

Hat-e az irányított felejtés a nem-tudatos tanulási folyamatokra?

Nagy Cintia Anna

Eötvös Loránd Tudományegyetem Pedagógiai és Pszichológiai Kar

Prof. Dr. Németh Dezső, Pesthy Orsolya

2023. január 10.

Absztrakt

Az elfojtás fogalma, melyet Freud több mint egy évszázada javasolt, azt a folyamatot takarja, amely során a nem kívánt emlékeket kizárjuk tudatunkból. E jelenségnek a neurobiológiai modelljét az emlékezeti gátlás kutatási területe adta az irányított felejtés paradigma segítségével. Ez a modell és paradigma jól alkalmazható explicit tanulási helyzetekben. A kérdés, hogy akkor, amikor nem is vagyunk tudatában annak, hogy tanulunk – implicit tanulás – van-e irányított felejtési hatás. Jelen kutatásban tehát a felejtési instrukció hatását vizsgáltuk mind az implicit szekvenciatanulásra, melyet egy szemmozgáskövetőre adaptált feladattal mértünk, mind az explicit szólistatanulásra. Az eredményeink azt mutatják, hogy az implicit szekvenciatanulási helyzetben a felejtési instrukció hatása nem volt megfigyelhető. Elmondható tehát, hogy az impliciten tanultak a szándékos felejtésnek ellenállnak.

Kulcsszavak: irányított felejtés, nem-tudatos tanulás, implicit tanulás, okulomotoros tanulás

Hat-e az irányított felejtés a nem-tudatos tanulási folyamatokra?

A felejtést a hétköznapiakban gyakran negatívumként éljük meg, az emlékezet hibájának tartjuk. Azonban számos esetben előnyös, ha képesek vagyunk az irrelevánsra vált információk kiszorítására, annak érdekében, hogy a releváns tudást hatékonyabban elsajátítsuk (Anderson & Hulbert, 2021). E jelenség kísérleti vizsgálata az irányított felejtési paradigma (Bjork, 1989; Racsmány & Conway, 2006): a felejtési instrukció hatására a régi tudás elérhetősége csökken, ennek következtében az új tudás elsajátítása eredményesebb lesz. Az explicit emlékezetben már széles körben vizsgálták az irányított felejtést, ellenben más emlékezet típusra alkalmazhatósága kevésbé ismert. A kutatásunk célja tehát annak megállapítása, hogy az irányított felejtés hatása az explicit emlékezetre specifikus-e, vagy pedig ettől eltérő elsajátítási mód – implicit tanulás – esetében is megfigyelhető.

Az explicit memóriában az emlékezeti gátlás vizsgálatára egyik használatos eszköz az irányított felejtési paradigma (Racsmány & Conway, 2006). Bjork és Bjork (1996) kutatásában a következőképpen alkalmazta a paradigmát és az alábbi megfigyeléseket tették. A lista módszer során a résztvevők egy szólistát tanulnak, majd ennek elfelejtésére kérik őket. Ezután egy másik szólistát sajátítanak el. A tanultak explicit felidézését megkívánó kikérdezési módszerek esetében, mint például a szabad felidezés, az irányított felejtés előnye és hátránya figyelhető meg. Az előbbinek köszönhetően a második szólistára a kísérleti személyek jobban emlékeznek, míg az utóbbi miatt az első lista szavait kevésbé tudják felidézni. Azonban a tudatos emlékezeti rekollekciót nem igénylő feladatok kapcsán, mint például a felismerés vagy a szótó kiegészítés, nem figyelhető meg a felejtési instrukció hatása (David & Brown, 2003; McKinney & Woodward, 2004; Suzuki, 2001). Tehát verbális ingerek tanulásakor az előhívás szempontjából felosztott memóriarendszerek között disszociáció figyelhető meg. Azonban ettől eltérő ingerek vagy elsajátítási módok esetében nem egyértelműen körvonalazott az irányított felejtés hatása.

A paradigmát alkalmazták motoros tanulás vizsgálatára is (Tempel & Frings, 2016; Schmidt és mtsai., 2021). E kutatások is az irányított felejtés explicit tanulásra gyakorolt hatását vizsgálták. A résztvevők listákat tanultak, amelyek nem verbális ingereket, hanem négy-ujjas szekvenciákat tartalmaztak: a személyeknek bizonyos sorrendben kellett a megfelelő ujjukkal lenyomni az adott billentyűt. Az elsajátítottak tesztelése szabad felidézéssel zajlott és az eredmények a felejtési instrukció várt hatásait mutatták. Habár a kikérdezés módja tudatos rekollekciót követelt meg, az implicit memória tartalmai is befolyásolhatták az eredményeket,

ugyanis a résztvevőket biztatták, hogy találgassanak, ha nem jutna eszükbe a helyes válasz, azonban az implicit tudást a motoros szekvenciákról nem tesztelték. Következésképp, explicit motoros tanulás során is megfigyelhető a verbális ingereknél már korábban kimutatott irányított felejtési hatás.

Számos mindennapi viselkedés során a környezeti ingerek komplex mintázatait térképezzük fel (Simor és mtsai., 2019), gyakran anélkül, hogy ennek tudatában lennénk. Így sajátítuk el például nyelvi, szociális és zenei képességeket (Lieberman, 2000; Romano Bergstrom és mtsai., 2012; Ullman, 2016), valamint különböző mozgásformákat (Nemeth és mtsai., 2013), akár explicit tanulás nélkül is. Ezen készségek elsajátítása graduális, hosszas gyakorlást igényel (Ashby & Crossley, 2012), előhívása automatikusan végbemegy (Horváth és mtsai., 2020). Emellett az így megszerzett tudás robusztus, azaz ellenálló a múlt idő kiváltotta felejtéssel szemben (Kóbor és mtsai., 2017), viszont a szándékos felejtéssel szembeni ellenállósága nem ismert.

Az irányított felejtést alkalmazó kutatások eredményei (David & Brown, 2003; McKinney & Woodward, 2004; Suzuki, 2001) alapján elmondható, hogy az explicit felidézéskor már nem hozzáférhető emlékezeti tartalmak az implicit memóriában még jelen vannak. Az említett munkák az explicit tanulást vizsgálták és az emlékezeti rendszerek elkülönítését az előhívás tudatossága alapján tették meg. Azonban a kódolás szempontjából is elválaszthatjuk az explicit és implicit rendszereket, utóbbit tudomásunk szerint még nem vizsgálták az irányított felejtési paradigma keretében. Felmerül a kérdés tehát, hogy a robusztus, impliciten elsajátított és előhívott tudásra hatással van-e a felejtésre felszólító utasítás.

Jelen kutatásban a felejtési instrukció hatását vizsgáltuk mind az implicit szekvenciatanulásra, mind az explicit szólistatanulásra. Így egy kísérleti elrendezésben tudtuk vizsgálni az explicit és implicit irányított felejtést. A szólisták esetében a szakirodalomnak megfelelően (Bjork & Bjork, 1996) azt vártuk, hogy a kísérleti csoport kevesebb szót lesz képes felidézni az első listáról és többet a második listáról, mint a kontrollcsoport. A szekvenciatanulás esetén a kérdésünk az volt, hogy van-e irányított felejtés nem-verbális ingereket használó implicit tanulás esetében. A kutatás során részt vettem a kutatási kérdés megfogalmazásában, a kísérleti elrendezés megtervezésében, az adatfelvétel lebonyolításában, valamint az adatelemzés elvégzésében és az eredmények értelmezésében.

Módszer

Minta

A vizsgálatban 15 személy vett részt (12 nő, 3 férfi). Életkoruk 19 és 31 év között volt, $M = 22,133$ ($SD = 3,357$). A személyek a részvételért kurzuskreditet kaptak. A kísérleti csoportba 7 fő, a kontrollcsoportba pedig 8 fő került, a csoportba kerülést randomizáltuk. A kísérlet megkezdése előtt a személyek tájékozott beleegyezésüket adták a részvételhez az Eötvös Loránd Tudományegyetem Etikai Bizottsága által jóváhagyott 2022/473 számú etikai engedélyben foglaltak szerint. A kutatási folyamat minden lépése a releváns nemzeti és intézményi bizottságok humán kutatásokra vonatkozó előírásaival, valamint a Helsinkai Deklarációval (1975, felülvizsgálva 2008) összhangban valósult meg.

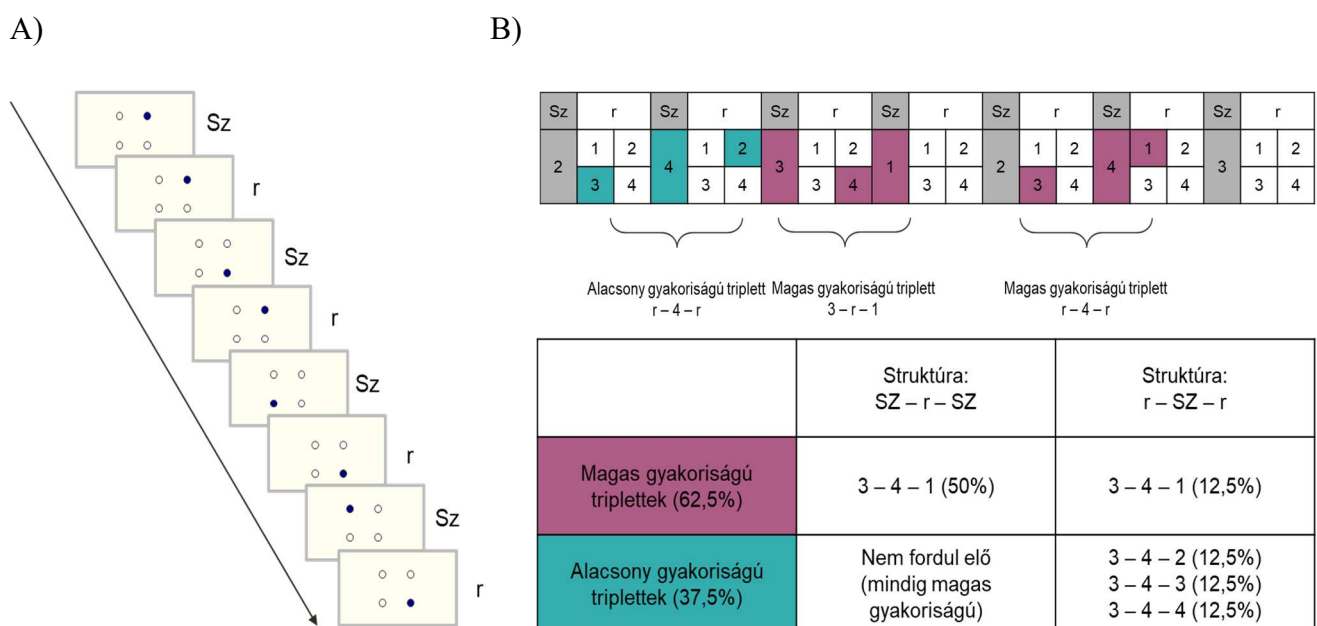
Mérőeszközök

A résztvevők munkamemóriájának vizsgálatára a számlálási terjedelem tesztet alkalmaztunk (Case és mtsai., 1982). Végrehajtó funkcióik felmérésére a Wisconsin kártyaszortírozási teszt PEBL adaptációját használtuk (Mueller, 2011). A személyeknek alvásra, fogyasztási szokásokra, készségekre és szocioökonómiai státuszra vonatkozó kérdéseket tettünk fel. Az Edinburgh félteki dominancia tesztrel a kezességet mértük fel (Oldfield, 1971). Ezután a Spielberger-féle Állapot- és Vonásszorongás Kérdőívet (State-Trait Anxiety Inventory, STAI) töltötték ki (Sipos és mtsai., 1988). A kérdőívek eredményeit jelen dolgozatban nem elemezzük.

Az implicit szekvenciatanulás mérésére az Alternáló Szeriális Reakcióidő Feladat (Alternating Serial Reaction Time, ASRT) (Howard & Howard, 1997) szemmozgáskövető eszközre módosított verzióját használtuk (Zolnai és mtsai., 2022). Ehhez Tobii Pro X3-120 szemmozgáskövető berendezést alkalmaztunk, így a szekvenciatanulás motoros válaszadás nélkül ment végbe és okulomotoros tanulást tudtunk vizsgálni az ingerekre adott reakcióidők elemzésével. Az ASRT feladat során a résztvevők egy valószínűség alapú szekvenciát sajátítanak el, implicit tanulással. A képernyőn négy, egymástól egyenlő távolságban lévő kör látszik, amelyek közül az egyik beszíneződik. A feladat során a személyeknek minél gyorsabban és pontosabban kell reagálni a megjelenő ingerekre, azaz az adott ingerre fixálni a tekintetüket. Az ingerek felvillanása egy mintázatot követ (pl. 2-4-3-1), azonban a szekvencia elemei közé random felvillanások is bekerülnek, egy nyolctagú sorozatot hozva létre (pl. 2-r-4-r-3-r-1-r, ahol a számok az inger felvillanási helyét jelentik, az „r” betű pedig a random próbákat, amikor az inger a négy lehetséges pozíció bármelyikén megjelenhet). A váltakozó struktúra miatt egyes ingerhármasok (úgynevezett tripletek) nagyobb gyakorisággal fordulnak

elő, mint mások. A magas gyakoriságú triplettek az esetek 62,5 %-ban fordulnak elő, míg az alacsony gyakoriságú triplettek 37,5 %-ban. A próbák során a személyek rátanulnak ezekre a valószínűségekre, ezért reakcióidejük csökken a magas valószínűségű szemben az alacsony valószínűségű triplettek esetében. Tehát a tanulást a két triplett típusra adott reakcióidők közti különbség jelzi (l. 1. ábra). Az ASRT feladat blokkokra oszlik, minden blokk 85 próbát tartalmaz, amelyből az első öt inger random, ezután a fentebb leírt 8 tagú alternáló szekvencia ismétlődik tízszer. Jelen kutatásban egy-egy tanulási fázis 15 blokkból állt, egy epoch 5 blokkot foglal magába.

Az ASRT feladat közben a személyek egy-egy 30 szóból álló listát hallottak, egy tanulási fázis alatt 4-szer megismételve. A szólisták közepes és magas előfordulási gyakoriságú szavakat tartalmaztak, elemei megegyezett a Racsmány és munkatársai (2010) által használtakkal (l. melléklet). A verbális ingereket a szerzők engedélyével alkalmaztuk. Két szólistát (A és B szólista) használtunk, ezek sorrendje személyenként randomizálva volt, ezenkívül a szavak sorrendje a listákon belül is véletlenszerűen változott.



1. ábra. Az ASRT feladat struktúrája. (A) A személyek a feladat során a felvillanó ingereket követik a tekintetükkel. Az ingerek felvillanási helye lehet szekvencia szerinti és random is, ezek felváltva követik egymást. (B) Példák alacsony és magas gyakoriságú triplettekre egy adott szekvencia esetében (pl. 2-r-4-r-3-r-1-r). Azok a triplettek, amelyek beleillenek az adott szekvenciába, kétféleképpen jöhetnek létre: az ingerhármass utolsó eleme vagy szekvencia

szerinti vagy random helyen jelenik meg. A fenti példánál maradva, magas gyakoriságúnak számít a 2-x-4, 4-x-3, 3-x-1, valamint 1-x-2 tripllett, azonban az utolsó elemük lehet szekvencia szerinti (amikor is az „x” random felvillanást jelöl) és random (ekkor az „x” szekvencia szerinti elemet jelöl) felvillanás is. Az alacsony gyakoriságú triplettek esetében az ingerhármas utolsó eleme mindig random felvillanás, a példánkban többek között a 2x1 vagy 2x3 tripllett (ekkor az „x” szekvencia szerinti felvillanást jelent). Ezen triplettek ritkábbak, ugyanis a szekvenciába nem illenek bele.

A vizsgálati eljárás

A beleegyező nyilatkozat kitöltése után a szemmozgáskövető kalibrációja következett. Ezután ismertettük az ASRT feladat instrukcióját, illetve a szólistatanulását is. Ezután a kalibráció ellenőrzése történt. Ez 20 próbát jelentett, amely során az ingerek felvillanási helye véletlenszerű volt. Ha nem volt megfelelő, akkor újabb kalibráció következett, ellenkező esetben a feladat folytatódott.

Az első tanulási fázis végeztével a kísérleti csoportnál egy szimulált hibaüzenet jelent meg a képernyőn. A kísérletvezető addig nem avatkozott be, amíg a kísérleti személy nem jelezte a problémát. Ekkor a kísérletvezető a következőt mondta: *„Sajnos egy rossz programot indítottam el. Nagyon sajnálom. Most elindítom a megfelelőt és arra kérlek, hogy felejtsd el a szólistát, amit eddig tanultál és amit a körös feladatban eddig csináltál. Végezd el úgy a feladatot, mintha először tennéd. Most egy másik szólistát fogsz hallani.”* A kontrollcsoportnál nem jelent meg a hibaüzenet, a következő utasítás hangzott el: *„A vizsgálat első felével végeztünk. A következőkben ugyanez lesz a feladatot, mint eddig, azonban egy másik szólistát kell megtanulnod.”* A második tanulási fázis az elsőhöz hasonlóan zajlott le, annyi különbséggel, hogy egy másik szólistát, illetve szekvenciát kellett megtanulniuk a résztvevőknek. Ezután a kérdőívek kitöltése következett, amelyek eredményeit jelen dolgozatban nem elemezzük (l. 2. ábra).

A tesztelési fázis alatt mind a szólistákat, mind a szekvenciákat kikérdeztük, ezek sorrendje randomizálva volt a résztvevők között. A szólistákat szabad felidézés során ellenőriztük, a kísérletvezető lejegyezte a személyek szóban adott válaszait. A listák felidézési sorrendje randomizálva volt. A két szekvencia kikérdezése felváltva történt, BABA sorrendben, egy-egy szekvenciaként 5-5 blokkot teljesítettek. Ezután egy kérdőív segítségével felmértük az explicit tudás mértékét a szekvenciatanulásról (*„Észrevettél-e valami különösöt a reakcióidős feladatban? Ha igen, mit?”*; *„Észrevettél-e valami szabályszerűséget a reakcióidős feladatban? Ha igen, mit?”*). A kísérleti csoport esetében pedig a következőképpen kértünk

visszajelzést a manipulációról. Felmértünk, hogy szerintük mi lehetett a kísérlet célja, észlelt-e valami különösét a kísérlet során, valamint mennyire találta hitelesnek a felejtési instrukciót és a hibaüzenetet.

	1. Tanulási fázis	Manipuláció	2. Tanulási fázis	Pihenő	Tesztelési fázis
Kísérleti csoport	1. Szólista 4-szer Szekvencia A 15 blokk	Hibaüzenet, Felejtés	2. Szólista 4-szer Szekvencia B 15 blokk	Kérdőívek kitöltése	Szabad felidézés: 1.-2. / 2.-1. szólista 5-5-5-5 blokk: BABA szekvencia
Kontrollcsoport	1. Szólista 4-szer Szekvencia A 15 blokk	-	2. Szólista 4-szer Szekvencia B 15 blokk	Kérdőívek kitöltése	Szabad felidézés: 1.-2. / 2.-1. szólista 5-5-5-5 blokk: BABA szekvencia

2. ábra. Kísérleti elrendezés. A kísérlet két tanulási és egy tesztelési fázisból állt. A tanulási fázisok alatt a résztvevők párhuzamosan végeztek egy explicit szólistatanulási és egy implicit szekvenciatanulási feladatot. A két tanulási fázis alatt különböző szólistát és szekvenciát sajátítottak el a résztvevők. Ezután a 15-20 perces pihenőben kérdőíveket töltöttek ki. A tesztelési fázisban randomizált sorrendben mind a szólisták, mind a szekvenciák elsajátításának mértékét felmértük. A két csoport azonos eljárásban vett részt, eltérés csak az első tanulási fázis utáni manipulációban volt: a kísérleti csoport egy hibaüzenetet látott a képernyőn, majd az addig tanultak és végeztek elfelejtésére kértük őket.

Statisztikai elemzés

A statisztikai elemzés elvégzéséhez az IBM SPSS Statistics (IBM Corp., 2021) (28.0-as verzió) és a JASP (JASP Team, 2022) (0.16.4-es verzió) programot használtuk. Az irányított felejtés hatását az explicit szólistatanulásra kevert mintás varianciaanalízissel (ANOVA) vizsgáltuk, melyben a függő változó a szólistákról felidézett szavak aránya volt (az egyes személyek által az adott listáról felidézett szavak száma osztva az adott lista szavainak számával (30)), független változó a szólista (első vagy második) és a csoport (kísérleti vagy kontroll) faktor volt. A felejtési instrukció hatását a tanulási fázis alatti implicit szekvenciatanulás esetében kevert mintás ANOVA-val teszteltük, melyben a függő változó a medián reakcióidő volt, független változó a tripllett (magas vagy alacsony gyakoriságú), epoch (1-3) és a csoport (kísérleti vagy kontroll) faktor volt. A tesztelési fázis alatti implicit szekvenciatanulás elemzését kevert mintás ANOVA-val végeztük, melyben a függő változó a medián reakcióidő volt, független változó a tripllett (magas vagy alacsony gyakoriságú), epoch (1-4) és a csoport (kísérleti vagy kontroll) faktor volt. A reakcióidők esetében az elemzésből kizártuk az inger ismétlődéseket (pl. 2-2) és az úgynevezett trillákat (pl. 2-1-2), ugyanis a résztvevők előzetes tanulás nélkül is gyorsabban reagálnak ezekre (Howard és mtsai., 2004), így a kapott reakcióidőt torzíthatja, továbbá a kiugróan nagy (>1000 ms) reakcióidőket. Ezután epochonként kiszámoltunk a medián reakcióidőket külön-külön a magas és az alacsony gyakoriságú

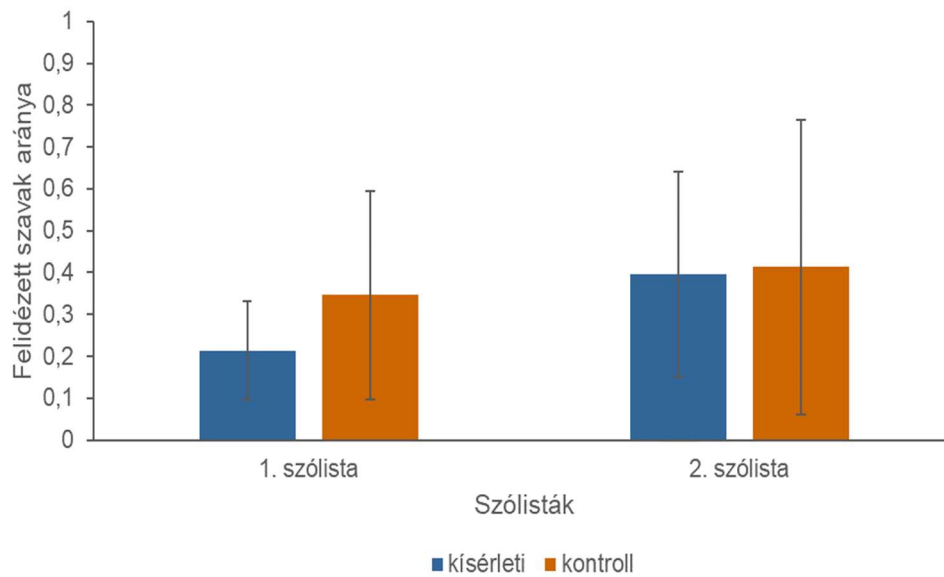
triplettekre. A faktorok hatásának elemzésére post-hoc teszteket használtunk, Holm módszerrel. Greenhouse–Geisser epsilon (ϵ) korrekciót alkalmaztunk, ha a szfericitás sérült. A hatásméretek kiszámítása parciális eta négyzettel (η_p^2) történt.

A fenti elemzéseket Bayesian statisztika alkalmazásával is elvégeztük, majd a Bayes faktor (BF_{10} vagy BF_{incl}) alapján állapítottuk meg, hogy az adatok a nullhipotézist (H_0) vagy az alternatív hipotézist (H_1) támogatják. Az 1 és 3 közötti BF_{10} (vagy BF_{incl}) anekdotikus bizonyíték a H_1 mellett, míg a 3 és 10 közé eső BF_{10} (vagy BF_{incl}) érték lényeges bizonyítékot jelez a H_1 felé. Az egy körüli értékek egyik hipotézist sem támogatják. A 0,33 és 1 közötti értékek anekdotikus bizonyítékot jeleznek a H_0 mellett, lényeges bizonyítékot a 0,1 és 0,33 közötti értékek jelentenek.

Eredmények

Explicit szólistatanulás

A felejtési instrukció hatását az explicit szólistatanulásra kevert mintás ANOVA-val teszteltük, SZÓLISTA (első vagy második) és CSOPORT (kísérleti vagy kontroll) faktorokkal. A Levene-teszt alapján a szóráshomogenitás az első lista esetében sérült [$F(1,13) = 12,388$, $p = 0,004$], a második lista esetében nem sérült [$F(1,13) = 0,706$, $p = 0,416$]. A SZÓLISTA főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 4,467$, $p = 0,054$, $\eta_p^2 = 0,256$, $BF_{10} = 1,416$]. A CSOPORT főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,383$, $p = 0,547$, $\eta_p^2 = 0,029$, $BF_{10} = 0,561$]. A SZÓLISTA X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,950$, $p = 0,348$, $\eta_p^2 = 0,068$, $BF_{incl} = 0,533$], amelyet a Bayes faktor anekdotikusan támaszt alá, valamint az első szólista esetében a kísérleti csoport a szavak $M = 0,214$ ($SD = 0,117$) részét tudta felidézni, míg a kontrollcsoport $M = 0,346$ ($SD = 0,248$) részét. A második szólista esetében a kísérleti $M = 0,395$ ($SD = 0,245$), a kontrollcsoport a szavak $M = 0,413$ ($SD = 0,351$) részét idézte fel. (l. 3. ábra).



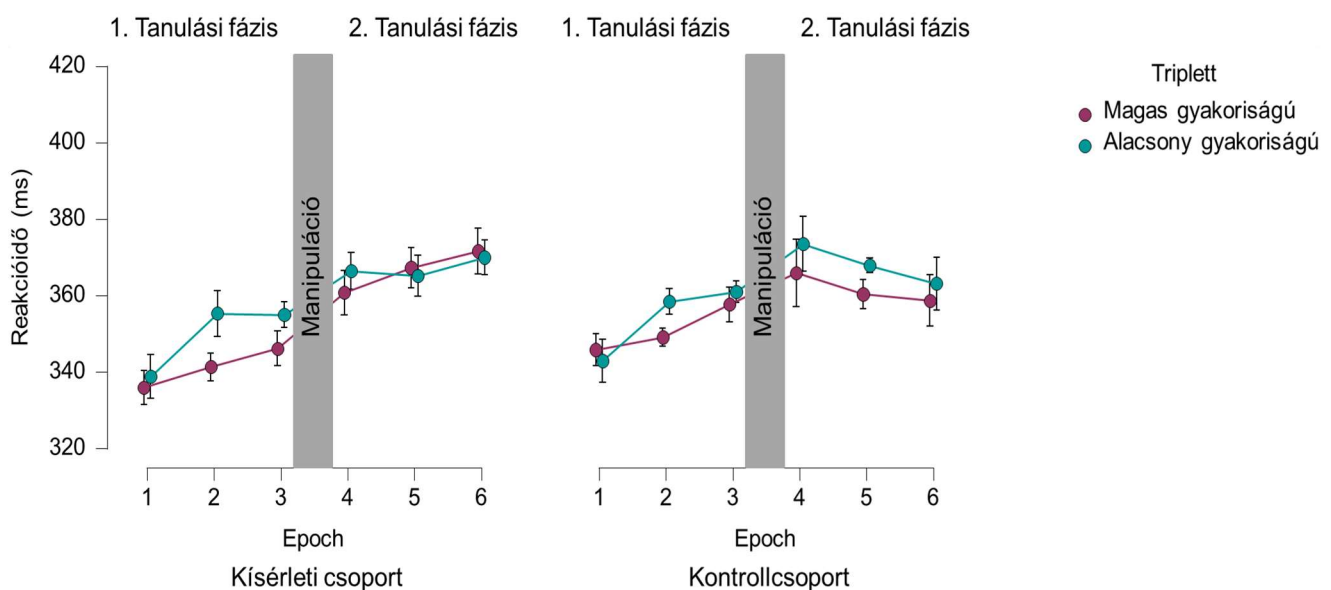
3. ábra. Explicit szólistatanulás. Az ábrán a két csoport explicit tanulásban nyújtott teljesítménye látható. A vízszintes tengelyen az egyes szólistákat, a függőleges tengelyen pedig a felidézett szavak arányát ábrázoltuk (az egyes személyek által az adott listáról felidézett szavak számát elosztottuk az adott lista szavainak számával (30), majd az értéket csoportonként átlagoltuk). A kék oszlop a kísérleti, míg a barna oszlop a kontrollcsoportot jelenti. A hibasávok a szórást jelölik. Az első szólista tanulása után a kísérleti csoportot annak elfelejtésére kértük, ellenben a kontrollcsoportot arról tájékoztattuk, hogy a kísérlet első részének végére értek. A csoportok között az egyes szólistákon nyújtott teljesítmény alapján nem találtunk különbséget, az interakció hiányát azonban a Bayes faktor csak anekdotikusan támasztja alá.

Implicit szekvenciatanulás

A két tanulási fázis alatti implicit szekvenciatanulás esetében kevert mintás ANOVA-t alkalmaztunk, TRIPLET (magas vagy alacsony gyakoriságú), EPOCH (1-3) és CSOPORT (kísérleti vagy kontroll) faktorokkal. Az első tanulási fázisnál a következő eredményeket kaptuk. A TRIPLET főhatás szignifikáns volt [$F(1,13) = 13,561, p = 0,003, \eta^2_p = 0,511, BF_{01} = 0,442$]. A résztvevők gyorsabban reagáltak a magas gyakoriságú szemben az alacsony gyakoriságú triplettekre. Az EPOCH főhatás szignifikáns volt [$F(2, 26) = 11,703, p < 0,001, \eta^2_p = 0,474, BF_{01} = 0,006$]. Az első és a második ($p_{holm} = 0,005$), valamint az első és a harmadik epoch között ($p_{holm} < 0,001$) volt különbség. A résztvevők a feladat előrehaladtával lassabban reagáltak, ami a fáradási hatásnak tudható be. A CSOPORT főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,328, p = 0,577, \eta^2_p = 0,025, BF_{01} = 1,327$]. A TRIPLET X EPOCH interakció nem volt szignifikáns [$F(1,416, 18,407) = 3,014, p = 0,088, \eta^2_p = 0,188, BF_{excl} = 0,217$]. A TRIPLET X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 2,720, p = 0,123, \eta^2_p =$

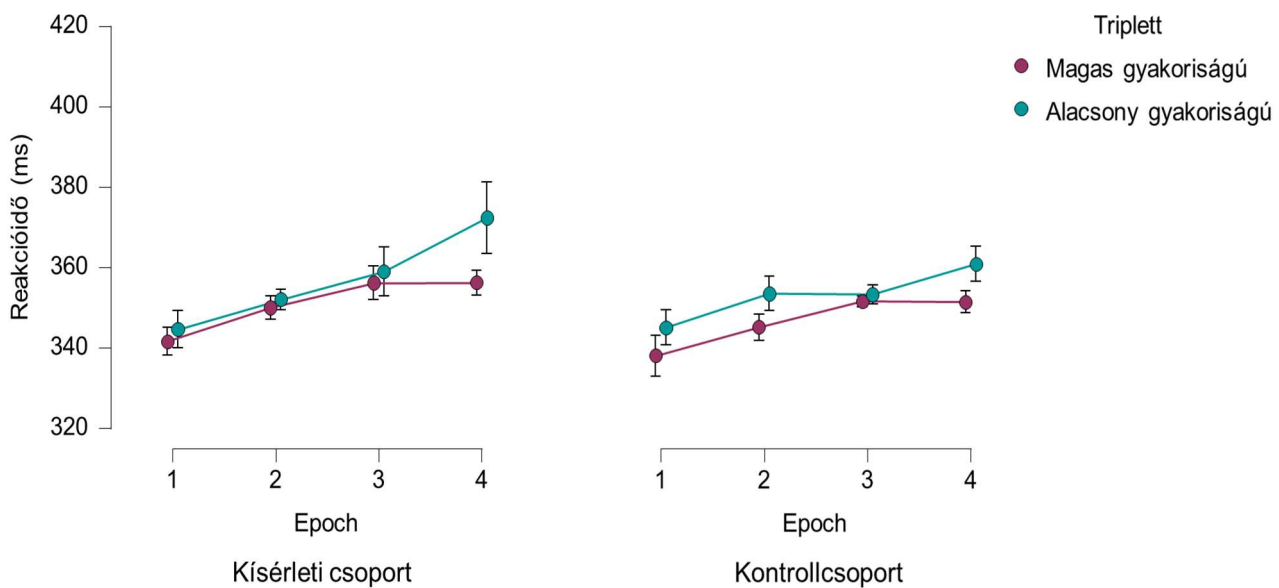
0,173, $BF_{excl} = 1,495$], amely eredményt a Bayes faktor anekdotikusan támaszt alá. Az EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(2,26) = 0,155$, $p = 0,857$, $\eta^2_p = 0,012$, $BF_{excl} = 3,515$]. A TRIPLETT X EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,416, 18,407) = 0,008$, $p = 0,972$, $\eta^2_p = 0,0006274$, $BF_{excl} = 6,537$]. E két utóbbi interakció Bayes faktorai jelentős bizonyítékot jeleznek a nullhipotézis mellett. Tehát a csoportok között nem volt különbség az első fázis alatt elsajátított tudásban (l. 4. ábra), amelyet a Bayesian elemzés is alátámaszt

A második tanulási fázisnál az eredmények a következőképpen alakultak. A TRIPLETT főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 2,364$, $p = 0,148$, $\eta^2_p = 0,154$, $BF_{01} = 1,650$]. Az EPOCH főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,433, 18,623) = 0,038$, $p = 0,919$, $\eta^2_p = 0,003$, $BF_{01} = 3,942$]. A CSOPORT főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,012$, $p = 0,915$, $\eta^2_p = 0,0009204$, $BF_{01} = 1,180$]. A TRIPLETT X EPOCH interakció nem volt szignifikáns [$F(2,26) = 0,592$, $p = 0,560$, $\eta^2_p = 0,044$, $BF_{excl} = 13,534$]. A TRIPLETT X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 1,590$, $p = 0,230$, $\eta^2_p = 0,109$, $BF_{excl} = 4,112$]. Az EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,433, 18,623) = 1,102$, $p = 0,333$, $\eta^2_p = 0,078$, $BF_{excl} = 5,456$]. A TRIPLETT X EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(2,26) = 0,288$, $p = 0,752$, $\eta^2_p = 0,022$, $BF_{excl} = 62,358$]. Az interakcióra számított Bayes faktorok jelentős bizonyítékot jelentenek a nullhipotézis mellett. Tehát az instrukció nem befolyásolta az új szekvencia elsajátítását (l. 4. ábra), valamint a Bayesian elemzés alapján elmondható, hogy az adatok a hatás hiányát támogatják.



4. ábra. A szekvenciatanulás mértéke a kísérleti csoportban és a kontrollcsoportban. A vízszintes tengelyen az epochok, azaz a feladatban való előrehaladást, a függőleges tengelyen az egyes tripllett típusokra adott reakcióidőket ábrázoltuk. A kék vonal a ritka, a lila a gyakori triplletteket jelenti. A hibásávok a standard hibát jelölik. A szekvenciatanulás mértékét az egyes tripllett típusokra adott reakcióidő idők különbsége jelzi. A szürke doboz a két tanulási fázis közötti manipulációt szemlélteti. Az első tanulási fázisban a csoportok elsajátították a szekvenciát, valamint az idő előrehaladtával egyre lassabban reagáltak a fáradási hatásnak köszönhetően. Sem az első, sem a második tanulási fázis alatt nem volt különbség a két csoport teljesítményében, amely eredményt a Bayes faktorok is alátámasztanak.

A tesztelési fázisban az elemzésekhez szintén kevert mintás ANOVA-t alkalmaztunk, TRIPLETT (magas vagy alacsony gyakoriságú), EPOCH (1-4) és CSOPORT (kísérleti vagy kontroll) faktorokkal. A TRIPLETT főhatás szignifikáns volt [$F(1,13) = 48,406, p < 0,001, \eta^2_p = 0,788, BF_{01} = 0,063$]. A magas gyakoriságú tripllettekre gyorsabban reagáltak a résztvevők, mint az alacsony gyakoriságú tripllettekre. Az EPOCH főhatás szignifikáns volt [$F(3,39) = 7,159, p < 0,001, \eta^2_p = 0,355, BF_{01} = 0,013$]. Az első és a harmadik ($p_{holm} = 0,015$), valamint az első és a negyedik epoch között ($p_{holm} < 0,001$) volt különbség. A résztvevők a feladat előrehaladtával a fáradási hatás miatt lassabban reagáltak. A CSOPORT főhatás nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,109, p = 0,747, \eta^2_p = 0,008, BF_{01} = 1,332$]. A TRIPLETT X EPOCH interakció nem volt szignifikáns [$F(3,39) = 2,270, p = 0,096, \eta^2_p = 0,149, BF_{excl} = 0,469$]. A TRIPLETT X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(1,13) = 0,111, p = 0,745, \eta^2_p = 0,008, BF_{excl} = 3,711$]. Az EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(3,39) = 0,309, p = 0,819, \eta^2_p = 0,023, BF_{excl} = 2,802$]. A TRIPLETT X EPOCH X CSOPORT interakció nem volt szignifikáns [$F(3,39) = 0,926, p = 0,437, \eta^2_p = 0,066, BF_{excl} = 7,199$]. Tehát a résztvevők emlékeztek a gyakorisági információkra, azonban az előhívás mértéke nem különbözött a két csoport között (l. 5. ábra), amelyet a Bayesian statisztika eredménye is megerősít.



5. ábra. A csoportok teljesítménye a szekvenciatanulás tesztelési fázisában. A vízszintes tengelyen az epochok, a függőleges tengelyen az egyes triplett típusokra adott reakcióidők láthatóak. Kékkel a ritka, lilával a gyakori tripletek jelöltük. A résztvevők mindkét szekvenciából 2-2 epochot teljesítettek, felváltva. A hibasávok a standard hibát jelölik. A résztvevők sikeresen felidéztek a tanulási fázisban elsajátított tudást, azonban a két csoport között ebben nem volt különbség, amelyet a Bayesian statisztikai elemzés is megerősített.

Diszkusszió

Kutatásunk célja az volt, hogy az irányított felejtési paradigmát egy elrendezésben explicit verbális és implicit nem-verbális tanulási helyzetben is alkalmazzuk. A hipotézisünk alapján az explicit és implicit tanulási helyzet disszociációját vártuk: a szólistatanulás esetében a felejtési instrukció hatással lesz a résztvevők szabad felidézésnél mutatott teljesítményére, a szekvenciatanulásra azonban nem lesz hatással. Azaz a felejtési instrukció pozitívan hat a második lista felidezésére, viszont az első lista előhívására negatívan. Ezt a hatást azonban nem tudtuk kimutatni. Az implicit tanulás esetében nem vártunk különbséget a két csoport között. A résztvevők valóban mutattak tanulást, azonban ezt a felejtési instrukció nem befolyásolta, az erre vonatkozó hipotézisünk tehát beigazolódott. A továbbiakban az egyes eredményeket a korábbi irodalmakkal összevetve értelmezzük.

Az explicit szólistatanulás esetében sem a felejtési instrukció előnyét, sem hátrányát nem tudtuk kimutatni. Tehát a két csoport között nem volt különbség az egyes szólisták felidezésében, viszont a hatást hiányát a Bayes faktorok csak anekdotikusan támasztják alá. Ez

az eredmény ellentmond a hipotézisünkben megfogalmazottaknak, valamint a korábbi kutatások eredményeinek is (Bjork & Bjork, 1996; Racsmány & Conway, 2006). A hatás elmaradásának egyik oka lehet a minta alacsony elemszáma. A csoportok átlagának szórása meglehetősen nagy, ami arra enged következtetni, hogy egy-egy kiugró érték a csoport átlagát torzíthatja. Emellett az általunk kapott eredmény a fáradási hatásnak is tulajdonítható: a második lista tanulását megelőzően a résztvevők 15-20 percen keresztül végeztek fókuszált figyelmet igénylő feladatot, nevezetesen az elhangzott szavak memorizálását és a szekvenciatanulási feladatot. Tehát az explicit szólistatanulásban nem tudtuk replikálni a korábbi kutatások eredményeit (Bjork & Bjork, 1996; Racsmány & Conway, 2006).

Az implicit szekvenciatanulás esetében nem volt megfigyelhető a felejtési instrukció hatása, azaz a két csoport nem tért el a tanulás mértékében, amely eredmény a hipotézisünknek megfelel. Az adatokat nemcsak frekventista, hanem bayesian statisztikával is elemeztük, így azt is megállapíthatjuk, hogy az adatok a nullhipotézist, azaz a hatás hiányát támogatják az alternatív hipotézissel szemben. Ez összhangban van azon kutatások eredményeivel, amelyek a paradigmával az implicit emlékezetet vizsgálták (David & Brown, 2003; McKinney & Woodward, 2004; Suzuki, 2001). Ezekben a vizsgálatokban a szólisták explicit felidézésénél megmutatkozott a felejtési instrukció hatása, míg az implicit tesztelésnél ez nem volt megfigyelhető.

Az irányított felejtés hatásmechanizmusára több magyarázat is született. Bjork és Bjork (1996) előhívási gátlási elmélete szerint előhíváskor az első szólista elemeinek emlékéhez való hozzáférés gátlás alatt van, ezért az explicit kikérdezési módszerek esetében a kísérleti csoport rosszabbul teljesít az első listán. Sahakyan és Kelley (2002) által megfogalmazott alternatív magyarázat – kontextusváltási hipotézis – szerint a felejtési instrukció eredményeképpen a mentális kontextus változik meg, azaz az első és a második lista tanulása a kísérleti csoportban eltérő kontextusban történik, ugyanakkor az előhívás kontextusa a második listához jobban illeszkedik, ezért idézik fel könnyebben a második listát. Az epizodikus gátlás elképzelés értelmében (Racsmány & Conway, 2006) az instrukció hatására az emlék tartalmának aktivációs/gátlási mintázata változik meg, azaz nem maga a tanulás emléke felejtődik el (az első lista tanulása), hanem a tartalma (az első lista szavai). Továbbá az epizodikus gátlás a felejtési hatás hiányára az implicit emlékezetben a következő magyarázatot adja: mivel ezekben a tesztekben az adott listaelemnek nem az epizodikus memóriában lévő reprezentációjának, amely gátlás alatt van, hanem más típusú reprezentációjának, például lexikális vagy konceptuális, elérése szükséges, amelyre viszont az instrukció nincs hatással. Tehát az epizodikus gátlás felvetés finomítja az előhívási gátlás elméletét, a kontextusváltási hipotézissel

viszont összeegyeztethető. Azonban, az utóbbival ellentétben, az epizodikus gátlás kiterjeszthető más gátlási jelenségekre is, például az előhívás-gyakorlási paradigmára.

Az emlékezeti gátlás jelenségét a kutatásban alkalmazott paradigmán túlra is kiterjeszthetjük. Annak érdekében, hogy a belső konfliktusainkat csökkentsük, képesek vagyunk a nemkívánatos emlékeinket elfojtani, amely fogalmat Sigmund Freud alkotott meg (Freud, 1997). E elhárító mechanizmus kizárja a tudatból ezen emlékeket, azonban a tudattalanon keresztül továbbra is befolyással vannak a viselkedésünkre. E gyakran vitatott koncepciót később kísérletes módszerekkel sikerült vizsgálni (Anderson & Green, 2001) és a jelenség neurobiológiai modelljét is létrehozták (Anderson és mtsai., 2004). Ebben a kutatásban a gondolj/ne gondolj paradigmával vizsgálták a nemkívánatos emlékek elfojtását, miközben az agyi aktivitást is mérték fMRI segítségével. A fókuszban két agyterület állt: a hippocampus, amely az explicit emlékek formálásában vesz részt, és a laterális prefrontális kéreg, amely pedig többek közt a prepotens motoros válaszok leállításában és a feladat váltásban játszik szerepet. Az elfojtás során a kétoldali hippocampális aktiváció csökkent, míg a kétoldali dorzolaterális prefrontális kéreg aktivációja nőtt, azaz a két terület közösen határozta meg a sikeres elfojtást. Tehát a felejtés nem csak passzív mechanizmusok által, mint például a kontextus megváltozása, nem megfelelő hívóinger vagy az elhalványulás, hanem aktív folyamatok révén is megvalósulhat (Anderson & Hulbert, 2021). Az aktív, avagy szándékos felejtés során az emlékek hozzáférhetősége aszerint változik, hogy mennyiben felelnek meg kognitív és emocionális céljainknak. E keretben gondolkodva nem csak a kellemetlen emlékek elfojtására, de számos mindennapos jelenségre magyarázatot kaphatunk, mint például a pozitív énkép megőrzése vagy akár a hiedelmek fenntartása a szándékos felejtés által (Anderson & Hanslmayr, 2014).

Kutatásunk illeszkedik az implicit tanulással kapcsolatos ismereteinkhez is, nevezetesen, hogy az ily módon elsajátított tudás robusztus és ellenáll a felejtésnek. Egy vizsgálatban az implicit szekvenciatanulás kettős terheléses elrendezésben vizsgálták. A második feladat nem befolyásolta a megtanultak előhívását, ami az implicit tanulás robusztusságát jelzi (Vékony és mtsai., 2020). A nem-tudatos tanulással elsajátítottak továbbá hosszú távon is ellenállóak a felejtéssel szemben. Kóbor és munkatársai (2017) az implicit szekvenciatanulást egy év elteltével vizsgálták. A résztvevők ekkor is hasonló teljesítményt mutattak a feladatban, mint a korábbi adatfelvételen. A szakirodalom és a saját eredményeinket összesítve megállapíthatjuk, hogy az impliciten elsajátított tudás nemcsak a múlt idő kiváltotta – véletlen – felejtéssel, de az instrukció kiváltotta – szándékos – felejtéssel szemben is ellenálló. Az implicit tanulás robusztusságának oka a kódolás mikéntjében keresendő. A sikeres tanulás

hosszas gyakorlás eredményeként jön létre, tehát számos próbán keresztül találkozunk az adott személy a megtanulandó ingerrel. Ezáltal minden egyes alkalommal kap visszajelzést a válaszáról (Ashby & Crossley, 2012), ennek köszönhetően az ingerre adott helyes reakció újra és újra megerősödik, ellenálló és automatizálódott tudást hozva létre.

Limitációk és erősségek

A kutatás egyik limitációja az alacsony elemszám. A post-hoc erőelemzés (Faul és mtsai., 2007) alapján a kutatás statisztikai ereje 63,2 % volt az explicit szólistatanulás LISTA X CSOPORT interakciójára vonatkozóan. A 80 %-os statisztika erő eléréséhez azonban legalább 23 résztvevő bevonására van szükség, ezért az adatfelvételek folytatódnak.

További limitáló tényező az, hogy nem tudunk meggyőződni arról, hogy a résztvevők a felejtési instrukciót az implicit szekvenciatanulásra is vonatkoztatták. A manipulációt azonban a személyek meggyőzőnek tartották szöveges visszajelzéseik alapján is. Továbbá a felejtési instrukció adása során hangsúlyoztuk, hogy a résztvevők felejtsek el azt is, amit az ASRT feladat során végeztek és csinálják úgy, mintha először tennék azt.

A kutatás erősségei közé tartozik az, hogy a szemmozgáskövető használatával okulomotoros tanulást vizsgáltunk, amelyen a korábbi kutatások még nem vizsgálták a felejtési instrukció hatását. Ennek köszönhetően a motoros válaszadást minimalizálni tudtunk. A résztvevők ugyanis nem gombnyomással reagáltak az ingerekre, mint az ASRT feladatot vizsgáló számos korábbi kutatás során, hanem a tekintetüket kellett a felvillanó ingerre fókuszálni. Ezáltal a szekvenciatanulás perceptuális és kognitív komponensét tudtuk vizsgálni (Zolnai és mtsai., 2022). A korábbi kutatások (Tempel & Frings, 2016; Schmidt és mtsai., 2021), amelyek a motoros tanulásra vonatkozóan alkalmazták a irányított felejtési paradigmát, explicit tanulást vizsgáltak és az elsajátított tudás tesztelése expliciten történt, tehát az implicit emlékezetet nem tesztelték. A kutatási eljárásunk azonban alkalmas az implicit tanulás vizsgálatára, mindezt a motoros tanulástól elkülönítve.

A vizsgálati eljárás lehetővé tette, hogy egy kísérleti elrendezésben vizsgáljuk az explicit és implicit irányított felejtés hatását. A szólistatanulásról a személyeknek tudatos élményünk volt, míg a szekvenciatanulásról nem. Ezért önmagában az implicit tanulásra nem adható felejtési instrukció, azonban az explicit tanulás elfelejtettése során az instrukció hatásköre kiterjedhet a kódolás alatt végzett további tevékenységekre is. A személyek kettős terheléses kutatásban vettek részt, hiszen párhuzamosan végezték a szólistatanulást és a szekvenciatanulást. A felejtési instrukció mind az explicit, mind az implicit tanulási feladatra

vonakozott, így tudtuk a kétféle elsajátítási módot vizsgálni az irányított felejtési paradigmán belül.

További irányok

További résztvevők bevonásával kívánjuk növelni a kutatás statisztikai erejét, hogy megbízhatóbb következtetések tudjunk levonni a kérdéseinket illetően. Emellett egy másik kutatásban az irányított felejtés hatását az ASRT feladat úgynevezett „cued” verzióját (Nemeth és mtsai., 2013) alkalmazva vizsgálánk. A „cued” verzióban a résztvevők figyelmét a feladat instrukciójában felhívjuk arra, hogy egy négytagú szekvencia határozza meg az ingerek felvillanásai helyét és feladatuk ennek elsajátítása. A szekvencia szerinti és random felvillanások vizuálisan is megkülönböztethetőek: eltérő színnel jelöljük őket. Ezenfelül a résztvevők bizonyos időközönként beszámolnak a szekvenciáról, azaz reprodukálják azt. Az egyes tripletek gyakoriságára vonatkozó információk elsajátítása azonban továbbra is impliciten megy végbe. Így egyetlen feladaton belül lehetne alkalmazni az irányított felejtési paradigmát az explicit és implicit tanulás vizsgálatára. Ekkor meggyőződhetünk arról, hogy a felejtési instrukciót mindkét tanulási típusra vonatkoztatják a résztvevők.

Gyakorlati vonatkozások

Az implicit tanulás és irányított felejtés kapcsolatáról szóló eredményeink hozzájárulhatnak ahhoz, hogy jobban megértsük az implicit tudás átírásának folyamatát. Az impliciten elsajátítottak később automatikusan előhívhatóvá válnak, ilyenek például a szokásjellegű viselkedések. Ez a mechanizmus számos esetben előnyös számunkra, azonban előfordulnak olyan helyzetek, amikor szokásaink nem vagy már nem kívánatosak, például a viselkedéses addikciók. Fontos lenne tudnunk, hogy ezen viselkedések átírását mely módszerek segítik elő a hatékony terápiás eljárások kidolgozása érdekében. Mind a korábbi (Kóbor és mtsai., 2017), mind a saját eredményeink alapján elmondható, hogy a felejtés, sem az idő, sem az instrukció általi, nem segíti az átírást. Egy másik kutatás alapján (Horváth és mtsai., 2022), melyben az impliciten elsajátított szekvenciák átírásának folyamatát vizsgálták egy go/ no go paradigmában, megállapíthatjuk, hogy a nemkívánatos reakciók gátlása sem célravezető: eredményeik alapján a régi tudásra vonatkozó válaszok elnyomása nem segítette az új valószínűségek elsajátítását, hanem jobban megerősítette azt. A szerzők azt a következtetést vonták le, hogy az elsajátítandó viselkedés kivitelezése szükséges a már nemkívánatos szokások felülírásához. Ezen ismeretek hozzájárulhatnak a viselkedéses addikciók hatékonyabb kezelésének kifejlesztéséhez, amelyek fókuszában a javaslatukkal egyetértve az új, elvárt magatartás elsajátításának segítése kellene állnia.

Konklúzió

Összefoglalva tehát az irányított felejtési instrukciónak nincs hatása az implicit tanulásra. Ez az eredmény nem-verbális ingerek tanulásakor is kimutatható. Ez összhangban van az explicit tanulás során alkalmazott irányított felejtési paradigma kutatásainak eredményeivel, valamint az implicit tanulás és felejtés kapcsolatáról szóló kutatásokkal. Tehát az impliciten elsajátítottak nemcsak a véletlen, hanem a szándékos felejtéssel szemben is ellenállóak.

Hivatkozások

- Anderson, M. C., & Green, C. (2001). Suppressing unwanted memories by executive control. *Nature*, 410(6826), 366–369. <https://doi.org/10.1038/35066572>
- Anderson, M. C., Ochsner, K. N., Kuhl, B., Cooper, J., Robertson, E., Gabrieli, S. W., Glover, G. H., & Gabrieli, J. D. E. (2004). Neural systems underlying the suppression of unwanted memories. *Science*, 303(5655), 232–235. <https://doi.org/10.1126/science.1089504>
- Anderson, M. C., & Hanslmayr, S. (2014). Neural mechanisms of motivated forgetting. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(6), 279–292. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2014.03.002>
- Anderson, M. C., & Hulbert, J. C. (2021). Active Forgetting: Adaptation of Memory by Prefrontal Control. *Annual Review of Psychology*, 72, 1–36. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-072720-094140>
- Ashby, F. G., & Crossley, M. J. (2012). Automaticity and multiple memory systems. *WIREs Cognitive Science*, 3(3), 363–376. <https://doi.org/10.1002/wcs.1172>
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (1996). Continuing influences of to-be-forgotten information. *Consciousness and Cognition: An International Journal*, 5, 176–196. <https://doi.org/10.1006/ccog.1996.0011>
- Bjork, R. A. (1989). Retrieval inhibition as an adaptive mechanism in human memory. In H. L. Roediger & F. I. M. Craik (Szerk.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (309–330 o.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Case, R., Kurland, M. D. & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 33, 386–404. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(82\)90054-6](https://doi.org/10.1016/0022-0965(82)90054-6)
- David, D., & Brown, R. J. (2003). The Impact of Different Directed Forgetting Instructions on Implicit and Explicit Memory: New Evidence from a Modified process Dissociation Procedure. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 56(2), 211–231. <https://doi.org/10.1080/02724980244000431>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- Freud, S. (1997). *Ösztönök és ösztönsorsok: Metapszichológiai írások*. Filum Kiadó.
- Horváth, K., Nemeth, D., & Janacsek, K. (2022). Inhibitory control hinders habit change. *Scientific Reports*, 12(1), 8338. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11971-6>

- Horváth, K., Török, C., Pesthy, O., Nemeth, D., & Janacsek, K. (2020). Divided attention does not affect the acquisition and consolidation of transitional probabilities. *Scientific Reports*, 10(1), 22450. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79232-y>
- Howard, D. V., Howard, J. H., Japikse, K., DiYanni, C., Thompson, A., & Somberg, R. (2004). Implicit Sequence Learning: Effects of Level of Structure, Adult Age, and Extended Practice. *Psychology and aging*, 19(1), 79–92. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.19.1.79>
- Howard Jr., J. H., & Howard, D. V. (1997). Age differences in implicit learning of higher order dependencies in serial patterns. *Psychology and Aging*, 12, 634–656. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.4.634>
- IBM Corp. (2021). *IBM SPSS Statistics for Windows*. (Version 28.0.). Armonk, NY: IBM Corp. <https://www.ibm.com/products/spss-statistics>
- JASP Team (2022). *JASP* (Version 0.16.4). <https://jasp-stats.org>
- Kóbor, A., Janacsek, K., Takács, Á., & Nemeth, D. (2017). Statistical learning leads to persistent memory: Evidence for one-year consolidation. *Scientific Reports*, 7(1), 760. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-00807-3>
- Lieberman, M. D. (2000). Intuition: A social cognitive neuroscience approach. *Psychological Bulletin*, 126, 109–137. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.1.109>
- McKinney, L. C., & Woodward, A. E. (2004). Remembering what one intended to forget: The lack of directed forgetting effects in implicit memory. *The American Journal of Psychology*, 117(2), 169–190. <https://doi.org/10.2307/4149021>
- Mueller, S. T., (2011). PEBL's Berg Card Sorting Test (PBCST) <http://pebl.sourceforge.net>.
- Nemeth, D., Janacsek, K., & Fiser, J. (2013). Age-dependent and coordinated shift in performance between implicit and explicit skill learning. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 7, 147. <https://doi.org/10.3389/fncom.2013.00147>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97–113. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Racsmány, M., & Conway, M. A. (2006). Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 44–57. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.32.1.44>
- Racsmány, M., Conway, M. A., & Demeter, G. (2010). Consolidation of Episodic Memories During Sleep: Long-Term Effects of Retrieval Practice. *Psychological Science*, 21(1), 80–85. <https://doi.org/10.1177/0956797609354074>

- Romano Bergstrom, J. C., Howard, J. H., & Howard, D. V. (2012). Enhanced implicit sequence learning in college-age video game players and musicians. *Applied Cognitive Psychology*, 26, 91–96. <https://doi.org/10.1002/acp.1800>
- Sahakyan, L., & Kelley, C. M. (2002). A contextual change account of the directed forgetting effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 1064–1072. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.6.1064>
- Schmidt, M., Frings, C., & Tempel, T. (2021). Selective directed forgetting of motor sequences. *Acta Psychologica*, 218, 103352. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103352>
- Simor, P., Zavecz, Z., Horváth, K., Éltető, N., Török, C., Pesthy, O., Gombos, F., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2019). Deconstructing Procedural Memory: Different Learning Trajectories and Consolidation of Sequence and Statistical Learning. *Frontiers in Psychology*, 9, 2708. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02708>
- Sipos K., Sipos M. & Spielberger, C. D. (1988). A State-Trait Anxiety Inventory (STAI) magyar változata. In Mérei F. & Szakács F. (Szerk.), *Pszichodiagnostikai vademecum I/2. Egyetemi jegyzet.* (123-135 o.). Tankönyvkiadó.
- Suzuki, I. (2001). Directed forgetting with global forget instructions in an implicit and explicit memory test. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3 Pt 1), 903–909. <https://doi.org/10.2466/pms.2001.92.3.903>
- Tempel, T., & Frings, C. (2016). Directed forgetting benefits motor sequence encoding. *Memory & Cognition*, 44(3), 413–419. <https://doi.org/10.3758/s13421-015-0565-8>
- Ullman, M. T. (2016). Chapter 76 - The Declarative/Procedural Model: A Neurobiological Model of Language Learning, Knowledge, and Use. In G. Hickok & S. L. Small (Szerk.), *Neurobiology of Language* (953–968 o.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407794-2.00076-6>
- Vékony, T., Török, L., Pedraza, F., Schipper, K., Pleche, C., Tóth, L., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2020). Retrieval of a well-established skill is resistant to distraction: Evidence from an implicit probabilistic sequence learning task. *PLOS ONE*, 15(12): e0243541. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243541>
- Zolnai, T., Dávid, D. R., Pesthy, O., Nemeth, M., Kiss, M., Nagy, M., Nemeth, D., & Ergul, A. (2022). Measuring statistical learning by eye-tracking. *Experimental Results*, 3, e10. <https://doi.org/10.1017/exp.2022.8>