tanulás és a kulturális átadás folyamatai (lásd: 2. fejezet) vannak hatással. E megközelítés szerint, a kulturális átadás-átvétel mechanizmusainak köszönhetően minden csoporton megjelennek és fennmaradnak a csak az adott csoportra jellemző technológiai variánsok, melyek együttesen egy önálló kulturális tradíciót (repertoárt) alkotnak (Whiten, 2017).

1) Az adaptív diverzitás feltételezése: Ugyanakkor, ebben a Disszertációban a technológiai változatosságnak az itt tárgyalt 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 e jelenségre, vagyis a technológiai viselkedés valamely adaptív főtérületén belül több jól elkülöníthető viselkedési módnak (azaz technológiai variánsnak) a megjelenésére a 6. fejezetben a technológiai viselkedés „adaptív diverzifikációjának tendenciája” elnevezés használatát javasoltam. Ez az elnevezés egyúttal azt is hangsúlyozza, hogy a technológiai variánsok megjelenése nem csupán a kulturális diverzifikációra (az eltérő élőhelyeken élő csimpánzok kulturális tradícióinak regionális eltéréseire) vezethető vissza. E helyett, az eltérő technológiai variánsokat az eltérő ökológiai környezethez illeszkedő viselkedési adaptáció módjaként értelmezhetjük.

E második, a technológiák adaptív funkcióját hangsúlyozó értelmezés alapja az a feltevés, hogy az egyes csimpánz-populációkra jellemző különböző technológiai variánsok eltérő mértékben járulnak hozzá az egyedek fitneszéhez, ezáltal e populációk eltérő mértékű demográfiai sikerességét idézve elő – mely folyamat kimeneteleként egy adott ökológiai régióban az adott technológiai variáns használata a helyi populáción belül általánossá válik (Shennan, 2013). 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). Ugyanakkor összességében a kutatásban jelenleg inkább a másik, általam fentebb elsőként ismertetett megközelítés, azaz a technológiai különbségek kulturális értelmezése van túlsúlyban.

A technológiai viselkedésnek általam is javasolt második, adaptív stratégiaként való értelmezését azonban nagymértékben 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 össz-mennyiségét, és így inkluzív fitnessüket is. Számos más, ehhez hasonló példa is alátámasztja, hogy az egye eszközhasználati variánsoknak mérhető és kvantifikálható, vagy más összefüggések mentén valószínűsíthető, közvetlen fitness-hozzájárulása van (Sanz és Morgan, 2007; 2009; 2013).

A csimpánzok technológiai tehát adaptív viselkedési stratégiaként értelmezhetőek, és e tekintetben az emberi technológiai viselkedés legközelebbi evolúciós analógiáját jelentik a főemlősök körében. 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. E feltétel fennállása esetében 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 a megelőző bekezdésben említett adatok alapján már egyértelműen megjelenik a csimpánzok eszköz használata esetében is.

7.2. Adaptív diverzifikáció a csimpánzok eszközhasználatának három adaptív területén **{Adaptive diversification within the three adaptive domains of chimpanzee tool use}**

A megelőző alfejezetben 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. A fenti általános jellegű, elméleti bevezetőt követően, ebben az alfejezetben külön is megvizsgálom a csimpánz eszközhasználat három fő adaptív területét, és az adaptív diverzitás tendenciájának az érvényesülését az egyes területeken. Mindehhez a 7.1. ábra jelenti majd a kiindulást, amely a 6. fejezetben ismertett információkon alapul.

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

7.1. ábra.

Adaptív alterületek a csimpánzok technológiai viselkedésének három adaptív területén

Ami az 1. területet (táplálék feldolgozás) illeti, itt mindössze egyetlen fő adaptív alterületet találhatunk, a növényi termések feltörését ütőkő és üllő használattal. Vagyis az adaptív diverzitás szintje e területen látszólag alacsony. Ennek fő oka az lehet, hogy a csimpánzok

élőhelyén számos olyan táplálék-forrás rendelkezésre is áll, amelyet a testi adaptációk, azaz a fogazat használatával is el tudnak fogyasztani. Mindazonáltal, az eszközhasználat diverzitásának e látszólagos hiánya ellenére, az ütőkő és üllő használat egyetlen alterületén belül is számos regionális technológiai variáns kialakult (Luncz és mtsai, 2012 és 2018). A csimpánzok ütőkő használatának területén az ilyen „technológiai különbségeknek”, vagyis variációknak három fő megjelenési területe azonosítható:

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

Összegezve tehát, a technológiai viselkedés első adaptív területének (a táplálék feldolgozásnak) egyetlen alterületén belül, 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 (Luncz és mtsai, 2012; Matsuzawa és mtsai, 2011; Whiten és mtsai, 2001).

A második adaptív területen (táplálékszerzés) az előző területnél lényegesen nagyobb számú különböző adaptív alterületet találhatunk. Az általam itt használt egyszerű kategorizáció mindössze a fő élelem források megkülönböztetésén alapul, és így legalább hat alterületet tartalmaz. Az eszközhasználat adaptív diverzitása a táplálékszerzés területén valójában ennél is magasabb szintű, mivel a fő tápláléktípusok közül több olyan is van (méz, hangyák, termeszek), amelyekhez számos eszköztípus és többféle eszközhasználati mód is kapcsolódik. Ennek a magas szintű technológiai változatosságnak és adaptív diverzitásnak a magyarázata az, hogy bizonyos ökológiai körülmények esetén minden egyes, az eszközhasználattal elérhető új táplálékforrás kiaknázása plusz kalória mennyiséget és azon keresztül magas fitness-hozzájárulást biztosíthat a csimpánzok számára.

Végül a harmadik területen (a testhez kapcsolódó eszközhasználat) szintén nagy számú különböző adaptív alterület megjelenése mutatható ki. Míg azonban a 2. területen (táplálékszerzés) a technológiák használatának a fitness hozzájárulása egységes módon a magasabb kalória össz mennyiség biztosítására irányul. Ezzel szemben itt, a 3. területen nehezebb általános következtetéseket kialakítani, mivel a saját testtel kapcsolatos

technológiák egy heterogén területet alkotnak, melyen belül az eszközhasználati módok mindegyikének sajátos, egyedi fitness- hozzájárulása van (lásd: 6. fejezet). Az ide sorolt öt különböző adaptív alterület (7.1 ábra) azonban összességében azt mutatja, hogy a csimpánzok a saját testhez kapcsolódó technológiák adaptív területén is rendelkeznek az új innovációk kialakításához szükséges kognitív – és viselkedéses képességekkel.

7.3. Az innovatív képességek evolúciója a csimpánzoknál

{The evolution of innovativity in chimpanzees}

A fentiekben ismertetett tendenciák alapján tehát a csimpánzok esetében az adaptív diverzifikáció tendenciája nem korlátozódik egyetlen adaptív területre, hanem mint láttuk, bár eltérő intenzitással, de mind az első, mind a második területen, a táplálék feldolgozáson és a táplálékszerzésen belül is megjelenik. E mellett 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 általános, a technológiai viselkedés új formáinak a kialakítására irányuló kognitív-viselkedéses képességnek a megjelenésén alapul. Az újítások kialakításának a képességét, mint azt már a 2. fejezetben tárgyaltam, átfogóan az innováció (és innovativitás) koncepciójával szokás leírni mind a viselkedéstudományokban, mind a pszichológiában. Az etológiában pedig ugyanez a kifejezéssel szokás leírni az állati eszközhasználat különböző új formáinak a kialakítását (Reader és mtsai, 2016, Navarrete és mtsai, 2016).

Mindazonáltal, a csimpánzok eszközhasználatának itt bemutatott leírása alapján, felvethető az az állítás, hogy e faj eszköztípusainak változatossága, illetve eszközhasználati módjainak komplexitása nagyszámú eltérő adaptív funkciója tekintetében is nagyságrendileg más szintet képvisel, mint a néhány további eszközhasználó főemlős faj. Összességében tehát indokolt lehet a csimpánzok technológiai képességeit az innovativitás egy sajátos, csak e fajra jellemző változataként definiálni. Erre a technológiai képességre vonatkozóan itt „a flexibilis flexibilis adaptív innovativitás képessége” elnevezés használatát javasolom, és az alábbi definíciót alkalmazom rá:

- a flexibilis adaptív innovativitás képessége úgy definiálható, mint az 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. Az azonos kontextuson belüli ismétlődésének következtében, az innovatív viselkedés egy adott viselkedési területen hosszabb távon is rögzülhet és így hatást gyakorolhat a populáció egyedeinek inkluzív fitnessére.

A flexibilis adaptív innovativitás a fenti definíció értelmében tehát a technológiai innovativitás egy olyan változata, amely más állatfajok korlátozott eszközhasználatával ellentétben, nagy számú adaptív viselkedési területen megjelenhet.

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 itt a csimpánzokkal kapcsolatban javasolt meghatározás tehát mindössze azon kritérium tekintetében tér el az innovativitás koncepciójának más meghatározásaitól, hogy kihangsúlyozza az innovatív viselkedés függetlenségét bármely előzetesen behatárolt viselkedési területtől, beleértve a táplálkozás területét is, amelyet a kinyeréses táplálkozás hipotézise a főemlősök eszközhasználatának kiemelt területként kezel (Gibson és Parker, 1977; Parker, 2015). Az itt javasolt definíció ezzel szemben arra helyezi a hangsúlyt, hogy a csimpánzok innovatív képessége adaptív módon és flexibilis jelleggel, párhuzamosan számos különböző viselkedési területen kialakíthat hatékony eszközhasználati formákat.

Ily módon az innovativitás más fajokra is jellemző változataihoz hasonlóan, a flexibilis adaptív innovativitás képessége hozzájárulhat az olyan új 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 ezt követően 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 az ahhoz kapcsolódó fejlett kognitív képességek előzetes kialakulásán és meglétén alapul (Lonsdorf és Sanz, 2022). Ezért megfogalmazható egy előzetes feltevés, miszerint a flexibilis adaptív innovativitás képessége valójában nem önálló képesség, hanem csupán a magasabb szintű általános intelligencia egyik megvalósulási módja (Navarrete és mtsai, 2016; MacLean, 2014). Mindazonáltal e kérdés jelenleg nem dönthető el véglegesen, és az intelligencia mellett talán további, nagyobb mértékben terület-specifikus kognitív képességek is részt vesznek a csimpánz-eszközhasználat megvalósításában. Összességében tehát az itt említett három tényező, vagyis a flexibilis adaptív innovativitás képessége, az általános intelligencia, és a technológiai viselkedés között fennálló oksági összefüggések és hatásmechanizmusok azonosítása a további kutatások feladatának kell lennie.

7.4. 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 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. – 7. fejezet), és ennek analógiájára az feltételezhető, hogy a korai Hominin fajok esetében is érvényesült (lásd később: 8. fejezet). Vagyis az adaptív diverzifikáció folyamata a technológiai evolúcióval járó eszközhasználat (lásd: 2. fejezet) egy kezdeti, egyszerű formáját képviselheti. Ily módon az eszközhasználat adaptív diverzítésének megjelenése a Pan-Homo közös ősnél (vagy akár a Pan-Homo filogenetikai szétválást követően) jelentős hatást gyakorolhatott a Hominin 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 a fentebb tárgyalt 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 törzsfajlódási utat, az egyedeknek pedig egy más módon, de szintén bonyolult egyedfejlődési útvonalat kell bejárniuk.

Összegezve, a technológiai viselkedés kialakításához nélkülözhetetlen adaptációk (képességek) 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-Condit, 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 képességek 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 képességnek” tekinthető, amely több, már korábban kialakult adaptációra és képességre épül rá (Parker és Gibson, 1979; Parker, 2015; van Schaik, 2016; MacLean, 2014). Ezeknek a adaptációknak és képességeknek a megszerzése egy olyan evolúciós küszöböt jelent, amelynek az eléréséig viszonylag kevés fajt 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 képességre erős pozitív szelekció irányulhat. Ennek alapvetően kettős oka van:

- mivel ez a képesség nagymértékben növeli a birtokosa inkluzív fitneszt,
- 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 hogyan és miért került sor a technológiai viselkedés nagyszámú különböző formájának a kialakítását lehetővé tevő flexibilis adaptív innovativitás képességének (lásd: 7.3) a megjelenésére.

8. fejezet

A Hominin technológiai viselkedés evolúciója: a kőeszközök megjelenését megelőző fázis

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

8.1. 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. és 7. 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.

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.

Ez a megközelítés összességében 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 génusz* legkorábbi korai fajainak az eszközhasználatára vonatkozóan. Ennek a feltételezésnek az alapja az a feltevés, hogy a ma élő csimpánzok viselkedése és ökológiája megfelelő etológiai modellt jelent a Pan és Homo genuszok közös ősének a viselkedésére és ökológiájára vonatkozó következtetések kialakításához (lásd: 5. fejezet).

Ugyanakkor a fenti általános analógián túlmenően, e fejezet érvelése arra a hipotézisre épül, hogy az eszközhasználatnak a csimpánzoknál tárgyalt mind három adaptív területe (a táplálék feldolgozás, a táplálékszerzés és a testhez kapcsolódó technológiák területe) folytatólagosan megőrződött a legkésőbb 6 millió éve lezajló, Pan-Homo szétválást követően kialakuló korai Hominin fajok, majd a Homo genusz fajainak a technológiai viselkedésében is.

E 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 következtetést 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, ahogy azt a 6. fejezetben bemutattam:

- legkorábban az 1. adaptív terület (a táplálék feldolgozás területe) jelenhetett meg, mely 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.

- ezt követte a 3. terület (a saját testhez kapcsolódó eszközhasználat) megjelenése, mely közös szerzett, szünapomorfikus sajátosságnak tekinthető a nagy emberszabásúak (Hominidák) csoportjában, beleértve a csimpánzokat, gorillákat, orangutánokat, és az embereket
- a 2. terület (a táplálékszerzés területe) viszont ennél is később alakulhatott ki, mivel szűkebb körben, csupán a Hominae öregcsaládon belül, melyhez két jelenkori génusz, a csimpánzok (Pan) és az emberek (Homo) tartozik, értékelhető szünapomorfikus sajátosságként.

Arra a kérdésre, hogy a legkésőbb kialakuló 2. terület, azaz a táplálékszerzés technológiáinak adaptív területe miért csak a csimpánzok (Pan) és az emberfélék (Homo) kládjaiban jelenik meg, a legvalószínűbb választ e két klád 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 a 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 étrendje kevésbé változatos és e fajokra ráadásul a növényi, illetve gyümölcsökből álló táplálékok jellemzőek (Malone, 2022), amelyek nagyrészt eszközhasználat nélkül is megszerezhetőek és feldolgozhatóak.

Összegezve, 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.

Tehát a technológiai viselkedés e három adaptív területének a filogenetikus megjelenése és elterjedése a Hominidae öregcsaládban nem korlátozódik a csimpánzokra, mint fajra, - ezért feltételezhető, hogy e területek a Hominini tribus fajainál ugyanígy megőrződtek.

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

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 faj technológiai 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 ő), és annak utódfajai, azaz a már kihalt Hominin fajok viselkedési repertoárjában is jelen volt.

* * * *

Összegezve, a technológiai viselkedés három adaptív területének filogenetikus folytonosságának hipotézise a fent bemutatott kétféle filogenetikus következtetés útján elméletileg is jól alátámasztható. E hipotézis azt feltételezi, hogy miután az eszközhasználatnak a három itt tárgyalt adaptív területe az emberszabásúak (Hominidák) öregcsaládjának evolúciója során a Pan-Homo genusz közös ősnél egyszer már kialakult, azt követően e két taxon későbbi leszármazott fajainak a viselkedési repertoárján belül e három viselkedési terület folyamatosan jelen volt.

8.2. A korai Hominin technológiai viselkedés evolúciója három adaptív területen

{The evolution of the three adaptive domains of technological behaviour in early Hominins }

Az eszközhasználat három adaptív területének a filogenetikus folytonosságának hipotézise tehát a Pan-Homo közös ősből (LCA) kialakuló fajokra, azaz a Hominini (emberfélék) ágához tartozó fajokra is kiterjeszhető. A hipotézist, mint kiindulási pontot felhasználva, ebben az alfejezetben rátérek a Pan és a Homo leszármazási ágak legkésőbb 6 millió évvel ezelőtti

szétválását követően, a három adaptív területen belül lezajló további technológiai evolúció tárgyalására. Ezen belül, azt a kérdést vizsgálom, hogy a kőeszközök rendszeres használata előtti Pre-Oldowan fázisban (vagyis a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig tartó időszakban) a három fő adaptív terület mindegyikén belül milyen fő evolúciós változások azonosíthatóak a csimpánzok viselkedésén alapuló evolúciós analógia keretein belül. Az itt tárgyalt időszakon belül, a **Hominini tribus** korai evolúciójának négy fontosabb filogenetikai csoportját (kládját) szokás megkülönböztetni, mely csoportok valószínűsíthetően egy-egy önálló génusz-t (nemzettséget) is képviseltek:

- 1) az *Ardipithecus*
- 2) a *Paranthropus*
- 3) az *Australopithecus*
- 4) a legkorábbi *Homo* fajok.³²

Előzetesen fontos hangsúlyozni azonban, hogy ezen a hosszú evolúciós időszakon belül jelenleg nincs lehetőségünk a fenti génuszok szintjén, vagy esetleg a fajok szintjén vizsgálni a technológiai viselkedés evolúcióját. E helyett egy olyan megközelítésnek van inkább létjogosultsága, amely a technológiai evolúció alapvető sajátosságait és tendenciáit elméleti következtetések útján írja le. Ennek megfelelően, a technológiai evolúciónak ezt az időszakát az 1. fejezetben egy olyan átmeneti időszakként jellemeztem, amelyen belül a technológiai viselkedés filogenetikus előfordulása feltehetően egyre inkább általánossá (vagyis kizárólagossá) vált a Hominini tribushoz sorolt fajok körében. Ugyanakkor e folyamatot nagyon nehéz rekonstruálni, mivel az Oldowan eszközök megjelenését megelőző időszakokban esetében az eszközhasználat tárgyi bizonyítékainak a teljes hiányával kell számolnunk, mivel e periódusból sem régészeti lelőhelyek, sem régészeti maradványok nem azonosíthatóak.

Ebben az alfejezetben azonban a mellett fogok érvelni, hogy a régészeti adatok hiánya ellenére, a technológiai viselkedés három adaptív területén lezajló fő evolúciós tendenciák jól mégis azonosíthatóak. Egy ilyen azonosítás céljaira azonban a hiányzó régészeti adatok helyett, elsősorban a komparatív filogenetikus kereten belül kialakítható evolúciós analógiák

³² Megjegyzendő, hogy a *Paranthropus*, *Australopithecus* és a *Homo* génuszok több faja is továbbél a késői Pliocén követően is és megéli a korai Pleszitocén 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 kérdésén ebben a fejezetben mellőzöm, és a továbbiakban csak az organikus technológiák használatának kérdéseit tárgyalom.

és hipotézisek használatára van szükség. Egy ilyen komparatív kereten belül, a csimpánzok eszközhasználata ugyanis egy olyan etológiai modellként használható, amelynek alapján következtetések és hipotézisek alakíthatóak ki a Pliocén- és korai Pleisztocén korszakok Hominin fajainak technológiai viselkedésre vonatkozóan is.³³

E komparatív filogenetikus megközelítés tehát lehetőséget teremt rá, hogy a csimpánzok technológiai viselkedésének a 4. és 6. fejezetekben bemutatott tendenciái alapján, egy evolúciós analógia keretein belül következtéseket és verifikálható hipotéziseket alakítsunk ki a korai Hominin fajok feltételezett technológiai viselkedéséről. A következőkben a korai Homininek fentebb felsorolt négy kládjának a technológiai viselkedésére vonatkozóan négy ilyen, az evolúciós analógiákon alapuló hipotézist mutatok be.

1) 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 4. 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 (4. 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.

2) Hipotézis:

³³ 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 nagyrészt mellőzte.

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

E kérdést szintén részletesen elemeztem a 4., illetve a 6. fejezetekben. A ma élő csimpánzok különböző populációinak eszközhasználati módjainak (azaz technológiáinak) repertoárja legalább 20 különböző eszköztípust tartalmaz (Hunt, 2020), melyek túlnyomó része a különböző féle organikus anyagok használatán alapul.

3) 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.

4) 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 7. 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 itt leírt 4) 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 fenti hipotézisek szerint, a korai Hominin fajok többségénél tehát a csimpánzok technológiai viselkedésének analógiája alapján, a három fő adaptív területen belül az egyidejűleg és egymás mellett létező adaptív alterületek jelenlétét feltételezhetjük. Vagyis összességében már a korai pattintott kőeszközök (Lomekwian és Oldowan tradíciók) legelső megjelenése előtt is feltételezhetjük az összetett technológiai viselkedés megjelenését, amely mind három, a csimpánzoknál azonosított fő adaptív területre kiterjedt.

A fenti 4) hipotézis értelmében, a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának jelensége (tendenciája) jelentett azt az elsődleges folyamatot, amely a Hominin 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.

8.3. Az eszközhasználat három adaptív területének evolúciója az Oldowan megjelenése előtt

{ Evolution of the three adaptive domains of tool use before the emergence of Oldowan }

A Hominin technológiai evolúció e fejezetben vizsgált, a jelenkor előtti 6 és 2,6 millió év közötti időszakában számos olyan klimatikus, ökológiai és evolúciós változás is lezajlott, amelyek egyúttal a Hominin technológiai viselkedés terén is felgyorsíthatták az adaptív diverzifikáció tendenciáját, és az új új eszközhasználati módok megjelenését idézhették elő.

Az ekkor, azaz a késői Pliocénban érvényesülő legfontosabb ökológiai változást az jelentette, hogy a klimatikus tényezők hatására az afrikai élőhelyek szerkezete és a növénytakaró megoszlása megváltozott: megnőtt a fás szavannák, mozaikos élőhelyek, és a nyílt szavannák aránya is (Almeciya 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 eszközhasználatuk változatosabb, mint a zárt trópusi erdőkben élő csoportoké (Sanz és Morgan, 2013).

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 ezek közül az első három esetében a csimpánzoknál is számos különböző eszközhasználati mód megjelenik (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,³⁴ 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 dominált, 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.

³⁴ 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.

Összegezve, a 2. adaptív területen az evolúciós analógiák használata útján a technológiai viselkedés számos új variánsának megjelenését feltételezhetjük a korai Hominin fajoknál. Ami viszont az 1. és a 3. adaptív területet illeti, vagyis a táplálék feldolgozás és a testre irányuló eszközhasználat területeit illeti, ezeket az ökológiai változások kevésbé befolyásolhatták, ezért ezekre vonatkozóan jóval kevésbé tudunk részletes hipotéziseket kialakítani. Az 1. területen belül feltehetően a mai csimpánzokéval analóg módon, mindvégig jelen volt az ütőkövek használata, akár a növényi termékek feldolgozásának, akár az állati csontok alkalmi, velő elfogyasztási célú feltörésének (Thompson és mtai, 2019) a céljával. A 3. adaptív területen pedig egy lehetséges, de régészeti adatok hiányában időrendileg konkrétan nem azonosítható technológiai viselkedésbeli változást jelenthetett az emberszabásúak fán épített alvófészkeinek a helyettesítése a talajszinten kialakított alvófészkekkel, vagy egyszerű hajlékokkal (Coolidge és Wynn, 2009). Mindazonáltal, a csimpánzok összetett technológiai repertoárjainak ismeretében felvethető egy olyan előzetes a hipotézis, hogy e két utóbbi adaptív területen is sor került néhány további, nem azonosítható technológiai innováció kialakítására az e fejezetben vizsgált, több millió éves evolúciós időszakban.

8.4. 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 *Ardipithecus*, *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 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 ezesetben 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 ezelőttig 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, demográfiaailag kevésbé sikeres populációk esetében a kompetitív kizárás elve érvényesült, és így ezek a hominin fajok és populációk véglegesen eltűnhettek (kihalhattak).

9. Fejezet

A pattintott kőeszközök és a Hominin technológiai viselkedés negyedik adaptív területe:

A másodlagos technológiák

{Flaked stone tools and the fourth adaptive domain of Hominin technological behaviour:
The secondary technologies}

9.1. A pattintott kőeszközök megjelenése és a technológiai viselkedés három adaptív területe

{The appearance of flaked stone tools and three adaptive domains of technological behaviour}

A 8. fejezet témája annak a feltételezésnek a kidolgozása volt, hogy a 6 milliótól 2,6 millió évvel ezelőttig tartó időszakban a Hominin technológiai viselkedés evolúciója ugyanazon három fő adaptív terület körül szerveződött, amelyek a csimpánzok eszközhasználatán belül azonosíthatóak (lásd a 6. fejezetben):

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

E három adaptív főterület mindegyikén belül a technológiai viselkedés evolúciójának a filogenetikus folytonossága is feltételezhető, miközben további adaptív diverzifikációra, vagyis a főterületeken belül az újabb és újabb adaptív alterületek megjelenésére került sor. Az említett három adaptív terület megkülönböztetése alapján a technológiai viselkedés evolúciójának egy új általános modellje alakítható ki, amely egyrészt a csimpánzok és tágabban a nagy emberszabásúak (Hominidae), másrészt a korai Hominin fajok eszközhasználatának általános, átfogó leírására és kategorizálására is felhasználható.

Innen továbblépve, itt a 8. fejezetben azt a kérdést vizsgálom, hogy a technológiai viselkedésnek a három, eddig tárgyalt adaptív területe hogyan rendeződött át egy új, alapvető

technológiai adaptációnak, a pattintott kőeszközök evolúciós megjelenését követően.³⁵ A kérdés tárgyalása előtt, érdemes visszautalni rá röviden, hogy a nyersanyaghasználat dimenziója tekintetében a főemlősök és a korai Hominin fajok technológiai viselkedésének terén három fő materiális kategóriája különböztethető meg (3. és 4.. fejezetek):

- 1) nem módosított kőeszközök használata (ütőkövek és kőüllők)
- 2) pattintott kőeszköz technológiák
- 3) organikus technológiák.

Ami azonban a három kategória evolúciós megjelenésének sorrendjét illeti, a csimpánzok által képviselt evolúciós analógia (3. és 5. fejezetek) alapján az feltételezhető, hogy a fenti 1) és a 3) kategóriákhoz sorolható eszköz-használati módok (az ütőkövek, illetve az organikus technológiák) időrendileg lényegesen korábban, már a *Pan-Homo* utolsó közös ős viselkedési repertoárjában is, azaz több mint hat millió évvel ezelőtt megjelenhettek. Az eszközhasználat e két materiális kategóriája tehát az egyes Hominin fajok viselkedésében ezt követően vagy folyamatosan jelen volt, vagy ismételten újra megjelenhetett. Ezzel szemben a 2) kategória, tehát a pattintott kőeszközök lényegesen később, először átmeneti jelleggel 3,3 millió éve (Lomekwian), majd rendszeresebb jelleggel 2,6 millió éve (Oldowan) jelent meg.

A másik két fent említett kategóriával összehasonlítva, a pattintott kőeszközök megjelenése egy lényegesen későbbi evolúciós fejleményt jelent. Az alkalmazott technológiai eljárások szempontjából a másik két kategóriához képest (ütőkövek, organikus technológiák), az Oldowan eszközök kialakulása ráadásul technológiai forradalomként értékelhető, mivel az eszközkészítés területén ez a legkorábbi példája a nyersanyagok szándékos, több lépéses, szisztematikus redukción alapuló modifikációjának (Shea 2017a és b). Ezért a korai Oldowan kőeszközök megjelenése egyértelműen egyszeri evolúciós eseménynek tekinthető, még ha annak voltak is egyszerűbb, kezdetlegesebb variánsai, melyek egy példáját a Lomekwian technológia jelenti (lásd. 3. fejezet).

A pattintott kőeszközök megjelenése tehát az ütőkövek, illetve az organikus technológiák használatához képest utóidejűleg ment végbe, és e folyamat alapját feltételezhetően a másik két, már korábban kialakult kategória használatához kapcsolódó kognitív, viselkedésbeli és

³⁵ 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.

manuális képességek (lásd: 2. fejezet) jelentették. A pattintott kőeszközök készítése egy olyan jelentős technológiai újítás volt, amely a főemlősök eszközhasználata körében egyedülálló. A vadon élő, jelenkori emberszabásúaknál egyáltalán nem kimutatható, és a pattintásos technológia elsajátítására fogságban, kísérleti körülmények között is csak korlátozottan képesek az orangutánok (Motes-Rodrigo és mtsai, 2022), illetve a csimpánzok (Bandini és mtsai, 2021). Ezzel szemben a Homo génusz valamennyi, 2 millió éven belüli időszakból ismert fajánál bizonyítható ez a viselkedés,³⁶ - vagyis e fajok körében egy egyedülálló leszármazott tulajdonságnak, azaz autapomorfiának tekinthető (Shea, 2017a és b).

A technológiai evolúció megértése szempontjából egy a korábbi kutatás által mellőzött, alapvető kérdés, hogy a pattintott kőeszközök megjelenése milyen hatást gyakorolt a már korábban, a nagy emberszabásúaknál (Hominidae) kialakult három fő adaptív terület körül szerveződő, korai Hominin technológiai viselkedés további evolúciójára. Ezt a kérdést a következő alfejezetekben 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 6. és 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.

9.2. A legkorábbi pattintott kőeszközök adaptív funkcióinak azonosítása

{Identifying the adaptive functions of the earliest flaked stone tools}

Ebben az alfejezetben tehát a pattintásos kőeszköz készítés, mint az ütőkővek és organikus technológiák használata után kialakuló új technológiai kategória lehetséges adaptív funkcióinak kérdését tárgyalom. E kérdés megválaszolásának első lépését a pattintott

³⁶ A fenti állítás alól az egyetlen feltételes, azaz még nem eldönthetően bizonyított kivételt a dél-afrikai **Homo naledi** fosszilis leletei jelentik (lásd: 1. fejezet).

kőeszközök jellemző technológiai sajátosságainak az áttekintése jelenti, mivel e sajátosságok jelentik a használati funkciók alapját is. A pattintásos eszköz-készítésnek, mint 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 magkövön, mind a szilánkokon a leválasztási (hasadási) felületek mentén olyan vágó élek jönnek létre, amelyek más anyagok megmunkálása során vágó élként funkcionálhatnak (Shea 2017a és b). A pattintásos eszközök készítése tehát egy legalább egy, de jellemzően több egymást követő lépésre (leütésre) épülő, az eredeti magkő ismétlődő redukcióján alapuló technológiaként írható le. A folyamat során mind a leválasztott szilánkok, mind a redukált magkövek további redukciójára (azaz további átalakítására) is sor kerülhet.

Összességében tehát a pattintásos kőeszköz készítés tehát elsődlegesen egy új technológiai eljárásról, és nem pedig egy új adaptív területként írható le. A másik két, evolúciósan korábbi technológiai kategória esetében a redukción alapuló eszközkészítés vagy teljesen hiányzik (a nem módosított ütőkövek és üllők esetében), vagy csak korlátozottan fordul elő (az organikus technológiák esetében, ahol az eszközkészítés során kézzel vagy fogakkal végezhető el módifikáció).

A fent leírt reduktív technológiai eljárással létrehozott pattintott kőeszközök fő funkcionális sajátosságát a leütésekkel kialakított vágóélek jelentik. A vágó éllel ellátott, szilárd és merev kőszerszámok 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 vágóél, mint a kőeszközök elsődleges funkcionális sajátossága tehát közvetlenül átvezet az adaptív funkció kérdéséhez: milyen tevékenységeknél került sor a vágóélek használatára?

Mivel a jelenkorban egyetlen nem-humán emberszabású sem használ pattintott kőeszközöket, így ezeknek az eszközöknek a korai funkciójának az értelmezése a régészeti bizonyítékok felhasználását igényli. A kőeszközök adaptív funkciójára vonatkozóan információt hordozó, a régészeti lelőhelyeken előkerülő bizonyítékoknak három fő csoportja van (Shea, 2017):

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

2) használati nyomok elemzése („use wear analysis”): 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

3) 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 régészeti bizonyítékok e fent leírt három fő csoportjára vonatkozó kutatások alapján, a legkorábbi pattintott kőeszközöknek (Oldowan tradíció) a használata három különböző adaptív funkcióval is összekapcsolható:

- A) Funkció: az állati zsákmány feldolgozása:

E funkcióra elsődlegesen a fenti első bizonyíték-csoport jelenti, azaz a régészeti lelőhelyeken, zárt rétegtani kontextusban előkerülő állati csontok felületén azonosított vágási nyomok, hasítások és karcolások jelentik. Ezek a bizonyítékok az állati zsákmány feldarabolását, a hús lefejtését igazolják (Braun és mtsai, 2010 és 2019; Plummer, 2004). De a 3. bizonyíték-csoport, az eszközök felületén szintén kimutatható, állati szövetekből származó lerakódások (kollagén, vér, zsír maradványok) kimutatása szintén megerősíti ezt a funkciót (Hovers és Belfer-Cohen, 2020).

- B) Funkció: növényi táplálék feldolgozása:

Erre a funkcióra a kőeszközök felületén kimutatható, a fentiekben leírt 2. és 3. számú bizonyíték-típus utal: egyrészt a növényi anyagok feldolgozására utaló használati nyomok (kopások), másrészt pedig az ehető növényi részekből származó, fosszilizálódott lerakódások, mint például növényi keményítők és ehető rostok maradványai (Toth és Schick, 2006).

- C) 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 két féle bizonyíték is utal: a fa megmunkálására utaló használati nyomok, illetve a nem ehető anyagú növényi lerakódások (Schick és Toth, 1994 és 2006). Mindez közvetett bizonyítékot jelent a kőeszközöknek egy további, a növényi anyagok nem táplálkozási célú feldolgozásához kapcsolódó funkciójára is. 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).

A kőeszközök használatának a fent leírt C) funkciójára, azaz a munkaeszköz funkcióra 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.

Az Oldowan kőeszközökkel kapcsolatos három féle régészeti bizonyíték értelmezése tehát azt támasztja alá, hogy a korai kőeszközök használata három különböző adaptív funkcióval is összekapcsolódott:

- A) állati táplálék feldolgozása
- B) növényi táplálék feldolgozása
- C) munkaeszköz funkció.

Ennek ellenére, a paleoantropológia (és a paleolitikus régészet) a kőeszközök evolúciójának kutatásában a fenti három adaptív funkció közül kizárólagosan az elsőt, az állati zsákmány feldolgozásának funkcióját emeli ki. A technológiai evolúciónak ezek a modelljei az Oldowan megjelenését egyetlen fő adaptív területtel, a táplálkozás területével, és azon belül is az állati hús fogyasztásával kapcsolják össze (Isaac, 1977; Plummer, 2004; Braun és mtsai, 2010). Ezen az értelmezési kereten belül tehát 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).

A fő probléma ezzel a paleoantropológiai megközelítéssel, hogy a pattintott kőeszközök legkorábbi evolúciós megjelenését kizárólagos módon egyetlen fő adaptív funkcióval, az A) állati táplálék feldolgozásának funkciójával kapcsolja össze. Vagyis a technológiai evolúció

standard modelljei azt feltételezik, hogy a másik két funkció, a B) növényi táplálék feldolgozása, és a C) munkaeszköz funkció megjelenésére csak későbbi időpontban kerülhetett sor. Ezzel a megközelítéssel szemben, egyrészt a csimpánz eszközhasználat vizsgálata (6. fejezet), másrészt a filogenetikus folytonosság hipotézise (lásd: 7.1. fejezetben) alapján, a korai Hominin 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 területen belül ráadásul további alterületek is elkülöníthetők. A Hominidák (emberszabásúak) technológiai viselkedésnek ez a „multifunkcionális jellege” tehát kérdéssé teszi azt a paleoantropológiai feltevést, hogy a pattintott kőeszközök korai használata csupán egyetlen fő funkcióra, vagyis az állati táplálék feldolgozásának a területére korlátozódott. Ennek megfelelően, a következő alfejezetben azt a kérdést vizsgálom, hogy a kőeszközök fent bemutatott három adaptív funkciója milyen viszonyban áll a 6. és 8. fejezetben már tárgyalt három, evolúciósan korábban kialakult adaptív területtel.

9.3. A pattintott kőeszközök hatása a technológiai viselkedés három adaptív területére {The impact of the flaked stone tools on the three adaptive areas of technological behaviour}

Mint az előző alfejezetben láttuk, a legkorábbi pattintott kőeszközöknek legalább három eltérő használati funkcióját azonosíthatjuk:

- A) állati eredetű táplálék feldolgozása, - B) növényi eredetű táplálék feldolgozása, - C) munkaeszköz funkció.

A következő vizsgálandó kérdés tehát az, hogy a kőeszközöknek e három adaptív használati funkciója hogyan viszonyul a korai Hominin fajok technológiai viselkedésének az evolúciósan korábban, már a Pan-Homo közös ősnél kialakult három fő adaptív területéhez – azaz 1) a táplálék feldolgozás, 2) a táplálékszerzés, és 3) a saját testhez kapcsolódó technológiák területeihez. Az alábbiakban ezt a kérdést tárgyalom a kőeszközök mindhárom, fentebb említett adaptív használati funkciójára vonatkozóan.

Ami a kőeszközök első két funkcióját illeti, az a) állati táplálék feldolgozása és a b) növényi táplálék feldolgozása funkciókat egyértelműen összekapcsolhatjuk a technológiai viselkedés három adaptív területe közül az elsővel, a táplálékfeldolgozás területével. Tekintsük át tehát először a kőeszközöknek ezt a két adaptív funkcióját:

- A) az állati zsákmány feldolgozása:

A kőeszközöknek ez a funkciója az emberszabásúaknál (Hominidáknál) már korábban kialakult első főterületen, a táplálékfeldolgozás területén belül lezajló adaptív diverzifikáció tendenciájának egy példáját képviseli. E technológiai funkció megjelenése egy új táplálékforrásnak, a nagytestű emlősök testének a rendszeres feldolgozását és elfogyasztását tette lehetővé. A pattintott kőeszközök a vágó élek révén funkcionálisan alkalmasak a zsákmány felbontására és feldarabolására, vagyis egyik fő adaptív funkciójuk a hús, mint állati táplálék hatékonyabb kinyerésének lehetővé tétele.³⁷ A közepes vagy nagyobb testű növényevő emlősök kőeszköz- használaton alapuló feldolgozása tehát egy új adaptív alterület megjelenésének az egyik egyértelmű példájának tekinthető a Hominin technológiai viselkedés evolúciója során (Braun és mtsai, 2010; Domínguez- Rodrigo és Pickering, 2013; Thompson és mtsai, 2019).

- B) Funkció: növényi táplálék feldolgozása:

A kőeszközök e második funkciójának a megjelenése szintén az emberszabásúaknál (Hominidáknál) már korábban kialakult első főterületen belül lezajló, további adaptív diverzifikáció tendenciájaként értékelhető. A ma élő főemlősök ezen a fő területen belül kizárólag természetes (nem modifikált) köveket használnak ütőkő funkcióban, a kemény héjú termések feltörése során (lásd: 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 termések 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: 8. fejezet), a Hominin populációk táplálkozásában a gyümölcssevés mellett vagy helyett, egyre nagyobb szerepet kezdett betölteni azoknak az új növényi táplálékforrások nagyobb mértékű kiaknázása, melyek a talajszinten élésre való áttérés során váltak elérhetővé.

³⁷ 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.

Ezt az új növényi táplálékforrást a földalatti gumók és tároló-gyökerek fogyasztása jelentette, melyek a gyümölcsökkel, mint táplálék-kategóriával ellentétben esetenként akár feldolgozást és/vagy tisztítást is igényelnek (Wrangham és mtsai, 2009; Zink és Lieberman, 2016).

Összegezve tehát, a kőeszközök fenti két funkcióját, az a) állati táplálék feldolgozását, illetve b) a növényi táplálék feldolgozását az evolúciósan már jelentősen korábban kialakult első adaptív területen, a táplálékfeldolgozás területén belüli további diverzifikációként (lásd 8.3. alfejezet), azaz két jelentős új adaptív terület megjelenéseként értékelhetjük.

Az előző két funkciótól eltérően, a pattintott kőeszközök harmadik funkciója, azaz a C) munkaeszköz funkció viszont nem kapcsolható össze kizárólagosan a három adaptív terület egyikével sem.

- C). 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.

A munkaeszközök használata, mint viselkedés célja, illetve funkciója más eszközök létrehozása, ezért ez a funkció nem sorolható be közvetlenül az eszközhasználat idáig tárgyalt adaptív területeinek egyikéhez sem. A munkaeszközök ugyanis sem a táplálék feldolgozás, vagy táplálékszerzés, sem pedig a saját test gondozásának funkcióját nem töltik be közvetlen módon. Ennek megfelelően, a következő alfejezetben azt a hipotézist fogom kidolgozni, hogy a munkaeszköz funkcióban használható kőeszközök megjelenése a Hominin technológiai viselkedés egy új, negyedik adaptív területének az evolúciós megjelenéseként értékelhető.

9.4. 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 alábbiakban tehát azon állítás mellett fogok érvelni, hogy a kőeszközök fentebb tárgyalt 1. és a 2. funkcióival (az állati és a növényi táplálék feldolgozása) ellentétben, a 3. funkció, azaz a munkaeszköz funkció nem kapcsolható össze közvetlenül a három, a 6. fejezetben a csimpánzoknál azonosított adaptív terület egyikével sem. Ez az állítás két irányból is alátámasztható:

1) Egyrészt, a technológiai viselkedés különböző formáinak filogenetikus megjelenésének időrendi sorrendje alapján.

Ugyanis az említett három adaptív terület (vagyis táplálék feldolgozás, táplálékszerzés, testhez kapcsolódó technológiák területei) evolúciósan korán, már az emberszabásúaknál is megjelenik. Ez a három viselkedési terület tehát az emberszabásúaknál közös szerzett sajátosságnak, szünapomorfiának tekinthető, és legváltozatosabb formában a ma élő fajok közül a csimpánzoknál található meg (6. fejezet). Ezzel ellentétben, a munkaeszköz funkció, vagyis az eszköz használata eszköz készítés céljára teljesen hiányzik a ma élő nem-humán emberszabásúaknál. Vagyis a munkaeszközök használata a technológiai viselkedés egy olyan evolúciósan új sajátossága, amely a ma élő fajok közül kizárólag az emberre (*Homo sapiens*) jellemző. Ezért azt feltételezhetjük, hogy ez a viselkedés a Pan-Homo szétválást követően jelent meg, vagyis a nagy emberszabásúaknál hiányzik, és csak a Hominin leszármazási ágon fordul elő. Jelenleg az a legvalószínűbb feltevés, hogy a legkorábbi munkaeszközök a multifunkcionális használatra alkalmas, vágó élekkel rendelkező Oldowan eszközök lehettek. E feltevést elfogadva, a pattintott kőeszközök használata, és azon belül a munkaeszközök használata, mint új viselkedés általános lehetett a *Homo* genusz már kihalt fajainak körében, azonban esetleg néhány más Hominin fajnál (egyres Paranthropus és Australopithecus-fajok) is megjelenhetett.

2) Másrészt, az eszközhasználat fitness-hozzájárulásának irányában fennálló különbség alapján.

A kőeszközök 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 kőeszközöknek, mint munkaeszközöknek az említett három adaptív területtel szemben fennálló fő különbsége a fitness hozzájárulás iránya tekintetében áll fenn. Ezt a különbséget a következőképp írhatjuk le:

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

- Az eszközhasználat 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.
- A technológiai viselkedés korábban tárgyalt három adaptív területé, azaz 1): a táplálék feldolgozás, 2): a táplálékszerzés, és 3): a saját testhez kapcsolódó technológiák területein belül tehát az eszközhasználat minden esetben betölt valamilyen elsődleges, időbelileg azonnal, vagy közvetlenül a használatot követően megnyilvánuló adaptív funkciót.
- Ennek megfelelően, az ehhez a három adaptív területhez tartozó technológiákat 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.

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

- A pattintott kőeszközöknek 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 lesznek 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 mind a filogenetikus megjelenésének időrendje, mind a fitness hozzájárulásának iránya tekintetében eltér a technológiai viselkedés más korábbi, már az emberszabásúaknál is előforduló formáitól. Ez az új terület tehát 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 területként azonosítható. A disszertáció további részében erre a negyedik adaptív területre „a másodlagos technológiák területe” elnevezést használom, melyre a következő definíciót javaslom:

- 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. Azonban e fogalomnak az itt általam javasolt definíciója a technológiai viselkedés adaptív funkcióján és fitness-hozzájárulásán alapul. Ezzel szemben Haidle és mtsai. (2015) a „másodlagos technológiák” fogalmával a technológiai cselekvési lánc hosszának növekedésére utalnak, és a cselekvés végcéljához viszonyítva elfoglalt helyzetük alapján használják ezekre a technológiákra a másodlagos elnevezést. A különbségek ellenére, a fogalom kétféle használata azonban kiegészíti egymást, mivel mindkét esetben ugyanannak a jelenségnek a leírása áll a középpontban.

9.5. A negyedik adaptív terület megjelenésének fő fázisai

{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 jelenti. Ezek a korai kőeszközök ugyanis az általunk ismert legkorábbi olyan technológiák, amelyeket a munkaeszköz-funkció betöltésére (más eszközök létrehozására) 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 a kőeszközkészítési 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 saját 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 egyszerűen 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 redukció 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) rögzítő anyagok használata (Barham, 2013): más tárgyak összeillesztése új eszközfunkció kialakítása céljával: enyv, gyanta, ragasztó
- c) támasztó és tartó elemek használata: számos lehetséges funkció, egyszerű ág- és fa-konstrukciók létrehozása útján
- d) burkoló és fedő anyagok használata (Gamble, 2008): a saját test védelme, elszigetelése a külső környezettől (Gilligan, 2010 és 2019). Illetve, ennek analógiájára, más tárgyak, így a hajlékok fedése és burkolása, 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.

9.6. 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: A) az állati zsákmány feldolgozása, B) a növényi táplálékok feldolgozása, C) a növényi anyagok megmunkálása eszközkészítés céljával.

2) Kérdés: a kőeszközök felsorolt adaptív funkciói hogyan kapcsolódnak össze a 6. fejezetben tárgyalt három, evolúciósan korábban kialakult adaptív területtel?

– A fent említett A) és B) 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 C) 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 töltnek be adaptív funkciót és járulnak hozzá a használóik 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 teszik 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 10. fejezetben.

10. fejezet

Egy általános modell:

A technológiai viselkedés evolúciója négy adaptív területen

{ A general model:

Evolution of technological behaviour in four adaptive domains}

10.1. A Hominin és humán technológiai evolúció két nagy fázisa

{ The two major stages in hominin and human technological evolution}

A disszertáció megelőző fejezeteinek középpontjában a Hominin technológiai viselkedés négy fő adaptív területeinek azonosításának a kérdése, és az e területeken lezajló technológiai evolúció leírásának a problémája állt. Itt a II. rész záró fejezetében amellet fogok érvelni, hogy a korai humán technológiai viselkedés négy fent említett adaptív-funkcionális területének az azonosítása egy új elméleti és konceptuális keretként is használható a korai technológiák közel 6 millió éves evolúciójának a tanulmányozása során. A humán technológiai evolúció ezen itt javasolt új modelljére a továbbiakban az **”Evolúció Négy Adaptív Területen modell”** elnevezést, illetve betűszavas rövidítéssel az **„ENAT modell”** nevet fogom használni.³⁸

Az általam javasolt modell ugyanakkor arra is lehetőséget ad, hogy a javasolt négy területen lezajló technológiai változások evolúciós időrendjét egy diakrónikus időrendi (kronológiai) kereten belül helyezzük el. Ennek az időrendi keretnek az alapját magának a négy fő adaptív

³⁸ Az elnevezésnek a későbbiekben használható angol nyelvű verziója: *Evolution in Four Adaptive Domain = EFAD model*

területnek a filogenetikus megjelenésének időrendje alkotja. Ugyanis, ahogyan azt a megelőző fejezetben részletesen tárgyaltam, a technológiai viselkedés első három adaptív területe már korán, a nagy emberszabásúak (Hominidák) közös ősnél, részben pedig a Pan-Homo közös ősnél megjelenhetett. Ezzel szemben a negyedik adaptív terület jelentős késéssel, hozzávetőleg legkorábban is csak 3,3 – 2,6 millió éve jelenhetett meg (ha a Lomekwian és Oldowan technológiák keltezési adatait vesszük figyelembe).

A fenti időrendi következtetések alapján e fejezetben azt az állítást fogom kifejteni, hogy a Hominin technológiai evolúció teljes, hozzávetőleg 6 millió éves folyamatán belül két nagy evolúciós fázist különböztethetünk meg, melyek az alábbiak:

Az első (korai) fázis:

A Pan-Homo LCA, a csimpánzok, illetve a korai Hominin fajok esetében:

- a technológiai viselkedés evolúciója három adaptív területen

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

A második (késői) fázis:

A késői Hominin fajok (elsődlegesen a Homo genuszhoz sorolható fajok) esetében:

- a technológiai viselkedés evolúciója négy adaptív területen:

- 1) a táplálék feldolgozás területe
- 2) a táplálékszerzés területe
- 3) a testhez kapcsolódó technológiák területe
- 4) a másodlagos technológiák (eszközkészítés) területe

A technológiai evolúció e két nagy időrendi fázisának elkülönítésének fő kritériumát tehát a 4) terület, azaz a másodlagos technológiák adaptív területének az evolúciós megjelenése jelenti. Ahogy azt a 9. fejezetben bemutattam, a másodlagos technológiák területének a kialakulása megjelenése egy jelentős „nagy átmenetet” képvisel a Hominin technológiai viselkedés evolúciós történetében. A 9.4. alfejezetben amellet érveltem, hogy a korai Oldowan és Acheulian kőeszközök, mint a táplálék feldolgozás mellett funkcionálisan az eszközkészítésre is használható, vágó éllel ellátott munkaeszközöket tekinthetjük 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 a jövőbeni kutatások során mérlegelni a másodlagos technológiák használatának lehetőségét, amennyiben egyértelmű bizonyíték támasztaná alá, hogy e fajok is használták a korai Oldowan eszközökkel azonos, vagy azokkal analógiába állítható, egyszerű pattintott kőeszközöket.)³⁹

A technológiai viselkedés evolúciójának ez a két fentebb meghatározott, három, illetve négy adaptív terület köré épülő nagy időrendi fázisa ugyanakkor nem csak annak a kritériumnak a tekintetében különbözik, hogy a második fázis eggyel több adaptív területet vesz figyelembe. Ezen túlmenően ugyanis, ahogyan azt a további 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 tehát ennek a négy adaptív területet megkülönböztető, új általános elméleti modellnek a kialakítása jelenti, amelyen belül a technológiai evolúció e két nagy fázisa azonosítható és leírható. Itt, a 10. fejezet további részében tehát először összegezni fogom a Hominin technológiai viselkedés e két nagy időrendi fázisának a fő sajátosságait (10.2. és 10.3. alfejezet). Ezt követően végkövetkeztetésként röviden összegzem, hogy az itt javasolt új elméleti modell hogyan járul hozzá a humán technológiai evolúció néhány alapvető tendenciájának a pontosabb megértéséhez (10.4 és 10.5 alfejezetek).

³⁹ 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,

10.2. Az első fázis: a technológiai viselkedés három adaptív területe **{The first stage: 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: 7.1)
- a flexibilis flexibilis adaptív innovativitás fogalma: (lásd: 7.3).

A három adaptív terület megkülönböztetése alapján a technológiai viselkedés evolúciójának egy új általános modellje alakítható ki, amely egyrészt a csimpánzok, másrészt az emberszabásúak és a korai Hominin fajok 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 technológiai) és a harmadik területek (a saját testhez kapcsolódó technológiák) valamennyi, már kihalt és jelenkori emberszabású viselkedési repertoárjában megjelenhettek, így synapomorfikus sajátosságnak tekinthetők a Hominidae öregcsaládon belül. Ezzel szemben a 2. terület (a

táplálékszerzés technológiai) 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 csimpánzok eszközhasználatára vonatkozó, a fentiekben összefoglalt elemzést felhasználva, a 8. 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. Vagyis a technológiai viselkedés mindhárom itt tárgyalt adaptív területének a további evolúciójárvonatkozóan 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 (lásd: 8.1 alfejezet). 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).

Előzőleg, a 7. fejezetek továbbá 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 evolúcióját is. E 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 analógiájára, a 8. alfejezetben azt a kérdést is 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 ével ezelőttig lezajló folyamatnak a pontos részleteit a régészeti bizonyítékok hiányában nem tudjuk rekonstruálni, néhány általános következtetés így is megfogalmazható volt. Ebben az időszakban a korai Homininek egyrészt egy olyan változó ökológiai környezetbe kerültek, ahol a zárt erdők helyét a nyitottabb vegetáció vette át (Potts, 1998; Almecija és mtsai, 2021), másrészt ezzel párhuzamosan fokozatosan egy aktívabb, és egyre inkább a bipedális helyváltoztatáson alapuló életmódra térhettek át (Pontzer, 2012 és 2017). Mindezzel összefüggésben, 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 (lásd: 8.3. alfejezet).

Összegezve, a Hominin technológiai evolúció első nagy fázisát az eszközhasználat három fő adaptív területének a megkülönböztetése mentén (1: a táplálék feldolgozás területe; 2: a táplálékszerzés területe; 3: a saját testhez kapcsolódó technológiák területe) írhatjuk le, illetve e három terület mindegyikén feltételezhetjük a technológiák adaptív diverzifikációjának folyamatát. Ez a modell egyaránt alkalmazható a csimpánzok technológiai viselkedésének és a korai, az Oldowan előtt, vagy azzal egyidejűleg élő Hominin fajok (így az *Ardipithecus*, a *Australopithecus*, a *Paranthropus*, és a korai *Homo* genuszok fajainak) technológiai viselkedésnek a leírására is.

10.3. A második fázis: a technológiai viselkedés negyedik adaptív területe **{ The second stage: the fourth adaptive domain of technological behaviour }**

A 9. 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 9.2 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:

- A) állati eredetű táplálék feldolgozásának funkciója
- B) növényi eredetű táplálék feldolgozásának funkciója
- C) 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 diverzifikációjának (7. fejezet) 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 (McPherron és mtsai, 2010). Később azonban, egy jelenleg pontosan nem azonosítható időpontban azután a pattintós 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 kőeszközök fent említett 3. funkciójának (a munkaeszköz funkcionak) 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 9. fejezetben 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 kőeszközök készítéséhez használt ütőköveket, illetve magukat a pattintott kőeszközöket, 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 kategóriát 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 10. 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 kilakult adaptív területhez (azaz a táplálék feldolgozás, a táplálékszerzés, és a saját testhez kapcsolódó technológiák területeihez) tartozó technológiáknak a további evolúciójára.

10.4. A másodlagos technológiák hatása: a technológiai viselkedés új adaptív tájképe **{ The impact of secondary technologies: a new adaptive landscape of technological behaviour }**

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 evolúciós 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 megnövelni (Smith, 2013).

Ezt az alapvető változást úgy foglалhatjuk össze, hogy a másodlagos technológiák megjelenésével a Hominin technológiai viselkedés korábbi adaptív tájképe⁴⁰ teljesen átrendeződött. és ezáltal a technológiai viselkedés egy előzmények nélküli, új fitness tájképe⁴¹ alakult ki. Az alábbiakban ennek a változásnak a legfontosabb következményeit vázolólok.

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

⁴⁰ 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).

⁴¹ Utalás a fitness tájkép (fitness landscape), az előző fogalmat részben átfedő koncepciójára.

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,
- 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 csak közvetetten, vagyis másodlagosan hatnak vissza a másik három korábban kialakult,

elsődleges adaptív területen használatos technológiáknak az inkluzív fitneszt növelő kapacitására.

A fentiekből következően, 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 össz mennyiségét. 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). Ugyanis a másodlagos technológiák a többi adaptív területen létező technológiák fitnesshozzájárulásának a mértékét növelik, azon keresztül, hogy az azokon a területeken használatos, hatékonyabb eszközök létrehozásának a lehetőségeit növelik. Vagyis 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 fitness-hozzájárulásának mértékét. Ezt a kérdéskört öszegzi a következő, záró alfejezet.

10.5. Konklúzió. A technológiai viselkedés négy eltérő területe közötti visszacsatolások hatások evolúciója

{Conclusion. Evolution of feedback effects between the four different domains of technological behaviour}

A technológia viselkedés negyedik adaptív területének a megjelenése, mint „evolúciós nagy átmenet” alapvető hatást gyakorolt a humán technológiák további evolúciójára, ugyanis csak ezt követően jöttek létre a technológiai viselkedés különböző adaptív területei közötti visszacsatolások folyamatok kialakulásának a feltételei. Ezt megelőzően, a technológiai

evolúció első nagy fázisában (lásd: 10.2) ugyanis még csak az első három, egymástól független adaptív területen belül jelent meg az eszközhasználat, - így a különböző technológiák használata párhuzamosan zajlik, de az egyes adaptív területek között nem lépnek fel visszacsatolós hatások. Tehát az eszközhasználat kialakulása az egyik ilyen korai fázishoz tartozó adaptív 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 viszont nem csak a fitness-tájképet, hanem a technológiai tájképet is átrendezi (Shennan, 2013; Riede, 2011). Ugyanis 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 visszacsatolós hatásokon alapuló új kapcsolódás alakulhatott ki. A négy adaptív terület között kialakuló, többlépcsős technológiai visszacsatolós 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 védő 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 csonthegyek (2. terület) is előállíthatóak,

- a kötöző anyagok és a csonthegek használata lehetővé teszi a korábbinál összetettebb, több alrészről álló kompozit vadászfegyverek kifejlesztését (2. terület).

- és így tovább, további kapcsolódási és visszacsatolós mechanizmusok beiktatásával.

A fenti példában szereplő hipotetikus visszacsatolási lánc elős 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 viseledés 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 viszont 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 nem a Holocén kezdetéig, hanem sokkal inkább egészen a Pliocén végéig, illetve a Pleisztocén kezdetéig nyúlik vissza.

Összegezve, a más technológiák létrehozására irányuló eszközhasználat evolúciója alapvető módon hozzájárult annak az új, humán-specifikus (vagy még átfogóbban: hominin-specifikus) ökológiai adaptációs stratégiának a kialakításához, amelyet a korábbi elméleti megközelítések a kulturális niche, kognitív niche, vagy szocio-kognitív niche elnevezésekkel írtak le (Boyd és Mtsai, 2011; Pinker, 2010; illetve Whiten és Erdal, 2012). Így tehát az e fejezetben bemutatott érvelésnek megfelelően, a másodlagos technológiák adaptív területének megjelenését, mint egy olyan, a Szathmáry és Maynard-Smith meghatározása értelmében vett „nagy evolúciós átmenetet” azonosíthatjuk, amely alapvetően megváltoztatta a Hominin technológiai viselkedés evolúciójának irányát, tempóját és komplexitásának szintjét.

III. RÉSZ

*** * ***

TECHNOLÓGIAI EVOLÚCIÓ NÉGY ADAPTÍV TERÜLETEN:

ÖSSZEGZÉS ÉS KITEKINTÉS

11. fejezet

Az ENAT modell alkalmazása: technológiai evolúció a korai Pleisztocéntól a Holocénig {Applying the EFAD model: technological evolution from the early Pleistocene to the Holocene}

11.1. Evolúció négy adaptív területen: a kategorizáció problémája { Evolution in four adaptive domains: the problem of categorization}

Az értekezés II. részében a technológiai evolúciónak egy olyan általános leíró modelljét mutattam be, amely arra a hipotézisre épül, hogy az emberfélék eszközhasználatán alapuló viselkedésén belül négy fő, időrendileg egymás után megjelenő adaptív terület különböztethető meg:

- 1) táplálék feldolgozás - 2) táplálékszerzés - 3) saját test védelme - 4) eszközkészítés funkció (munkaeszközök).

A II. rész zárásában amellet érveltem, hogy a korai humán technológiai viselkedés e négy adaptív-funkcionális területének a megkülönböztetése egy új, általános leíró elméleti keretként is használható a korai technológiák evolúciós változásainak a tanulmányozása során. Ennek megfelelően, technológiai evolúció ezen itt javasolt új megközelítésére az "Evolúció Négy Adaptív Területen modell" (rövidítéssel az „ENAT modell”) elnevezést használom.

Ebben a fejezetben azt mutatom be, hogy ez a javasolt filogenetikus orientációjú elméleti modell egyúttal arra is alkalmazható, hogy segítségével az eszközhasználatot egy átfogó makróevolúciós perspektívában tanulmányozzuk. Egy ilyen makróevolúciós megközelítésben az emberfélék (*Hominini*) technológiai viselkedésének teljes, legalább 6 millió éves evolúcióját egy diakrónikus időrendi keretben vizsgálhatjuk, mely időszak végpontját a

földtörténeti jelenkor, a Holocén időszak jelenti.⁴² Míg azonban az eddigi fejezetek időrendi fókuszában e hat millió év első szakasza, a Hominin technológiai viselkedés korai evolúciója állt, az első pattintott kőeszközök (Oldowan tradíció) közel 3 millió évvel ezelőtti megjelenéséig bezárólag. E fejezetben viszont a négy adaptív területen lezajló technológiai evolúció utolsó két millió évét, a korai Pleisztocéntól a Holocénig bezárólag tekintem át.

Egy ilyen makróevolúciós léptékű áttekintésnek a kiinduló pontját az a hipotézis képezi (lásd: 6. és 7. fejezetek), hogy a technológiai viselkedésnek a Hominin evolúció utolsó 2 millió éve folyamán megjelenő újabb változatai úgy kategorizálhatóak, mint a négy fő adaptív területen belül kialakuló újabb és újabb adaptív alterületek. Tehát az egyes adaptív területeken lezajló makróevolúciós technológiai fejlődés leírása során a legfontosabb megoldandó problémát az egyes technológiáknak a négy adaptív területhez való besorolásának (kategorizációjának) elvégzése jelenti. Erre a célra a Hominin- és humán technológiáknak egy a múltbeli (régészetiileg dokumentált) és jelenbeli (etnográfiai példákból ismert) vadászó-gyűjtögető technológiákra egyaránt kiterjeszthető, egységes kategorizációjának a kialakítására van szükség. Erre a célra ebben a fejezetben egy általam kialakított, négy besorolási szintet megkülönböztető kategorizációt fogok használni, melyet az alábbiakban mutatok be röviden.⁴³

Az itt javasolt kategorizáció négy, hierarchikusan egymásba ágyazódó besorolási szintjén belül, az első két szinten az egyes technológiák besorolása a technológiák adaptív funkciójának (fitness-hozzájárulás módjának) a kritériumán alapul:

- 1. szint: A négy fő adaptív terület szintje:

A kategorizáció első lépésében az egyes technológiák az adaptív funkciójuk legátfogóbb szintű meghatározása alapján besorolhatóak a fent felsorolt, négy fő adaptív terület valamelyikéhez:

- 1) A táplálékszerzés technológiái
- 2) A táplálék feldolgozás technológiái

⁴² A Holocént lezáró legújabb földtörténeti időszakot, az Antropocént itt a disszertációban terjedelmi okokból nem tárgyalom.

⁴³ Az itt bemutatásra kerülő kategorizáció egy korábbi verzióját a Tiroli Jégember (Ötzi) felszerelésében előforduló, nagyszámú különböző technológia evolúciós eredetét tárgyaló, első szerzős tanulmányomban dolgoztam ki (lásd: Szabó és Bereczkei, 2021).

- 3) A saját testre irányuló eszközhasználat technológiai
- 4) Az eszközkészítés technológiai (munkaeszközök).

- 2. szint: Az adaptív alterületek szintje:

A technológiákat mind a négy átfogóan meghatározott, fő adaptív területen belül, az adaptív funkció szűkebb, konkrét meghatározásán alapuló további adaptív alterületekhez sorolhatjuk. Az adaptív alterületek úgy definiálhatóak, mint az eszközhasználatra épülő viselkedés olyan megkülönböztethető, sajátos területei, amelyek a fitness-hozzájárulás eltérő irányait teszik elérhetővé az emberfélék számára. E sajátos adaptív alterületek mindegyikére az a jellemző, hogy az egyes területeken az eszközhasználat sajátos, csak az adott területen működőképes módjai alakulnak ki. A következő alfejezetekben mind a négy fő területen belül bemutatom a hozzájuk tartozó adaptív alterületeket is (lásd: 11.1.-11.4. ábrák). Ezért itt csak egy példa erejéig tekintsük át, hogy mit jelent mindez a második fő adaptív terület, azaz a táplálékszerzés területének esetében. Ezen a főterületen belül több olyan különböző adaptív alterületet is azonosíthatunk, melyek mindegyike az egymástól jól megkülönböztethető táplálékforrások egy új területét (egy új kategóriáját) tesz elérhetővé, ami számos eltérő, csak az adott területre jellemző technológia kialakítását igényli. Ilyen adaptív alterületek a táplálékszerzés területén belül (lásd még a 11.2. ábrát is):

- 1) a növényi eredetű táplálék gyűjtögetése,
- 2) közepes és nagy testű emlősök vadászata,
- 3) mézgyűjtés
- 4) kisméretű állatok elkapása (madarak, apróvad, rágcsálók)
- 5) édesvízi halak zsákmányolása
- 6) tengeri és tengerpart menti állatok vadászata, halászata és gyűjtögetése

A technológiák adaptív-funkcionális kategorizációjának (besorolásának) fent leírt első két szintjét tehát az eszközhasználat adaptív területeinek és alterületeinek a meghatározása szolgáltatja. Az itt javasolt kategorizáción belül ezt követi a technológiai kategorizáció két szintje (illetve azok kritériumai). A kategóriákba sorolásnak erre a harmadik és negyedik szintjére azon egyszerű okból van szükség, hogy az egyazon adaptív funkciót szolgáló viselkedés is számos, alapelvében vagy készítési módjában eltérő technológia használatával kivitelezhető:

- 3. szint: A technológiai kategóriák szintje (az alapvető technológiai megoldások besorolása):

Az egyes adaptív alterületeken belül (2. szint), az emberi evolúció folyamán a legtöbb esetben több különböző alapvető technológiai megoldás (innováció) is megjelent. Bármely adott adaptív alterületen belül azonban potenciálisan több technológiai megoldás is elképzelhető és kialakítható. Az egyazon adaptív alterülethez tartozó különböző technológiai megoldásokat ezért a besorolás harmadik, most tárgyalt szintjén a működési alapelv kritériuma alapján tovább kategorizálhatjuk. Mindezt itt szintén az előző pontban már áttekintett, második területnek, a táplálékszerzésnek két adaptív alterületének (a fenti példán belül a 4. és 5. alterületek) kapcsán mutatom be:

- a 4) alterületen, a nagy testű emlősök vadászata alterületén a technológiai evolúció során számos, egyre hatékonyabb technológia jelent meg az őskorban: egyszerű dobó és ütő fegyverek (botok, hajítófák), döfő lándzsák, kézi hajítófegyverek (lándzsák, dárdák), mechanikus hajítófegyverek (íj és nyíl, atlatl), fűvócsővek. Az itt javasolt besorolás 3. szintjén mindezek olyan technológiai kategóriák, amelyeknek bár adaptív funkciója azonos, de technológiai működési elvük (és elkészítésük módja) alapvetően eltérő.

- az 5) alterületen azédesvízi halak zsákmányolásának alterületén belül szintén számos, különböző működési elven alapuló, önálló technológia alakult ki: faszigonyok, összetett szigonyok (csontfej, kőhegy, stb), horog és zsinag, kézi hálók, kerítő hálók, fából fonott vagy épített hal-terelő kerítések, egyszerű vízi járművek, stb.).

A fent bemutatott három besorolási szintet megkülönböztető kategorizáció alkalmazásával tehát egyúttal a Hominin technológiai viselkedés evolúcióját is átfogóan, egységes fogalmi keretek között tárgyalhatjuk. Kiegészítésként érdemes ugyanakkor utalni rá, hogy a besorolás e három szintjén túl, végezetül figyelembe vehetjük a technológiák besorolásának egy 4. szintjét is:

- 4. szint: Az egyedi technológiák szintje (az egyedi technológiai kritériumok szintje):

A fent leírt általános technológiai kategóriákon belül (azaz a 3. besorolási szint egyes kategóriáin belül), az emberi evolúció hosszú időtartama alatt számos, térben és időben korlátozott előfordulású egyedi technológia (azaz helyi variáns) jött létre. Ezeket az egyedi technológiákat olyan embercsoportok hozták létre, amelyek regionálisan és kronológiailag jól elkülönülő, különböző helyi kulturális tradíciókat alakítottak ki. Ezen a 4. szinten a technológiákat olyan, a működési elvhez képest másodlagos, egyedi kritériumok alapján kategorizálhatjuk, mint formai és alaki sajátosságok, nyersanyagbeli, kivitelezésbeli,

méretbeli, stiláris, stb. különbségek. Például, az íjjaknak és nyilaknak, vagy a lándzsáknak, mint általános technológiai kategóriáknak (3. szint) több tucat, vagy akár több száz kulturálisan eltérő variánsa (4. szint) is kialakulhat néhány ezer évnyi kulturális evolúció folyamán. Ez a 4. szint tehát a kulturális eredetű technológiai tradíciók szintje, vagyis a régészettudományban használt kifejezéssel, a „régészeti kultúrák” szintje, az etnográfiaiban pedig az egyes népek vagy régiók saját technológiai tradícióinak a szintje (Jordan, 2014; Shennan, 2013).

Mindazonáltal, a technológiák kategorizációjának ez az utolsó, 4. szintje egy makróevolúciós léptékű áttekintés esetében mellőzhető. Ezért a négy adaptív területen zajló technológiai evolúció most következő áttekintése során a technológiák kategorizációjának a fentebb leírt négy besorolási szintje közül csak az első három szintet fogom tárgyalni.

Az itt bemutatott, háromszintű besorolás fő előnye, hogy egyúttal átfogó elméleti keretet nyújt az egyes technológiák evolúciós eredetének és fejlődésének vizsgálatához is. A technológiai viselkedés négy fő adaptív területét megkülönböztető modell ugyanis egyaránt lefedi az emberszabásúak (csimpánzok), a korai emberfélék (Hominini) és a ma élő ember (Homo sapiens) technológiai viselkedését is. Ily módon ez a szisztéma egy komparatív filogenetikus keretben teszi vizsgálhatóvá a technológiák szerepét az emberi filogenetikus evolúciókülönböző fázisaiban, az emberszabásúaktól (Hominidák), a Hominineken át a Homo sapiens-ig tartó leszármazási soron keresztül. A most következő alfejezetekben egy ilyen diakrónikus makróevolúciós perspektívát alkalmazva fogom áttekinteni a négy fő adaptív területen zajló technológiai evolúciót. Az áttekintés középpontjában a következő két kérdés vizsgálata áll majd:

- 1: - a négy főterületen belül, egyrészt milyen adaptív alterületek és milyen evolúciós időrend szerint jelennek meg
- 2: - másrészt ezeken az alterületeken belül, milyen technológiai kategóriák alakulnak ki (a technológiai sokféleség leírása).

11.2. Az első adaptív terület: A táplálék feldolgozás

{The first adaptive domain: Food processing}

A táplálék feldolgozás, mint a technológiai viselkedés önálló adaptív területe azokat a tevékenységeket fedi le, amelyek a már hozzáférhetővé tett (megszerzett) táplálék állapotának a megváltoztatására, és ily módon az elfogyaszthatóvá tételére irányulnak. Ehhez a területhez a technológiai viselkedés (az eszközhasználat) azon módjait sorolhatjuk, amelyek célja a táplálék külső, testen kívüli előkészítése, és fizikai vagy kémiai állapotának megváltoztatása. A táplálék állapotának e megváltoztatása eredményeként, a táplálék belső, vagyis testen belüli feldolgozásának, így a rágásának és az emésztésének folyamatai kevesebb energiáfordítást igényelnek. A fenti definíción belül, a táplálékfeldolgozás technológiai így két fő adaptív funkciót tölthetnek be: - egyrészt, a táplálék rágásának (rághatóság) előkészítésének a funkcióját; - másrészt a táplálék emésztésének (emészthetőség) elősegítésének funkcióját.⁴⁴

Az 1. adaptív területen belül tehát a technológiák használata az egyed számára azért eredményez fitness-hozzájárulást, mert a már megszerzett táplálékforrásnak a külső, testen kívüli előkészítése lehetővé teszi az egyedi szervezet számára, hogy csökkentse azt az energia mennyiséget, amelyet a rágóizmok tevékenységére (Zink és Lieberman, 2016), vagy az emésztési folyamatokra (Carmody és Wrangham, 2009; Wrangham, 2009; Wrangham és Carmody, 2010) fordít. Mindezen folyamatok révén, vagyis a táplálékból kinyerhető energia mennyiségének növelése, illetve a rágásra és emésztésre fordított saját, testi energia csökkentése révén, a 2. terület technológiai is hatékonyan növelik az egyed által a túlélésre vagy szaporodásra felhasználható energia mennyiségét.

Adaptív alterületek a táplálék feldolgozás főterületén belül

⁴⁴ Harmadrészt, egy további, szintén a táplálékfeldolgozás adaptív területéhez tartozó funkció a tartósítás, vagyis az élelmiszerek bomlásának megelőzését lehetővé tevő eljárások alkalmazása. Ezt a területet azonban a Disszertációban nem tárgyalom, az itt vizsgált időszakokban a jelentősége minimális lehetett.

A táplálékfeldolgozás területéhez tartozó alterületeket két lehetséges szempont alapján is kategorizálhatjuk. Az egyik megközelítést itt is (mint az 1. terület, azaz a táplálékszerzés esetében) a feldolgozott táplálék-típusokból kiinduló kategorizálás jelentheti:

- 1) a növényi táplálékok feldolgozásának technológiái
- 2) az állati táplálékok feldolgozásának technológiái.

Bár a fenti felosztásnak is megvan a létjogosultsága, itt egy második megközelítést fogok alkalmazni, amely nem a feldolgozott táplálékok típusait, hanem két másik kritériumot, egyrészt a feldolgozási eljárás célját, másrészt a feldolgozás technológiáinak az alapvető mechanizmusát veszi figyelembe.

E két kritérium alapján, a 2. főterületen belül három fő adaptív alterületet fogok megkülönböztetni és definiálni a táplálék feldolgozás területén belül:

- 1) A kinyeréses feldolgozás technológiái: a táplálékot védő zárt külső fedő réteg feltörése a táplálék állapotának megváltoztatása nélkül, pl. dióhéjak, csontok, kagylók, stb. feltörése. Ez az alterület lényegében az ember esetében is azzal azonos viselkedési módokat foglal magába, mint amelyek leírására a „kinyeréses táplálkozás” koncepciója (Parker és Gibson, 1976) a főemlősökre vonatkozóan használatossá vált.
- 2) A fizikai (mechanikus) feldolgozás technológiái: az eszközhasználat célja ezen az alterületen belül a táplálék fizikai állapotának vagy állagának, konzisztenciájának megváltoztatása, a felesleges hulladékrészek eltávolítása. Az ehhez az alterülethez tartozó technológiák ezt a célt az eszközhasználattal járó fizikai (mechanikus) erőhatás útján érik el. Példák: vágás, zsigerezés, tisztítás, darabolás, pépesítés, őrlés, stb.
- 3) A kémiai feldolgozása eljárási: a technológiai viselkedés célja azonos a 2.) alterületével, vagyis a táplálék fizikai állapotának vagy állagának, konzisztenciájának megváltoztatása. Azonban a 3) alterülethez tartozó technológiák ezt a célt elsősorban a tűzhasználattal, azaz a táplálék állapotának kémiai átalakítása útján érik el (Wrangham, 2009), ami a tűz által keletkező hő hatására következik be. Példák: sütés, pirítás, füstölés, főzés, stb.

A a 2. főterülethez sorolt, fent megnevezett három adaptív alterületen a Hominin és humán evolúció folyamán megjelenő technológiai kategóriákról a 8.1. táblázat ad összefoglalást. A táblázatban bemutatott, a táplálék feldolgozás területének technológiáira vonatkozó kategorizáció azonban nem tekinthető véglegesnek, további technológiákkal is bővíthető. Ezzel kapcsolatban megfogalmazható négy általános szabály is, amelyek nem csak az 1. területhez tartozó technológiai kategóriákra, hanem mind a négy adaptív területre érvényesek:

- 1: a korai Hominin és humán technológiák többsége organikus (főleg növényi) anyagokból készült (Hurcombe, 2014; Pascual-Garrido és Almeida-Warren, 2021);
- 2: az organikus anyagokból létrehozott technológiák a régészeti lelőhelyeken és a leletanyagban csak esetlegesen jelennek meg, mivel a szerves anyagok rövidtávon lebomlanak.
- 3: ezért a táplálék feldolgozás adaptív területén (és egyúttal a másik három területen) megjelenő technológiai kategóriákra vonatkozóan a legfontosabb információforrást a vadászó-gyűjtögető népekre vonatkozóan globálisan elérhető etnográfiai adatok szisztematikus vizsgálata jelenti (Binford, 2001; Oswalt, 1976; Jordan, 2014; Marlowe, 2009).
- 4: az etnográfiai adatok alapján az feltételezhető, hogy a technológiai kategóriák a táplálék feldolgozás területén, illetve a másik három adaptív területen is lényegesen változatosabbak voltak annál, amire önmagukban a régészeti adatok bizonyítékokat szolgáltatnak.

E négy szabálynak megfelelően, a 8.1. táblázatban bemutatott összegzés a vadászó-gyűjtögetők eszközhasználatának az etnográfiai példáit is figyelembe veszi. Mindez a technológiai evolúció kutatásában egy olyan új megközelítés (kutatási program) felé történő elmozdulás szükségességét is feltételezi, amely a vadászó-gyűjtögetők etnográfiájából származó adatok szisztematikus feldolgozására épül (lásd például: Binford, 2001; Marlowe, 2009; Milks, 2020). E négy szabálynak az első adaptív terület esetében még nagyobb szerepe van, mivel a táplálékfeldolgozás technológiai és eljárásai nemcsak kevés régészeti lenyomatot hagynak, de magát e területet is teljesen mellőzte a régészeti és paleoantropológiai kutatás. Összegezve tehát, az etnográfiai adatok alapján kialakított elméleti következtetések használata nélkülözhetetlen lehet a táplálékfeldolgozás technológiáinak evolúciós eredetének a jövőbeni vizsgálata során.

A Kategorizáció I. Szintje: <u>Adaptív -Funkcionális Főterületek</u>	
Az 1. Terület: TÁPLÁLÉK FELDOLGOZÁS TECHNOLÓGIÁI	
<p>A Kategorizáció II. Szintje: <u>Adaptív alterületek:</u></p> <p>1) KINYERÉSES FELDOLGOZÁS Termés héjak, kagylóhéj, stb. eltávolítása; Állati csontvelő és agyvelő kinyerése;</p> <p>2) FIZIKAI (MECHANIKUS) FELDOLGOZÁS Növényi és állati táplálékok vágása, pépesítése, őrlése, tisztítása, stb.</p> <p>3) KÉMIAI FELDOLGOZÁS Növényi és állati táplálékok hő hatására bekövetkező kémiai átalakítása tűz-használat útján (pirítás, sütés, főzés)</p>	<p>A Kategorizáció III. Szintje: <u>Technológiai kategóriák:</u></p> <p>A) ütőkövek és fadarabok (kalapács funkció) B) ütőkő és kőüllő kombinációja</p> <p>A) pattintott kőeszközök vágó éllel: szilánkeszközök, kavicseszközök, magkövek B) ütőkövek (pépesítés) C) őrlőkövek</p> <p>A) természetes vagy mesterséges tűz aktív gondozása: gyúlékony növényi anyagok adagolása B) egyszerű tűzhelyek C) táplálék tűzhöz helyezésének eszközei: kőlapok, fadarabok, nyársak, fa rostélyok D) tűzgyújtás eszközei: szikravetők, dörzsöléses fafűrők C) főzés eszközei: egyszerű tárolók növényi héjából, fából, stb.</p>

11.1. ábra.

Az 1. adaptív területhez (táplálék feldolgozás) tartozó adaptív alterületek és technológiai kategóriák ismertetése. Az itt bemutatott kategorizáció kiegészíthető, vagyis az egyes alterületekhez további technológiai kategóriák is besorolhatóak.

A technológiai evolúció időrendje a táplálék feldolgozás adaptív területén

A három fentebb definiált adaptív alterület, a fizikai kinyerés, a fizikai feldolgozás, illetve a kémiai (tűzhasználat) feldolgozás a primatológiai és régészeti adatok alapján időrendileg egymást követően jelent meg, és e folyamat során feltehetően a későbbi terület mindig a korábbira épülve alakult ki. Itt ennek az időbeli sorrendnek megfelelően tárgyalom e három területet.

1) Kinyeréses feldolgozás:

A táplálékforrások eszközhasználaton alapuló kinyerése bizonyos esetekben már a főemlősök és emberszabásúak viselkedésén belül is előfordul. Például a makákók az ehető kagylók héját kő üllőn törik fel, a csuklyásmajmok és csimpánzok a diók és más termések héját kőüllővel és kőkalapáccsal törik szét. Ezek a tevékenységek azonban inkább a táplálék kinyerését (a zárt külső héj eltávolítását) célozzák, és nem pedig a táplálék tényleges feldolgozását, vagyis fizikai állapotának megváltoztatását. Így tehát ezekben az esetekben valójában nem választható el egymástól a két fő funkció, a táplálékszerzés és a táplálékfeldolgozás funkciója. Azonban a kinyerés célja itt mindössze a szilárd, nem ehető külső burkolat eltávolítása, és nem kerül sor a táplálék valódi feldolgozására. Vagyis a táplálék rághatóságát és emészthetőségét a kinyeréses technológiák nem befolyásolják. A Hominin- és humán eszközhasználatban egy a fent említett főemlős példákkal analóg tevékenység az állati csöves csontok és koponyák feltörése a legkorábbi, az Oldowan-t megelőző kőeszközökkel, a csontvelő kinyerése céljával (Thompson és mtsai, 2019).

2) Fizikai (mechanikus) feldolgozás:

A fentieket összegezve, a táplálék mechanikus kinyerésének tevékenysége a technológiai viselkedés evolúciójában az első lépést jelenthette ahhoz, hogy a táplálékfeldolgozás önálló adaptív területté váljon. A különböző növényi és állati táplálékok kinyerése során ugyanis az emberszabásúak (Hominidák), illetve a korai Hominin fajok a táplálék, mint fizikai tárgy manipulálásának és módosításának különböző módjai felé habituálódhattak (Parker, 2015; Heldstab és mtsai, 2016). Ez lehetett az az evolúciós előzmény, amely alapul szolgálhatott az olyan, még összetettebb viselkedési módok megjelenéséhez, amelyek nem csak a kinyerésre (hozzáférésre), hanem a már hozzáférhetővé tett táplálék állapotának a tényleges megváltoztatására irányultak.

Az ilyen, a táplálék fizikai állapotának tényleges megváltoztatására irányuló technológiák legelső példájának a korai Oldowan-kőeszközöket tekinthetjük, melyek először hozzávetőleg 2,6 millió éve jelentek meg (Plummer, 2004). Mint arról már többször szó volt, a korai kőeszközhasználat az azonos lelőhelyeken előkerülő állatcsontok és vágásnyomok alapján is közvetlenül kapcsolatba hozható az állati zsákmány feldolgozásával és a húsevéssel.

Azonban az érvelés e pontján továbbra is érdemes megkülönböztetni a táplálék (1) kinyerésének, és a táplálék (2) feldolgozásának tevékenységeit, mivel az állati zsákmány elfogyasztása során valójában több, egymáshoz okságilag és sorrendileg is kapcsolódó tevékenységről van szó:

1) Kinyeréses feldolgozás: A nagyméretű állati test feldolgozása egyrészt ugyanis jóval több kinyeréses művelet igényel, mint egy dió vagy egy kagyló feltörése. Ilyen kinyeréses műveletek: nyúzás, felbontás, kizsigerezés, feldarabolás, ehető belső szervek kivágása, a hús lefejtése a csontokról, a hús feldarabolása.

2) Fizikai feldolgozás: a fenti lista utolsó két eleme, a hús lefejtése, illetve a hús (és belső szervek) feldarabolása viszont egyidejűleg már olyan műveletek, amelyek megváltoztatják az állati táplálék fizikai állapotát is, például a húsdarabok méretét és konzisztenciáját. Ezek a technológiai eljárások így ténylegesen megkönnyítik a hús elfogyasztását és csökkentik az egyedek által a rágáshoz szükséges időt és energiát (Zink és Lieberman, 2016).

Összességében a vágóélel rendelkező kőeszközök, illetve annak legkorábbi változatai, az Oldowan eszközök tehát a táplálék feldolgozás egy új adaptív alterületének, a fizikai feldolgozás alterületének a megjelenését tették lehetővé. Ezt követően a Hominin evolúció folyamán a táplálék feldolgozás területének számos további új adaptív alterülete és új technológiája is kialakulhatott, így a pépesítés, darabolás, tisztítás, őrlés stb. technológiái (Wollstonecroft, 2011; lásd még: 11.1. táblázat).

3) Kémiai (tűzhasználaton alapuló) feldolgozás:

A korai kőeszközöket követően (lásd az előző pontban), a legjelentősebb változást a táplálék feldolgozás adaptív-funkcionális területén a tűzhasználat kialakulása jelentette. A főzés fogalma tág értelemben úgy definiálható, mint az ételkészítés hő használatával járó formáinak

összessége (beleértve a sütés, pirítás, párolás, stb. eljárásait is). A főzés, mint a táplálék tűzhasználaton alapuló feldolgozása egy egyedül az emberre jellemző viselkedés. E viselkedés adaptív (fitnesznövelő) funkcióját a táplálékok számos típusának az extraszomatikus, tehát a saját testen kívül lezajló feldolgozását jelenti. A főzés, mint a táplálék előzetes feldolgozása és kémiai átalakítása ugyanis egyrészt jelentősen megkönnyíti a táplálék feldolgozását az emésztőszervek számára, másrészt növeli a táplálékból a szervezet által kinyerhető energia nettó mennyiségét (Wrangham és Carmody, 2010). A főzés, mint eljárás különböző módjai ugyanakkor számos eszközt és technológiát igényelnek, a tűzgyújtás eszközeitől kezdve, a tűzhely kialakításán és a tűzhelyen való elhelyezés eszközein keresztül, az étel elfogyasztásának eszközeiig bezárólag (Wrangham, 2009). A főzésnek, mint kiemelkedő jelentőségű humán adaptív és technológiai innovációnak az evolúciós kialakulása azonban jelenleg csaknem teljesen ismeretlen.

Magának a tűzhasználatnak a kezdeti megjelenésének időrendjére vonatkozóan ma két nézet áll szemben. Az egyik nézet a tűzhasználat 2 millió éves korai megjelenésével számol, amely a *Homo erectus* mint faj kialakulásával párhuzamos (Wrangham és Carmody, 2010). A másik megközelítés viszont a tűzhasználat elterjedését lényegesen később, csak az emberi evolúció legutóbbi 300 ezer évére nézve tartja igazolhatónak (Gowlett, 2016). Akármelyik nézet bizonyul majd helyesnek, az egyértelmű, hogy a tűz használatának alapvető szerepe volt az emberi táplálék feldolgozás technológiáinak és eljárásainak (főzés, sütés, párolás, füstölés, stb.) az evolúciójára.

11.3. A második adaptív terület: A táplálékszerzés

{The second adaptive domain: Food acquisition}

A táplálékszerzés, mint a technológiai viselkedés önálló adaptív területe az olyan, eszközök használatán alapuló tevékenységeket fedi le, amelyek célja bármely növényi, illetve állati eredetű táplálékforrás kiaknázása vagy megszerzése. A 2. adaptív területen a technológiai viselkedés (az eszközhasználat) funkciója révén tehát lehetővé teszi a valamely meghatározott táplálék-típushoz való hatékonyabb hozzáférést. Ennek két fő útvonulatát különböztethetjük meg:

- egyrészt, a technológia kevesebb energiaráfordítással teszi elérhetővé ugyanazt a táplálék-típust, mint a technológia nélküli (tehát pusztakezes) eljárások

- másrészt, a technológia egy olyan táplálék-típust is elérhetővé tehet, amely a technológia nélküli viselkedésformákkal egyáltalán nem elérhető.

Mindkét fent leírt esetben, a technológia használata az egyed számára jelentős fitness-hozzájárulást eredményez, mivel az ily módon megszerzett többlet táplálékforrás (többlet kalória) növeli az egyed által a túlélésre vagy szaporodásra felhasználható energia összmenyiségét.

Adaptív alterületek a táplálékszerzés főterületén belül

Az ide tartozó alterületeket többféle lehetséges szempont alapján is kategorizálhatjuk – attól függően, hogy magukat a technológia által megszerzett táplálékforrásokat hogyan kategorizáljuk. A lehetséges legátfogóbb kategorizálást a növényi eredetű táplálék megszerzése, és állati eredetű táplálék megszerzése során használt technológiák megkülönböztetése jelenti. Itt azonban egy ennél nagyobb felbontású kategorizációt használok, amely az emberfélék (Hominini) által kiaknázott fő táplálékforrások kategorizációján alapul. Ennek megfelelően, a következő táplálékforrásoknak megfelelő adaptív alterületeket különböztetem meg:

- 1) a növényi eredetű táplálék gyűjtögetése,
- 2) közepes és nagy testű emlősök vadászata,
- 3) mézgyűjtés
- 4) kisméretű állatok elkapása (madarak, apróvad, rágcsálók)
- 5) édesvízi halak zsákmányolása
- 6) tengeri és tengerpart menti állatok vadászata, halászata és gyűjtögetése

Az itt felsorolt hat adaptív alterülethez nagyszámú technológiai kategória tartozik, amelyekről a 8.2. táblázat egy áttekintő összegzést. Az itt ismertetett kategorizáció azonban nem tekinthető véglegesnek, további technológiákkal is bővíthető. Itt ugyanaz a négy általános elméleti szabály érvényes, amelyeket az 1. adaptív területhez tartozó technológiai kategóriák kapcsán fentebb már ismertettem. E négy szabálynak megfelelően, a 8.2. táblázatban bemutatott összegzés a vadászó-gyűjtögetők eszközhasználatának az etnográfiai példáit is figyelembe veszi:

- 1: a korai Hominin technológiák többsége organikus anyagokból készült.
- 2: az ilyen technológiák a régészeti lelőhelyeken rövidtávon lebomlanak.

-3: ezért a technológiai kategóriákra a legfontosabb információforrást a vadászó-gyűjtőgető népekre vonatkozó etnográfiai adatok jelentik (Oswalt, 1976; Binford, 2001).

-4: az etnográfiai adatok alapján feltételezhető, hogy a technológiai kategóriák lényegesen változatosabbak voltak volt annál, ami a régészeti adatok alapján bizonyítható.

A Kategorizáció I. Szintje: <u>Adaptív -Funkcionális Főterületek</u>	
A 2. Terület: TÁPLÁLÉKSZERZÉS TECHNOLÓGIÁI	
A Kategorizáció II. Szintje: <u>Adaptív alterületek:</u>	A Kategorizáció III. Szintje: <u>Technológiai kategóriák:</u>
1) Növényi táplálékok	A) ásóbotok, fa ásó eszközök: földalatti gumók, tároló gyökerek elérése
2) Állati zsákmány vadászata (főleg közepes és nagy testű emlősök)	A) fa ütőfegyverek (botok, buzogányok, hajító fák) B) kézi döfő és hajítófegyverek (dárdák, lándzsák) C) mechanikus hajtó fegyverek (atlatl, íj és nyíl) D) fűvócsövek és lövedékeik E) kihelyezett alkalmazosságok (hurkok, hálók, csapdák, terelő kerítések)
3) Mézgyűjtés	A) füst és tűzhasználat, B) famászást segítő eszközök (kötelek, létrák, hevederek) C) védőeszközök (testpólyák, maszkok, kézvédők)
4) Kisméretű emlősök és madarak zsákmányolása	A) hurkok B) egyszerű csapdák C) hálók D) íjj és nyíl E) hajító fák
5) Édesvízi halak zsákmányolása	A) fa és csont szigonyok, B) horgok és zsineg, C) hálók, D) varsák

<p>6) Tengeri és tengerparti állatok zsákmányolása</p>	<p>E) halterelő és kerítő konstrukciók</p> <p>A) fa és csont szigonyok, B) horgok és zsineg, C) hálók, D) egyszerű vízi járművek</p> <p>E) tárolók (kosarak, tarisznyák, stb)</p>
---	---

11.2. ábra.

A 2. adaptív területhez (táplálékszerzés) tartozó adaptív alterületek és technológiai kategóriák ismertetése. Az itt bemutatott kategorizáció kiegészíthető, vagyis az egyes alterületekhez további technológiai kategóriák is besorolhatóak.

A technológiai evolúció időrendje a táplálékszerzés adaptív területén

A globális etnográfiai adatok azt bizonyítják, hogy a Holocén folyamán mind a nyolc fent felsorolt alterületen belül számos technológiai kategória kialakult (Oswalt, 1976; Binford, 2001; illetve lásd: 11.2. táblázat). E technológiák evolúciós megjelenésének kezdeti időpontjára azonban a régészeti adatok alapján csak korlátozottan vonhatunk le következtetéseket. Az egyes technológiáknak a régészeti leletekben való felbukkanása ugyanis mindig csak egy minimális időhatárt jelöl ki: a legkorábbi olyan dátumot, amikor az adott technológiát már bizonyíthatóan ismerték és használták legalább egy Hominin populáció egyedei.

Így például az állati zsákmány megszerzésének (vadászatnak) az adaptív területén a hajítófegyverek, mint technológiai kategóriának a legkorábbi régészetileg dokumentált bizonyítékai a Schöningennél talált fa lándzsák és hajítófák 330 ezer éve (Schoch és mtsai, 2015), illetve a Clactonnál talált fa lándzsahegy 400 ezer éve (Churchill, 2014). Mindezek a legkorábbi előfordulási adatok azonban nem adnak arra vonatkozó információt, hogy ezt megelőzően hány százezer éven keresztül használtak egyszerű fa hajító fegyvereket a korai emberfélék. Ami az ilyen vadászfegyverek készítéséhez szükséges technológiai képességeket illeti, már a 2 millió évnél korábbi Oldowan kőszközök is alkalmasak lehettek az ilyen szintű famegmunkálás kivitelezésére (Hayden, 2015). Azonban tényleges régészeti bizonyítékok híján mégsem állíthatjuk egyértelműen, hogy az Oldowan-Homininek fa vadászfegyvereket

használtak. Vagyis a hajító lándzsák (Milks, 2020), és ugyanígy a legtöbb más technológiai kategória korai használatának evolúcióját csak a közvetett bizonyítékokon alapuló elméleti következtetések alkalmazása útján, tehát csak hozzávetőlegesen rekonstruálhatjuk.

11.4. A harmadik adaptív terület: A testhez kapcsolódó technológiák

{The third adaptive domain: Body related technologies}

A testhez kapcsolódó technológiák, mint a technológiai viselkedés önálló adaptív területe az eszközök használatának azokat a formáit foglalja magába, amelyek az egyed saját testére irányulnak. Így többek között olyan technológiák tartoznak ide, melyek célja a saját test fizikai védelmezése, gondozása, ápolása, vagy a homeotermikus egyensúly (állandó testhőmérséklete) fenntartásának a biztosítása.

A korábban tárgyalt 1. és 2. adaptív terület esetében a technológiák használata az egyed számára azért eredményez fitness-hozzájárulást, mert növeli a számára a táplálékon keresztül hozzáférhető energia mennyiségét. Ezzel szemben, a 3. terület technológiáinak használata esetében a fitness-hozzájárulás a már megszerzett energia megőrzését és megtakarítását, vagy hatékonyabb felhasználását teszi lehetővé. Ez a fitness-hozzájárulás irányában megnyilvánuló eredmény tehát az általam a 3. területhez sorolt technológiák (lásd alább) közös sajátossága, ahogyan az is közös e technológiákban, hogy használati funkciójuk az emberi test valamely saját funkcióját egészíti ki.

A 3. adaptív területhez a technológiák két tágabb csoportját sorolom. Egyrészt, azokat a technológiákat sorolom, amelyek funkciójukon keresztül hozzájárulnak az őket használó egyed saját testének védelméhez a fizikai behatásokkal és sérülésekkel, hőmérsékletváltozással, kihűléssel, fertőzéssel, betegségekkel, vagy fizikai terheléssel, szemben. Másrészt, azokat a technológiákat, melyek hozzájárulnak a saját test fizikai aktivitásának hatékonyabb kivitelezéséhez, vagyis az egyed az ilyen technológiák (eszközök) segítségével ugyanazt az aktivitást kevesebb energia felhasználásával végezheti el, mint e technológiák nélkül.

Adaptív alterületek a testhez kapcsolódó technológiák főterületén belül

A 3. adaptív területhez tartozó alterületek kategorizálásának egyik lehetséges megközelítését az egyes alterületeknek az alapvető adaptív funkcióján és a fitness-hozzájárulásuk hatásmechanizmusain alapuló definiálása jelenti. E megközelítést alkalmazva, a továbbiakban a saját testhez kapcsolódó technológiák következő alterületeinek megkülönböztetését javaslom (röviden leírva egyúttal ezeknek az alterületeknek az alapvető adaptív funkcióját is)

- 1) Alvó alkalmatosságok: a saját test fizikai védelme és hőszigetelése az éjszakai alvás időtartama alatt
- 2) Hajlékok: a saját test fizikai védelme és hőszigetelése a napsütés, hő, szél, eső ellen, vagy az éjszakai alvás időtartama alatt
- 3) Öngyógyítás és testgondozás: fizikai sérülések vagy fertőzések hatásának csökkentése gyógynövények használatával vagy más eszközök alkalmazásával
- 4) Hordozó eszközök és konténerek: a saját test és a kezek korlátozott hordozó kapacitásának növelése, ami lehetővé teszi a felszerelés vagy az élelem eljuttatását nagyobb távolságokra is
- 5) Ruházat: a saját test felületének védelme a hideg, nedvesség, szél ellen, az állandó testhőmérséklet fenntartásának és a kihűlés megelőzésének a céljával
- 6) Lábbeli: a lábak védelme a hideg és nedvesség a kihűlés és fagyás megelőzésének a céljával
- 7) Testdíszítés technológiái: a test, testrészek, vagy a haj díszítése és megjelölése különböző lehetséges célokkal (hivalkodás, státuszversengés, szociális és csoport hovatartozás jelzése)

A fent definiált adaptív alterületeket hagyományosan nem szokás egymással kapcsolatba hozni és egymással együtt tárgyalni. Ezért e hét területnek az egy átfogó kategórián belüli, vagyis a saját testre irányuló technológiák adaptív területén belüli összevonása további magyarázatot igényel. Az általam javasolt megközelítés szerint, e területeknek két fontos közös sajátossága is van, ami mindezt indokolja. Egyrészt, mind a hét terület az eszközhasználat olyan formáját képviseli, amely az egyed saját testére, illetve testi állapotaira irányuló tudatosságot feltételezi. Vagyis az eszközhasználat (technológiai aktivitás) céltárgya ezeken a területeken maga az emberi test. Másrészt, szintén közös e területekben (a 7. alterület kivételével), hogy az eszközhasználat hozzájárul az emberi test egyensúlyi állapotának (homeosztázisának) fenntartásához, mérsékli az emberi szervezet által a testi tevékenységekre fordítandó energia mennyiségét, és ezen keresztül növeli az egyed inkluzív fitnessét.

A 3. területhez sorolt hét adaptív alterületen megjelenő technológiai kategóriákról a 8.3. táblázat egy áttekintő összegzést. E területre szintén érvényes az a négy általános szabály is, amelyet előző két adaptív terület kapcsán is leírtam:

- 1: a korai humán technológiák többsége organikus anyagokból készült; - 2: az organikus anyagokból létrehozott technológiák a régészeti lelőhelyeken csak esetlegesen jelennek meg;
- 3: ezért az egyes adaptív területeken megjelenő technológiák kategóriáiára vonatkozó legfontosabb információforrást a vadászó-gyűjtögető népekre vonatkozóan globálisan elérhető etnográfiai adatok jelentik; - 4: az etnográfiai adatok alapján az feltételezhető, hogy az evolúciós múltban a technológiai kategóriák lényegesen változatosabbak voltak annál, ami a régészeti adatok alapján feltételezhető.

A Kategorizáció I. Szintje: <u>Adaptív -Funkcionális Főterületek</u>	
A 3. Terület: SAJÁT TESTHEZ KAPCSOLÓDÓ TECHNOLÓGIÁK	
<p>A Kategorizáció II. Szintje: <u>Funkcionális alterületek:</u></p> <p>1) Alvóhelyek</p> <p>2) Hajlékok</p> <p>3) Ön-gyógyítás</p>	<p>A Kategorizáció III. Szintje: <u>Technológiai kategóriák:</u></p> <p>A) fekvőhelyek növényi anyagokból, B) állati bőrök, C) tűz használat, tűzhelyek</p> <p>A) egy irányból védő konstrukciók (szélfogók és esőfogók ágakból és levelekből) B) két vagy több oldalról zárt, egyszerű konstrukciók C) zárt konstrukciók (sátrak és kunyhók, fa vázzal és növényi borítással, vagy állati bőrökkel)</p> <p>A) növényi gyulladásgátlók és antibiotikumok használata szájon át, B) sebek tisztítása, kezelése növényi anyagokkal</p>

<p>4) Hordozó eszközök (a test hordozó kapacitásának növelése, terhek energia hatékonyabb szállítása)</p>	<p>A) kötelek, pántok, hevederek B) zsákok, tarisznyák C) fonott tárolók, kosarak</p>
<p>5) Ruházat (- lásd: Gilligan 2010 és 2019)</p>	<p>A) egyszerű ruházat (egyrészes, a test felület csak egy részét lefedő öltözék) B) összetett ruházat (Több részes, akár a teljes testfelületet lefedő ruházat)</p>
<p>6) Lábbelik</p>	<p>A) nyitott lábbelik; B) zárt lábbelik</p>
<p>7) Hivalkodás (a test díszítése, megjelölése, felhasználása szociális üzenetek közlésére)</p>	<p>A) testfestés, okkerhasználat B) egyszerű állati díszek (fogak, karmok, kagylóhéjak, tollak) C) növényi díszek</p>

11.3. ábra.

A 3. adaptív területhez (testhez kapcsolódó technológiák) tartozó adaptív alterületek és technológiai kategóriák ismertetése. Az itt bemutatott kategorizáció kiegészíthető, vagyis az egyes alterületekhez további technológiai kategóriák is besorolhatóak.

A technológiai evolúció időrendje a saját testre irányuló technológiák adaptív területén

A saját testre irányuló technológiák adaptív területén belül az egyes alterületek és az egyes technológiai kategóriák megjelenésének evolúciós időrendje jelenleg hiányosan ismert. Ezért a kérdést itt részleteiben nem tárgyalom. Mind a hét alterületre érvényes, hogy potenciálisan az állati és növényi eredetű organikus anyagok széles köre felhasználható a különböző használati tárgyak elkészítésére (takarók, ruházat, hordozó eszközök, hajlékok, lábbelik, stb.). Ami tényként kezelhető, hogy a régészeti adatok és a közvetett bizonyítékok alapján a hét alterület mindegyike a késői Pleisztocén folyamán már használatos volt (Szabó és Bereczkei, 2021). Egyes területek esetében azonban ennél korábbi, akár a középső vagy korai Pleisztocén idejére tehető megjelenés lehetősége is reálisan felvethető, vagyis a saját testre irányuló eszközhasználat a Hominin evolúció folyamán egyértelműen megelőzi a *Homo sapiens* megjelenését.

11.5. A negyedik adaptív terület: A másodlagos technológiák

{The fourth adaptive domain: Secondary technologies}

A másodlagos technológiák területéhez, mint a technológiai viselkedés önálló adaptív területéhez az eszközök használatának azok a formái tartoznak, amelyeknek a célja az előző három adaptív területhez tartozó eszközök és technológiák előállítása, létrehozása. Az e területhez tartozó technológiák adaptív funkciója, hogy egyrészt hatékonyabbá tegyék a másik három területhez tartozó eszközök és technológiák előállítását, vagyis csökkentsék az egyed számára a létrehozásukhoz szükséges idő- és energia ráfordítást. Másrészt, lehetővé teszik a másik három terület céljaira az olyan összetettebb eszközök elkészítését is, amelyek előállítása csak az eszközhasználaton alapuló munkafolyamatok útján lehetséges.

A fenti definíciónak megfelelően, a 4. adaptív terület esetében a technológiák használata az egyed számára tehát elsősorban közvetett módon eredményez fitness-hozzájárulást. Mégpedig azért, hogy a másodlagos technológiák olyan új, hatékonyabb technológiák előállítását teszik lehetővé, amelyek használata így közvetve (azaz másodlagosan) a másik három adaptív területen biztosít magasabb fitness-hozzájárulást.

Adaptív alterületek a másodlagos technológiák főterületén belül

Ahogy a 8. fejezetben bemutattam, a másodlagos technológiák olyan az eszközkészítés céljára használható eszközök, amelyek adaptív funkcióját az előző három adaptív területen használható új, hatékonyabb eszközök elkészítése jelenti. E definícióból következően, a 4. adaptív területen belül három adaptív alterületet érdemes megkülönböztetni:

- 1: a táplálék feldolgozáshoz kapcsolódó eszközök készítésének technológiái
- 2: a táplálékszerzéshez kapcsolódó eszközök készítésének technológiái
- 3: a saját testhez kapcsolódó eszközök készítésének technológiái.

Ugyanakkor ahhoz, hogy e három alterületen a másodlagos technológiák használata lehetővé váljon, magukat a másodlagos technológiákat is elő kell állítani. Ezért a fenti három adaptív alterület mellett egy negyediket is megkülönböztethetünk:

- 4: a másodlagos technológiák előállításához kapcsolódó eszközök készítésének technológiái.

A fent leírt négy adaptív alterület jelenti tehát a másodlagos technológiák kategorizációjának a második besorolási szintjét (11.4. ábra). E négy terület mindegyikén nagyszámú különböző

eszközhasználati mód, azaz technológiai kategória jelenhet meg, melyek kőeszközökből, organikus anyagokból, vagy e kétféle anyagcsoport kompozíciójából alakíthatóak ki. Ezeket az eszközhasználati módokat besorolhatjuk néhány olyan általános funkcionális technológiai kategóriába, amelyeket a 9 alfejezetben már felsoroltam:

- munkaeszközök (más anyagok megmunkálásnak eszközei)
- kötöző anyagok
- rögzítő anyagok (enyv, gyanta, ragasztó, szurok, stb)
- támasztó és tartó elemek
- burkoló és fedő anyagok.

A Kategorizáció I. Szintje: <u>Adaptív -Funkcionális Főterületek</u>	
A 4. Terület: MÁSODLAGOS TECHNOLÓGIÁK	
<p>A Kategorizáció II. Szintje: <u>Funkcionális alterületek:</u></p> <p>1) Munkaeszközök a táplálék feldolgozás technológiáinak adaptív területén</p> <p>2) Munkaeszközök a táplálékszerzés technológiáinak adaptív területén</p> <p>3) Munkaeszközök a testhez kapcsolódó technológiák adaptív területén</p> <p>4) Munkaeszközök a másodlagos technológiák adaptív területén</p>	<p>A Kategorizáció III. Szintje: <u>Technológiai kategóriák:</u></p> <p>A) a kőeszköz készítés eszközei B) tűzgyújtás eszközei C) edénykészítés eszközei D) Stb.</p> <p>A) a kőeszköz készítés eszközei B) a fámegmunkálás és fegyverkészítés eszközei C) Stb.</p> <p>A) a fámegmunkálás eszközei B) a bőrfeldolgozás eszközei C) varróeszközök D) Stb.</p> <p>A) a kőeszköz készítés eszközei B) a faeszköz és csonteszköz készítés eszközei</p>

11.4. ábra. A negyedik adaptív területhez (másodlagos technológiák) tartozó adaptív alterületek és technológiai kategóriák ismertetése. Az itt bemutatott kategorizáció nyitott és kiegészíthető, vagyis az egyes alterületekhez további technológiai kategóriák is besorolhatóak.

A technológiai evolúció időrendje a másodlagos technológiák adaptív területén

Az előző három adaptív területtel összehasonlítva, a másodlagos technológiák területére még inkább érvényes az, hogy az ide tartozó adaptív alterületeknek és technológiai kategóriáknak az evolúciós történetére vonatkozóan a régészeti leletek csak korlátozottan nyújtanak információkat. Ezért a 4. adaptívterületen belül lezajló technológiai evolúció időrendjének kérdését az adatok hiányában a munkaeszközök kivételével itt nem tárgyalom.

Jelenleg ugyanis a másodlagos technológiák korábban felsorolt funkcionális kategóriái közül elsősorban csupán a munkaeszközök kategóriájának evolúciós fejlődését tudjuk felvázolni. Ez azért van így, mert az őskori munkaeszközök készítésében nagy szerepe volt a kő, mint nyersanyag használatának, mely eszközök így nagyobb arányban maradtak fenn régészeti leletként, mint más, az organikus anyagok használatát igénylő technológiák. A kőből készült munkaeszközök technológiai evolúcióján belül így néhány fontos újítás megjelenésének az időrendje viszonylag pontosan meghatározható. Ezek közül itt hármat emelek ki:

- 1: az ütőkövek legkorábbi használata a pattintásos kőeszköz készítés céljára egyidős a Lomekwian (3,3 millió év) és az Oldowan (2,6 millió év) tradíciók kezdetével (lásd: 8. fejezet)
- 2: a pattintott kőeszközök, így magkövek és szilánkok használata fafaragásra és ezen keresztül faeszközök készítésére egyidős lehet az Oldowan technológia elterjedésével, vagyis akár 2,6 – 2 millió éve kialakulhatott, az organikus lerakódások és a használati kopás-nyomok alapján (Hayden, 2015; Taylor, 2010).
- 3: a pattintott kőeszközök fanyélbe illesztése (nyelezés) a közvetett régészeti bizonyítékok alapján a középső Pleisztocén második felében, legalább 400 ezer évvel ezelőtt kezdődően terjedt el (Barham, 2012). A nyelezett eszközök alkalmazása célzottabb erőátvitelt és pontosabb munkavégzést tesz lehetővé, kevesebb erőkifejtéssel. Mindez közvetve a hatékonyabb fagegmunkálást, bőrfeldolgozást és csontmegmunkálást is lehetővé teszi, ami jelentős mértékben kiszélesítette az

eszköz-készítésnek (azaz az új technológiai kategóriák létrehozásának) a lehetőségeit (Barham, 2012). Nem véletlen, hogy a nyelezett vágó, fűrő, fāragó, véső, kalapáló és lyukasztó eszközöket a mai napig használjuk, csupán az eszközök anyagai modernizálódtak az őskor óta.

11.6. Technológiai evolúció négy adaptív területen: konklúziók **{ Technological evolution in four adaptive domains: conclusions }**

Ebben a fejezetben azt mutattam be, hogy a technológiai viselkedés négy területén milyen főbb adaptív alterületek alakultak ki a Hominin evolúció legutóbbi 2 millió évében, a Holocénig bezárólag. A bemutatás során, a korai humán technológiák teljes spektrumának áttekintése céljával egy három szintű besorolásra épülő kategorizációt alkalmaztam. Az újabb és újabb adaptív alterületek megjelenésének a folyamata egy olyan evolúciós tendencia, amelyet – ahogyan azt a csimpánzok esetében is felvettem (7. fejezet) – az adaptív diverzifikációjának fogalmával írhatunk le.

A másodlagos technológiák, azaz az eszköz-készítés eszközeinek elterjedésének hatására, a középső és késői Pleisztocén folyamán számos új, komplex technológiai kategória jelenik meg. Ezek közül közvetetten csak néhányat ismerünk régészeti bizonyítékok alapján is. Így például, ebben az időszakban jelenik meg a ruházat és a ruhakészítéshez használt munkaeszközök (Gilligan, 2010 és 2018), a nyelezett munkaeszközök (Barham, 2012), illetve a kompozit vadászfegyverek, mint például kőhegygel ellátott lándzsák (Wilkins és mtsai, 2014), vagy az íjjak és nyílveszők (Shea, 2009) használata. E mellett számos más őskori technológiai kategória is létezhetett, amelyek viszont a régészeti leletekként nem maradtak fenn. Az új technológiai kategóriák megjelenése pedig felgyorsíthatta a humán technológiák adaptív diverzifikációs tendenciájának folyamatát is, és egyre változatosabb és egyre több elemből álló technológiai repertoárok alakultak ki.

A másodlagos technológiák adaptív területének megjelenését követően, a csimpánzok eszközhasználatához (és tágabban, a legkorábbi, hattól két-három millió évvel ezelőttig élt Hominin fajok eszközhasználatához) képest a legfontosabb változást tehát az jelenti, hogy egyre több adaptív területen egyre többféle technológiai kategória megjelenésére került sor az emberi evolúció folyamán. Az ilyen, a csimpánz csoportok és a jelenkori vadászó-gyűjtögető

kultúrák között a technológiai repertoárjaik strukturáltságának mértékében fennálló különbségeket korábban már a kvantitatív statisztikai analízis eszközeivel is kimutatták (Kamilar és Atkinson, 2014; Kamilar és Marshack, 2012; Lycett és mtsai, 2007).

Jelenleg a humán technológiák adaptív diverzifikációjának e folyamatának kevésbé a részleteit, mint inkább a következményeit ismerjük. A legfontosabb ilyen következmény a különböző Hominin fajok globális elterjedésének a folyamata (Gamble, 2014). A középső Pleisztocén (800-tól 100 ezer évvel ezelőttig) folyamán a különböző Hominin fajok – így a modern ember (*H. sapiens*), a neandervölgyi ember (*H. neanderthalensis*), és a gyeniszovai ember – Afrikától egészen Eurázsia mérsékelt és hideg éghajlatú területeiig (Galway-Witham és mtsai, 2020). Ez a Hominin geográfiai expanzió ugyanis egyértelműen azt feltételezi, hogy a számos különböző éghajlati övben, és ennek megfelelően különböző ökológiai niche-ben megtelepedő *Homo* fajok nagyszámú új táplálék feldolgozási, táplálékszerzési és saját testhez kapcsolódó technológiát alakítottak ki (Roberts és mtsai, 2018), melyeknek a régészeti leletekből azonban csak egy kis része ismerhető meg.

Azonban annak az itt felvázolt folyamatnak, amely a Hominin technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának ehhez a kibővüléséhez vezetett, számos fázisa jelenleg még ismeretlen. Így az e fejezetben bemutatott kategorizáció (lásd: 11.1.-11.4. táblázatok) elsősorban szintén a Hominin technológiai evolúció végállapotát, vagyis a humán technológiai viselkedésnek a Holocén időszakára elért diverzitását írja le. Az egyes adaptív területeknek és az egyes technológiai kategóriáknak az evolúciós története azonban jóval korábbra, legalább a késői, de akár a középső és korai Pleisztocénig is visszanyúlhat (Szabó és Bereczkei, 2021) – ugyanakkor ezeknek a folyamatoknak a pontosabb rekonstruálása nagyrészt a jövőbeni kutatások feladata lesz majd.

12. fejezet

A négy adaptív terület modell relevanciája és hozadéka

{ Relevance and implications of the four adaptive domain model }

12.1. A modellt alkotó hipotézisek

{ Hypotheses that form the model }

Az értekezés II. részében a Hominin technológiai evolúció egy olyan általános elméleti modelljét alakítottam ki, mely az eszközhasználat evolúciójának négy adaptív területét különbözteti meg (rövidítéssel: ENAT modell). E megközelítés kiinduló pontját egy olyan evolúciós analógia képezi, amelyen belül a csimpánzok (*P. Troglodytes*) technológiai viselkedésének részletesen analízise alapján, következtetések fogalmazhatóak meg a kihalt Hominin fajok eszközhasználatára vonatkozóan. Az így kialakított modell egyúttal egy olyan elméleti és konceptuális leíró keretet is képez, amelyen belül a technológiai evolúció teljes, legalább 6 millió éves folyamata tárgyalható. Ez azért van így, mert ez a modell a négy adaptív terület megkülönböztetésének hipotézise mellett további három, ehhez szorosan kapcsolódó hipotézist is magába foglal, melyek együttesen a humán technológiai evolúció folyamatának az átfogó leírására is alkalmazhatóak. Ebben az alfejezetben először röviden összegzem ezt a négy hipotézist az alábbiakban.

-1). Hipotézis.

A Hominin technológiai viselkedésen belül négy önálló adaptív terület különíthető el.

A technológiai evolúció elméletei a primatológiában és a paleoantropológiában is adottnak veszik azt a hipotézist, hogy a korai eszközhasználat legfontosabb, vagy akár kizárólagos adaptív funkciója egyetlen fő területhez, a táplálkozás területéhez kapcsolódik. Ezt a hipotézist a kinyeréses táplálkozás (*extractive foraging*) széles körben elterjedt koncepciója általános formában is megfogalmazta, amikor a főemlősök intelligenciájának evolúcióját ok-okozati kapcsolatba hozta az eszköz használaton alapuló táplálkozással, mint viselkedési adaptációval. Az általam javasolt új modell kiinduló hipotézise ezzel szemben az emberszabásúak eszköz-használatának négy önálló és független területét különbözteti meg:

- 1) a táplálék feldolgozás területe: az eszközhasználat célját és adaptív funkcióját a táplálék fizikai állapotának, állagának megváltoztatása jelenti, ezáltal az kevesebb energiaráfordítással is megrághatóvá és megemészthetővé válik
- 2) a táplálékszerzés területe: az eszközök használata nélkül nem, vagy csak korlátozottan hozzáférhető növényi és állati táplálékok megszerzését célzó technológiák területe
- 3) a testhez kapcsolódó technológiák területe: a tárgyak és eszközök használatának célja a saját test gondozása, ápolása, védelme a sérülésektől és a külső fizikai stressztől
- 4) a másodlagos technológiák (eszköz-készítés) területe: az előző három területen használható technológiák előállítására használható technológiák.

-2). Hipotézis.

A négy adaptív terület evolúciós megjelenésének időrendje egy filogenteikus összehasonlító kereten belül rekonstruálható.

A fenti 1. hipotézisben megnevezett négy adaptív terület evolúciós megjelenésének sorrendje az egyes viselkedésformáknak a főemlősök (Primates) rendjének ma élő fajai körében kimutatható filogenetikus előfordulási mintázat alapján rekonstruálható:

-1: elsőként a négy terület közül a táplálék feldolgozás területéhez sorolható eszközhasználat jelenhetett meg.

Ugyanis az egyszerű, a növényi termékek, vagy a kagylók héjainak ütőkő és/vagy kőüllő használaton alapuló feltörése a főemlősök legalább négy ma élő családjában is megjelenik, így a csuklyásmajmok, a makákók, az orángutánok, és a csimpánzok esetében. (lásd: 1. fejezet). Mindez arra utal, hogy e viselkedésformák kialakításához szükséges manuális, motoros és kognitív képességeket a főemlősök rendjének ősi, pleisomorfikus sajátosságának tekinthetjük. E sajátosságok korán, akár már az újvilági majmok (Platyrrhini) és az óvilági majmok szétválásának idején kialakulhattak

-2: másodikként a saját testre irányuló eszközhasználat adaptív területének az evolúciós kialakulására kerülhetett sor.

Egyrészt, a saját test védelme és gondozása általános a főemlősök számos családja körében, aminek legismertebb példái a saját szőrzet kurkászása és tisztogatása. Másrészt azonban, az eszközök funkcionális használata a test gondozása céljával lényegesen korlátozottab

filogenetikus előfordulást mutat (lásd: 6. fejezet). Az ilyen jellegű viselkedés elsősorban a nagy emberszabásúakra, így a csimpánzokra, bonobókra és orangutánokra jellemző. Ezért az feltételezhető, hogy a 2. adaptív területének filogenetikus megjelenése legkorábban csak a nagy emberszabásúak közös ősnél, vagyis hozzávetőleg 25 millió éve jelenhetett meg, és e viselkedés az emberszabásúak synapomorfikus sajátosságának tekinthető.

-3: Az eszközhasználat harmadiknak megjelenő adaptív területe a táplálékszerzés területe, vagyis a mozgó vagy rejtett táplálékok elérését, kontrollálását célzó eszközhasználat.

Ennek a területnek a filogenetikus elterjedése jóval korlátozottabb, mivel mindössze két ma élő genuszra, a csimpánzokra (Pan) és az emberekre (Homo) korlátozódik. Vagyis e viselkedés legkorábbi evolúciós megjelenésére feltételezhetően valamikor 9-6 millió éve, a két genusz közös ősnél került sor.

-4: A négy terület közül utolsóként a 4. terület, azaz a másodlagos technológiák (eszközkészítési célú eszközök) jelentek meg.

A más technológiák létrehozására használható eszközök, vagyis „a másodlagos technológiák” használatának megjelenése időben lényegesen későbbi, mint az előző három adaptív területé. A 4. területhez tartozó legkorábbi technológiákat az ütőköveknek és a pattintott kőeszközöknek a munkaeszközként való használata, vagyis az Oldowan technológia képviseli. A 4. terület tehát későn, csak a legutóbbi 3 millió éven belül élő Hominin fajoknál (azon belül is feltételezhetően elsősorban a Homo genusz fajainál) jelenik meg.

-3). Hipotézis. A filogenetikus folytonosság hipotézise (lásd a 8.1 alfejezetet is):

Azt követően, hogy az egyes területek korai evolúciós megjelenése lezajlott (vö. a 2. hipotézis), a technológiai viselkedés négy adaptív területének a folyamatos jelenléte feltételezhető az emberszabásúak (Hominidák) és emberfélék (Homininek) további evolúciójának folyamán.

A négy fő adaptív terület megkülönböztetésének téziséhez közvetlenül kapcsolódik egy további hipotézis, miszerint az egyes adaptív területek evolúciós megjelenését követően, e négy fő területnek a folyamatos jelenlétét és további evolúcióját feltételezhetjük az emberszabásúak és Hominin fajok evolúciója folyamán.

A technológiai viselkedés adaptív területeinek (és alterületeinek) a filogenetikus folytonosságát elsősorban az eszközhasználatnak az eszközhasználatot nélkülöző viselkedésformákkal szemben fennálló, magasabb relatív fitness-hozzájárulása alapján feltételezem. Ugyanis amikor egy adott X fajnál, valamely adaptív területen az eszközhasználaton (technológián) alapuló viselkedés megjelenik, a faj egyedei számára annak hatékonysága és fitness-hozzájárulása lényegesen magasabb lehet, mint más olyan alternatív viselkedéseké, amelyek nem veszik igénybe az eszközhasználatot. Amennyiben a magasabb relatív fitness-hozzájárulás e feltétele fennáll, az eszközhasználat elterjedés és a populáción belüli rögzülése egy kétfázisú elméleti modellel írható le (Szabó és Bereczkei, 2008):

- Első lépésben az adott viselkedési területen egyszer már kialakult eszközhasználatra pozitív szelekció irányulhat, az eszközhasználók inkluzív fitnessze (és utódaik száma) pedig magasabb lesz, mint az eszközt nem használó egyedeké, ezért az eszközhasználat gyorsan elterjedhet az adott populációban.

- Második lépésben pedig az eszközhasználat, mint viselkedés általánossá válik és rögzül a populáción belül. Amint ez az állapot egyszer már kialakul, azt követően ez a viselkedési terület az X fajból kialakuló leszármazott fajra (vagy fajokra) is folytatódólagosan továbbadódik, feltéve azt, hogy az eszközhasználat továbbra is magasabb fitness-hozzájárulást biztosít az egyedek számára, mint más, eszköz nélküli viselkedési alternatívák.

A technológiai evolúció hagyományos, paleoantropológiai, régészeti, és kulturális evolúciós modelljei a technológiai viselkedés itt leírt filogenetikus folytonosságának az e Disszertációban tárgyalt tendenciáját általában nagymértékben mellőzik. E mellőzésnek több oka is van:

- 1) Egyrészt, a pattintott kőeszközök középpontba állítása miatt, a technológiai viselkedésnek az Oldowan tradíciót megelőző, vagyis 2,6 millió évnél korábbi formáit a paleoantropológia tulajdonképpen nem is tárgyalja, ami eleve egy időrendileg is szűkebb filogenetikai perspektívát jelöl ki.

- 2) Továbbá, a pattintott kőeszközök készítésének, mint a technológiai viselkedés kizárólagosan a Hominin fajokra jellemző formájának a tanulmányozása egyúttal egy éles elméleti határvonalat is kijelölt az állati eszközhasználat és a Hominin technológiai viselkedés között. Ugyanakkor azonban a paleoantropológiai kutatás nem ismerte fel azt a tényt, hogy e határvonal a kőeszközöket még nem használó korai Hominin fajokat is mesterségesen elválasztotta a későbbi, kőeszköz-használó fajoktól.

- 3) Harmadrészt, a kutatás a technológiai evolúciót kizárólagos módon az újdonságok, azaz az egymást felváltó technológiai innovációk megjelenésén keresztül írja le. Ez az elméleti perspektíva viszont szintén hozzájárul ahhoz, hogy a technológiai adaptációk használatának a Hominin evolúció teljes folyamata alatt fennálló filogenetikus és funkcionális folytonosságának tendenciája egy mellőzött téma maradt a paleoantropológiában és a kulturális evolúciós megközelítésekben is (Szabó és Bereczkei, 2020).

4). Hipotézis. A technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának hipotézise:

A négy adaptív terület kezdeti filogenetikus megjelenését követően mindegyik területen belül az eszközhasználat újabb és újabb változatai (variánsai) alakultak ki. Ez a folyamat a technológiai viselkedés adaptív diverzifikációjának a tendenciájaként írható le.

A Hominidák (emberszabásúak), majd a Homininek technológiai viselkedésének különböző formái az 1. hipotézis értelmében az ott felsorolt négy fő adaptív területhez tartozó adaptív funkciók valamelyikét töltik be. A technológiai viselkedésnek a Hominin evolúció folyamán megjelenő újabb és újabb változatai ezért úgy kategorizálhatóak, mint a négy fő adaptív területen belül kialakuló újabb és újabb adaptív alterületek. A csimpánzok eszközhasználatának elemzésén keresztül (lásd: 6. és 7. fejezet) számos példával alátámasztható e folyamat létezése, mivel a primatológiai kutatások az egyes adaptív területeken belül nagyszámú egymástól különböző, régióként is eltérő eszközhasználati mód (variáns) meglétét mutatták ki. A 4. hipotézis tehát azt feltételezi, hogy ez a folyamat, amely a jelenkori csimpánzok esetében a földrajzi régiók térbeli dimenziójában zajlik le, a korai Hominin fajok technológiai viselkedése esetében az evolúció időbeli dimenziójában is végbement. A négy fő adaptív területen belül az újabb adaptív alterületek (azaz új viselkedésformák) kialakulása tehát egy olyan evolúciós tendenciát jelent, amelyre az adaptív diverzifikáció kifejezés használatát javasoltam (7. fejezet).

12.2. A javasolt modell implikációi a humán technológiai evolúció megértésére nézve {Implications of the proposed model for understanding human technological evolution }

A fent összefoglalt négy hipotézis tehát együttesen alkotja azt a modellt, amelyen belül a Hominin technológiai viselkedés evolúciójának a teljes, hozzávetőleg 6-8 millió éves

* * * *

BIBLIOGRÁFIA

(Megjegyzés: *A Főszövegben terjedelmi okokból a három, vagy több szerzős hivatkozásoknál az „Első szerző és mtsai, évszám” formátumot használtam.*)

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. & Harrison RA. (2020). Innovation in chimpanzees. *Biological Reviews* 95(2020): 1167–1197.

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>

Berezkei, T. (2010): A kognitív megközelítés korlátai az emberi elme evolúciós értelmezésében - szociális versus ökológiai hipotézisek. In: Berezkei, T., Paál, T. (eds.): *A lélek eredete*. Gondolat Kiadó, Budapest

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. (1962). Archaeology as Anthropology. *American Antiquity*, Vol. 28, No. 2 (Oct., 1962), 217-225.

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

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

Boyd R. & Richerson P. (1996). Why culture is common, but cultural evolution is rare. *Proc. Br. Acad.*, 88: 77-93.

Boyd R., Richerson P. & Henrich J. (2011). The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 108 (Suppl 2): 10918-10925.

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).

Brosnan, S. F., and Hopper, L. M. (2014). Psychological limits on animal innovation. *Anim. Behav.* 92, 325–332. doi: 10.1016/j.anbehav.2014.02.026

Bruner, E. & Colom, R. (2022). Can a Neandertal meditate? An evolutionary view of attention as a core component of general intelligence. *Intelligence* [93](#):July–August 101668

Carmody R.N. & Wrangham R.W. (2009). The energetic significance of cooking. *J. Hum. Evol.*, 57: 379-391.

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.

Carvajal L. & Schuppli, C. (2022). Learning and skill development in wild primates: toward a better understanding of cognitive evolution. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 46:101155

Cavalli-Sforza L.L. & Feldman M. (1981). *Cultural Transmission and Evolution*. Princeton University Press, Princeton.

Churchill S. E. (2014). *Thin on the ground: Neandertal biology, archeology and ecology* John Wiley & Sons.

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

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.

Currie, A. & Killin, A. (2019). From things to thinking: cognitive archaeology. *Mind Lang.* 34, 263–279

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.

Dunbar, R. I. M. (1993). Coevolution of neocortical size, group size and language in humans. *Behav Brain Sci* 16 (4): 681–735.

Dusseldorp, G.L., Lombard, M. (2021). Constraining the Likely Technological Niches of Late Middle Pleistocene Hominins with *Homo naledi* as Case Study. *J Archaeol Method Theory* 28, 11–52 <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. (2012). 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.

Fogarty L., Creanza N. & Feldman M.W. 2015. Cultural evolutionary perspectives on creativity and human innovation. *Trends Ecol. Evol.*, 30: 736–754.

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. (2004). Wild capuchin monkeys (*Cebus libidinosus*) use anvils and stone pounding tools. *Am. J. Primatol.* **64**, 359–366

Fragaszy, D.M., & Mangalam, M., (2018). Tooling. *Adv. Study Behav.* 50, 177–241. <https://doi.org/10.1016/bs.asb.2018.01.001>.

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.

Galway-Witham J., Cole J. & Stringer C. (2019). Aspects of human physical and behavioural evolution during the last 1 million years. *J. Quat. Sci.*, 34: 355–378.

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.

Gilligan I. (2019). *Climate, Clothing, and Agriculture in Prehistory: Linking Evidence, Causes, and Effects*. Cambridge University Press, Cambridge.

Gowlett J. A. J. (2016). The Discovery of Fire by Humans: A Long and Convolved Process. *Philos. Trans. R. soc. B.*, 371: 20150164. <http://doi.org/10.1098/rstb.2015.0164>

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>

Heldstab SA, Isler K, Schuppli C, van Schaik CP. (2020): When ontogeny recapitulates phylogeny: fixed neurodevelopmental sequence of manipulative skills among primates. *Sci Adv* 2020, 6:eabb4685.

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.

Herculano-Houzel, S. (2016): *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable*, MIT Press, Cambridge, MA

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.
- Heyes, C. (2019). *Kognitív eszközök elmélete: a gondolkodás kulturális evolúciója*. Budapest: Pallas Athéné Kiadó.
- Hirschfeld, L., & Gelman, S. (Eds.) (1994). *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 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. (2020). Are Lithics and Fauna a Match Made in (Prehistoric) Heaven?. *J Paleo Arch* **3**, 108–125 <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.

Jordan P. D. (2014). *Technology as Human Social Tradition: Cultural Transmission among Hunter-Gatherers*. University of California Press, Oakland CA.

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

Kamilar, J.M. és Atkinson, Q. D. (2014). Cultural assemblages show nested structure in humans and chimpanzees but not orangutans. *Proc Natl Acad Sci USA*. 111(no.1): 111-115

Key és mtsai. (2021) Modelling the end of the Acheulean at global and continental levels suggests widespread persistence into the Middle Palaeolithic

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.

Kun Á. (2017). *Evolúcióbiológia*. Budapest: Typotex.

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.

Langley MC. - Suddendorf T. (2020): Mobile containers in human cognitive evolution studies: Understudied and underrepresented. *Evol Anthropol* 29:299-309. <https://doi.org/10.1002/evan.21857>

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).

Lefebvre, L., Reader, S. M. & Sol, D. (2004). Brains, innovations and evolution in birds and primates. *Brain Behav. Evol.* 63, 233–246

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

Lycett SJ, Collard M, McGrew WC (2007) Phylogenetic analyses of behavior support existence of culture among wild chimpanzees. *Proc Natl Acad Sci USA* 104(45):17588–17592.

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.

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.

Matsuzawa, T. (2019). Chimpanzees foraging on aquatic foods: algae scooping in Bossou. *Primates* 60, 317–319 <https://doi.org/10.1007/s10329-019-00733-0>

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).
- McPherron, S., Alemseged, Z., Marean, C. et al. (2010). Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia. *Nature* 466, 857–860 <https://doi.org/10.1038/nature09248>
- Melin, A. D., Young, H. C., Mosdossy, K. N. & Fedigan, L. M. (2014). Seasonality, extractive foraging and the evolution of primate sensorimotor intelligence. *J. Hum. Evol.* 71, 77–86
- Mellars, P. (1989). Major issues in the emergence of modern humans. *Curr. Anthropol.* 30, 349–385.
- Mesoudi A. (2011). *Cultural Evolution: How Darwinian Theory Can Explain Human Culture and Synthesize the Social Sciences*. University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- Mesoudi A., Laland K.N., Boyd R., et al. (2013). The cultural evolution of technology and science. In P. Richerson & M. Christiansen (eds): *Cultural Evolution: Society, Technology, Language, and Religion*, pp. 193–216. MIT Press, Cambridge, MA.
- 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.

Mithen, S. (1996). *The prehistory of the mind: a search for the origins of art, religion and science*. London: Thames and Hudson.

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

Morjani, P. és mtsai. (2016). Variation in the molecular clock of primates. *PNAS*, vol. 113 (38). 10607–10612.

Muller, A., Clarkson, C. & Shipton, C. (2017). Measuring behavioural and cognitive complexity in lithic technology throughout human evolution. *J. Anthropol. Archaeol.* 48, 166–180

Muthukrishna M. & Henrich J. (2016). Innovation in the collective brain. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 371: 20150192.

Navarrete, A. F., Reader, S. M., Street, S. E., Whalen, A. & Laland, K. N. (2016). The coevolution of innovation and technical intelligence in primates. *Philos. Trans. R. Soc. B* 371, 20150186

Niekus M.J.L., Kozowyk P.R.B., Langejans G.H.J., *et al.* (2019). Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 116 (44): 22081-22087.

Nowell, A. (2010): Working memory and the speed of life. *Current Anthropology* 51(S1), S121–S133.

Odling-Smee J., Laland K. & Feldman M. (2003). *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton University Press, Princeton.

Osiurak F, Reynaud E. (2020). The elephant in the room: What matters cognitively in cumulative technological culture. *Behavioral and Brain Sciences* 43, e156: 1–66. doi:10.1017/S0140525X19003236

Singh M. et al. (2021). Beyond social learning. *Phil. Trans. R. Soc. B* 376: 20200050. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0050>

Whiten A, McGuigan N, Marshall-Pescini S, Hopper LM. (2009). Emulation, imitation, over-imitation and the scope of culture for child and chimpanzee. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 364, 2417–2428. (doi:10.1098/rstb.2009.0069)

Wynn, T., and F. L. Coolidge (2007). Did a small but significant enhancement in working memory capacity power the evolution of modern thinking? In: P. Mellars, K. Boyle, O. Bar-Yosef, and C. Stringer, (eds.): *Rethinking the human revolution*. Pp. 79–90. Cambridge: McDonald Institute for Archaeological Research.

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.
- Pinker, S. (2010): The cognitive niche: Coevolution of intelligence, sociality, and language. *PNAS* vol. 107. suppl. 2, 8993-8999.
- 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
- Potts, R. (1998). Environmental hypotheses of hominin evolution. *Am. J. Phys. Anthropol.* 107, 93–136

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. & Bertolani, P. (2009). Chimpanzee (*Pan troglodytes verus*) behavioral responses to stresses associated with living in a savanna-mosaic environment: implications for hominin adaptations to open habitats. *PaleoAnthropology* <https://doi.org/10.4207/PA.2009.ART33>

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

Rapaport LG. & Brown GR. (2008). Social influences on foraging behavior in young nonhuman primates: learning what, where, and how to eat. *Evolut Anthropol Issues News Rev* 17:189-201.

Reader, S. M. & Laland, K. N. (2003). Social intelligence, innovation, and enhanced brain size in primates. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 99, 4436–4441

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.

Richerson, P., & Christiansen, M. (Eds.) (2013). *Cultural Evolution: Society, Technology, Language, and Religion*. Strüngmann Forum Reports, vol. 12, Cambridge, MA: MIT 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.

Roberts, P. & Stewart, B. A. (2018). Defining the ‘generalist specialist’ niche for Pleistocene Homo sapiens. *Nat. Hum. Behav.* 2, 542–550

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.

Sano, K., Arrighi, S., Stani C., *et al.* (2019). The earliest evidence for mechanically delivered projectile weapons in Europe. *Nat. Ecol. Evol.*, 3: 1409.

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-

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. (2000). 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

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. (2021). Early knapping techniques do not necessitate cultural transmission. *Sci Adv.* 2022 Jul 8;8(27):eabo2894. doi: 10.1126/sciadv.abo2894.

Sommer, V., Buba, U., Jesus, G & Pascual-Garrido, A. (2012). Till the last drop. Honey gathering in Nigerian chimpanzees. *Ecotropica* *18*, 55–64.

Spelke, E. és Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental Science*, *10*, 89–96. DOI: 10.1111/j.1467-7687.2007.00569.x

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 C.L., Call C.J. & Tomasello M. (2009). Ratcheting up the ratchet: On the evolution of cumulative culture. *Philos. Trans. R. Soc. B.*, 364: 2405–2415.

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.

Tomasello, M. (2011): Mi haszna az együttműködésnek? A 2008-ban a Stanford Egyetemen tartott "Emberi érték" Tanner előadások alapján. Budapest: Gondolat.

Tomasello, M., Kruger, A., Ratner, H. (1993). Cultural learning. *Behavioral and Brain Sciences*, 16. 495-552.

Tomasello, M. - Carpenter, M. - Call, J. et al. (2007). A szándékok megértése, közös szándékok: a kulturális gondolkodás gyökerei. In: Ember és kultúra: a kulturális tudás eredete és átadásának mechanizmusai. – Budapest: Akadémiai (=Magyar pszichológiai szemle 2007/1, tematikus szám)

Tooby, J., & DeVore, I. (1987). The reconstruction of hominid behavioral evolution through strategic modeling. In: W. G. Kinzey, (ed). *The Evolution of Human Behavior: Primate Models*, 183-238. Albany, NY: SUNY Press.

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.

Vonk, J., & Shackelford, T. K. (Eds.) (2012). *Oxford handbook of comparative evolutionary psychology*. New York: Oxford University Press.

White, L.A. (1959) The Concept of Culture. *American Anthropologist*, Vol. 61, No. 2 (Apr., 1959), 227-251.

Whitehead, H., Laland, K.N., Rendell, L., Thorogood, R. & Whiten, A. (2019). The reach of gene–culture coevolution in animals. *Nat Commun* 10(1), 2405.

Whiten A. (2017). Culture extends the scope of evolutionary biology in the great apes. *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.

Wollstonecroft, M.M. (2011). Investigating the role of food processing in human evolution: a niche construction approach. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 3, 141-150.

Wood, B., & Boyle, E. K. (2016). Hominin taxic diversity: fact or fantasy? *American Journal of Physical Anthropology*, 159(S61), 37–78.

Wrangham, R. W. (1987). The significance of African apes for reconstructing human social evolution. In: W. G. Kinzey, (ed). *The Evolution of Human Behavior: Primate Models*, 51-71. Albany, NY: State University of New York Press.

Wrangham R.W. (2009). *Catching Fire: How Cooking Made Us Human*. Basic Books, New York.

Wrangham, R. (2019). *The goodness paradox. The Strange Relationship Between Virtue and Violence in Human Evolution*. New York: Panthenon

Wrangham R.W. & Carmody R.N. (2010). Human adaptation to the control of fire. *Evol. Anthropol.*, 19: 187–99.

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.