

Epizodikus előhívás és felejtés
(Episodic retrieval and forgetting)

RACSMÁNY MIHÁLY

AKADÉMIAI DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

2016

HÁTTÉR ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A felejtés kutatása, tehát annak megértése, hogy a már elsajátított és sikeresen felidézett információk miért válnak egy adott ponton hozzáférhetetlenné, Ebbinghaus (1885) úttörő munkája óta az emlékezet pszichológiai kutatásának egyik központi területe. A felejtés pszichológiai kutatásának uralkodó elméleti kerete egészen a 1980-as évekig az úgynevezett interferencia modell volt, amelynek különféle változataiban a közös mozzanat, hogy a felejtés centrális okaként az emlékezeti előhívás során mozgósított hívóinger-célemlék kapcsolatot megzavaró más hívóinger-célemlék kapcsolatokat jelölték meg (Crowder, 1976; Racsmány, 2006c). Azonban az utóbbi harminc évben számos olyan paradigma jelent meg a kísérleti emlékezetkutatási irodalomban, amely képes volt demonstrálni, hogy az előhívás során olyan szupressziós hatások (kísérleti manipulációk hatására bekövetkező emlékezeti teljesítmény csökkenés) jelennek meg, amelyek teljes körű magyarázatára az interferencia elméleti keret nem alkalmas (Anderson & Neely, 1996; Racsmány, 2006a; Racsmány, 2007). Az emlékezeti előhívás során megjelenő szupressziós hatások uralkodó magyarázatává az eredetileg Robert Bjork (1989), majd Michael C. Anderson és munkatársai (Anderson, Bjork, & Bjork, 1994) által leírt gátlási elméleti keret vált. Ez az elmélet az emlékezeti gátlást, a gátlás terminus „erős” értelmében használja, vagyis feltételezi, hogy az adott emlék reprezentációja aktív elnyomás alatt áll (Racsmány, 2002). Bjork (1989) megfogalmazásában az előhívási gátlás adaptív célt tölt be, a környezeti hívóingerek által feleslegesnek ítélt információk (mint például az irányított felejtési kísérletekben az elfelejtendő lista) aktivitásának átmeneti, kontrollált csökkentésével az emlékezeti rendszer működése optimalizálva lesz, a lényegtelen információk nem zavarják a lényeges információk elérését. Anderson számos munkájában ennél is tovább megy, feltételezi, hogy a gátlás mechanizmusa nem csak pszichológiai magyarázó fogalom, hanem idegrendszeri működés szintjén tetten érhető kauzális folyamat (Storm, 2011; Anderson & Levy, 2011, 2007; Anderson & Hanslmayr, 2014; Wimber, Alink, Charest, Kriegeskorte, & Anderson, 2015). Ennek az elméleti keretnek a támogatói úgy gondolják, hogy az olyan elterjedt kísérleti eljárások, mint például az előhívási gyakorlási paradigma, alkalmazásánál a gátlás közvetlenül a célemlék aktivitási szintjét változtatja meg, így ezek az ingerek később semmilyen hívóinger segítségével nem lesznek elérhetőek (Hulbert, Shivde, & Anderson, 2012).

Az interferencia-alapú és a gátlási elméletek mellett egy harmadik elméleti keret is megjelent a felejtés irodalmában. Ezek az úgynevezett kontextus-alapú elméletek a felejtés központi okaként a kódolási és az előhívási helyzetek közötti eltérő kontextust jelölik meg (Sahakyan & Kelley, 2002; Sahakyan & Delaney, 2003; Jonker, Seli, & MacLeod, 2013). A kontextus fogalma a felejtés elméleti magyarázataiban mindig is lényeges szerepet játszott, számos kísérlet bizonyította, hogy az emlékezeti kódolás és előhívás fizikai, emocionális, hangulati kontextusának egyezése emeli, míg eltérése csökkenti az emlékezeti teljesítményt (Baddeley, 2005; Baddeley, Eysenck, & Anderson, 2010; Racsmány, 2007; Roediger, Gynn, 1996). A szupressziós hatások magyarázatához a kontextus-alapú elméleti modellek feltételezik, hogy az előhívási ciklusok, illetve az irányított felejtési paradigma esetében a szándékos felejtésre vonatkozó instrukció, módosítja a célelemek kontextuális információtartalmát, ezáltal az eredeti kódolás alkalmával hozzákapcsolt kontextuális információk kevésbé lesznek alkalmasak az emlék elérésére, ez pedig csökkenti az emlékezeti teljesítményt (Sahakyan & Kelley, 2002; Sahakyan & Delaney, 2003; Jonker, Seli, & MacLeod, 2013).

A disszertációban bemutatott saját kutatásaink kiindulási pontjaként egy Martin A. Conway-vel közösen kidolgozott alternatív elméleti keret kísérleti vizsgálatát tűztük ki célul. Az általunk epizodikus gátlásnak elnevezett elmélet a gátlás fogalmát „gyenge” értelemben használja. Ebben az értelmezési keretben a gátlás pszichológiai fogalom, nem tételezi fel, hogy a jelenség háttérében idegrendszeri szinten (makro vagy mikro hálózatokban megvalósuló) gátló hatások működnek. Tehát ez az elmélet olyan értelemben is gyenge gátlási koncepció, hogy a gátlást viselkedési, emlékezeti jelenséggént, az előhívás eredményének tekinti, nem pedig idegrendszeri szintű magyarázatnak. Bjork (1989) elméletéből kiindulva elfogadja, hogy a gátlás adaptív, az előhívás céljához kapcsolódó folyamat, amelynek funkciója az előhívási teljesítmény optimalizálása. Ugyanakkor az elmélet nem tételezi fel, hogy a gátlás közvetlenül az emlék reprezentációjában okozza aktivitáscsökkenést. Az elmélet központi mozzanata annak feltételezése, hogy a gátló hatás az epizodikus előhívási folyamat szerves része, a gátlás kiváltásához szükséges az eredeti tanulási epizód elérése, így a hatás epizodikus hívóingerek használatához kötött. Jóllehet az elmélet első publikálása, 2006 óta, számos ponton módosult, ezekre a disszertációban részletesen kitérek, de központi mozzanata megmaradt: az emlékezeti gátlást az epizodikus előhívási folyamatok eredményeként írja le, nem valamiféle melléktermékként, és nem a szemantikai reprezentációkon megvalósuló időleges vagy tartós változásként, hanem egy új, epizodikus reprezentáción végbemenő feldolgozási folyamat következményeként. Mint azt a 2006-ban megjelent publikációban is hangsúlyoztuk, bár gyenge értelemben, de használjuk a gátlás fogalmát, kifejezve az elméletnek azt a jellemzőjét, hogy az információk hozzáférése akadályoztatását ezekben a helyzetekben nem interferencia hatásnak (tehát a célemlék helyett egy másik információ az előhívásának) és nem is mellékterméknek - például a tanulási kontextus megváltozásából származóan - tekintjük (lásd a disszertáció elméleti bevezetőjét), hanem aktív, adaptív előhívási folyamatnak.

Az alább bemutatott kísérleti tanulmányok fő célkitűzése volt, hogy bebizonyítsuk a legismertebb emlékezeti gátlási jelenségek, úgymint az irányított felejtési hatás és az előhívás- kiváltotta felejtés (más néven: előhívás által indukált felejtés), a tanulási és gyakorlási folyamatok során kialakított epizodikus hívóingerek használatától függően fognak megjelenni.

IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A felejtéssel kapcsolatos első tudományos vita az úgynevezett nyom elhalványulási elméletek és az interferencia-alapú magyarázatok között zajlott. Előbbi feltételezte, hogy az emlékek elsajátítása, az úgynevezett emlékezeti kódolás nem megfelelően zajlott le, ezért az emlékek konszolidációja, rögzülése csak részlegesen valósult meg, a töredékes, rosszul rögzült emlékezeti fragmentumok nem teszik lehetővé hosszú távon az emlékek tökéletes rekonstrukcióját. Az interferencia-alapú magyarázatok ezzel szemben feltételezték, hogy az elfelejtett emlék reprezentációja intakt, ugyanakkor az emlék elérését olyan emlékek aktiválása zavarja meg, amelyek ugyanahhoz a hívóingerhez kapcsolódnak, mint aminek a segítségével az emlékező a célemléket akarja elérni. Az interferencia-alapú magyarázatoknak számos változata jelent meg idővel a szakirodalomban. Az első nagyhatású modellt McGeoch (1936, 1942) dolgozta ki, aki úgynevezett „kizárási hipotézisében” megfogalmazta azt az alapelvet, hogy a felejtés elsősorban azért következik be, mert az előhívás során a felhasznált hívóingerhez kapcsolódó más emlékek, erősebb kapcsolataik révén kiszorítják a keresett célemlékeket. McGeoch (1942) modellje a felejtés centrális okának a retroaktív gátlást jelöli meg, amely értelmében az adott hívóinger-célemlék felidézési valószínűsége az adott

hívóinger-célemlék kapcsolat erősségének és e hívóingerhez kapcsolódó más emlékek kapcsolati erősségének arányában fejezhető ki. Ebben a modellben az emlékek hívóinger-célemlékek asszociációjaként írhatóak le, a felejtés nem érinti ezeknek a kapcsolatoknak a rendelkezésére állását, pusztán az aktuális elérhetőségét, amelyet a hívóingerhez kapcsolódó más asszociációk aktuális erőssége határoz meg. További nagyhatású interferencia-alapú modellt dolgozott ki Watkins (1975) és Rundus (1973) akik szerint a hívóinger-célemlék kapcsolatok hierarchiába rendeződnek és az emlékezeti keresés e hierarchikus hálózatokban valósul meg. Az interferencia-alapú modellek legfontosabb attribútumait építették be Raajmakers és Shiffrin (1981) nagyhatású SAM (search of associative memory) számítási modelljükbe. A modell értelmében az előhívás minden esetben hívóinger-függő, az előhívási ciklus pedig két fázisból áll: egy mintavételi fázisból, amely során a hívóinger segítségével az emlékezeti keresés megpróbálja azonosítani a lehetséges célemlékeket; és az előállítás fázisából, amely során az adott célemlék információk tartalma kinyerésre és kiértékelésre kerül. Az emlékezeti keresés mindaddig tart, amíg a mintavételi ciklus ismételt nem ad üres halmazt. Az interferencia modellek sikeresen írták le az olyan kísérleti jelenségeket, mint a szabad felidézéskor jelentkező sorrendi hatások, hívóingeres felidézés alatti időbeli hatások, és az úgynevezett részleges-készlet előhívása (part-set cueing) jelenséget, amely arra a kísérleti jelenségre utal, hogy amennyiben egy tanulási készlet, pl. ország nevek, egy részét segítséggel aktiválják (megtanulják vagy felidézik) a kísérleti személyek, ez károsítja a szett maradék elemeinek előhívását.

Az 1970-es évektől azonban sorban jelentek meg olyan kísérleti paradigmák, amelyek legfontosabb eredményeinek megmagyarázása nehézséget jelentett az interferencia-alapú elméletek számára. Disszertációmban ezekkel a paradigmákkal foglalkozom, ezek az irányított felejtési paradigma, az előhívás gyakorlási paradigma, a Gondolj/Ne-gondolj paradigma és az Ismételt tanulás/Ismételt tesztelés paradigma (lásd Racsmány, 2002; Anderson & Hanslmayer, 2014).

Irányított felejtési eljárás: Ennek a kísérleti paradigmának számos változata létezik. A legelterjedtebb eljárás az úgynevezett listás irányított felejtési procedúra. Ennek során a kísérleti személyek két tanulási listát (szavak, képek, történetek, önéletrajzi emlékek stb.), az első lista után azt az instrukciót kapják, hogy az eddig tanultakat próbálják elfelejteni (felejtési instrukció). A leggyakoribb indoka ennek az első látásra furcsa instrukciónak, hogy az adott információk tévesen lettek prezentálva, a kísérletvezető hibájából, és a megjegyzésük zavarni fogja a később (már helyesen prezentált) információk megtanulását. A kontroll helyzetben a kísérleti személyeket arra instruálják, hogy ne felejtsek el az első lista elemeit (emlékezési instrukció). A számtalanszor demonstrált eredmények szerint a felejtési instrukció következtében a kísérleti személyek az első listára rosszabbul, a második listára pedig jobban fognak emlékezni, mint a kontroll helyzetben. Irányított felejtésnek a két kondíció között az első listán jelentkező felidézési teljesítmény különbséget nevezzük (lásd Racsmány, 2002, MacLeod, 2012).

Előhívás gyakorlási paradigma: A kísérleti procedúra négy fázisból áll: tanulási, szelektív gyakorlási, késleltetési és felidézési szakaszból (Anderson, Bjork, Bjork, 1994). A legelterjedtebb változat szerint az ingerek kategória-mintapéldány párok, általában 8-10 kategóriából kategóriánként 6-8 elemet kell megtanulni a kísérleti személyeknek. Ezt követően a szelektív gyakorlási szakaszban, a kategóriák feléből az elemek felét ismételt előhívják a kategória címke és az elem kezdőbetűje segítségével. Néhány perces késleltetést

követően a végső felidézési feladat során a kategória címke és a kezdőbetűk segítségével valamennyi korábban tanult elemet megpróbálják előhívni. A számtalanszor demonstrált eredmény szerint a szelektív gyakorlási szakaszban előhívott elemek szignifikánsan jobban felidézhetők a végső teszten, mint a nem gyakorolt kategóriák nem gyakorolt elemei (ezek az elemek szolgálnak kontroll elemként a kísérletben). A gyakorolt kategóriák nem gyakorolt elemeit azonban szignifikánsan alacsonyabb szinten érik el a személyek, mint a kontroll elemeket. Ez a jelenség tehát a szelektíven előhívott elemekhez kapcsolódó emlékek felejtése az úgynevezett előhívás-kiváltotta vagy előhívás által indukált felejtés (retrieval-induced forgetting - RIF, lásd Racsomány 2002).

Gondolj/Ne-gondolj paradigma: A páros asszociációs (PA) tanulási módszer egy módosítása. A legelterjedtebb procedúra összesen három fázisból áll: páros asszociációs tanulás, gondolj/ne-gondolj szakasz, végső hívóingeres felidezés. Az első fázisban a kísérleti személyek szópárokat tanulnak, majd a gondolj/ne-gondolj szakaszban az elemek egy részét a PA-ban megszokott módon a hozzájuk asszociált hívóinger segítségével idézik fel kísérleti személyek (gondolj próbák). Más elemeket, a hívóinger megjelenésekor, aktívan megpróbálnak mentálisan elkerülni és megakadályozni a felidezésüket (ne gondolj próbák), az elemek harmadik csoportja nem szerepel ebben a kísérleti fázisban, ezek az elemek szolgálnak kontroll elemként a kísérletben. A végső felidézési szakaszban a kísérleti személyek a korábban a bal oldalon látható szavak segítségével (hívóingerek) megpróbálják felidézni a velük együtt, jobb oldalon látható szavakat (célingerek). A sokszor demonstrált eredmény szerint a gondolj szavak szignifikánsan magasabb, míg a ne-gondolj szavak szignifikánsan alacsonyabb felidézési teljesítményt produkálnak, mint a kontroll szavak. (Anderson & Green, 2001).

Ismételt tanulás/Ismételt tesztelés paradigma: Ebben a gyakran használt kísérleti elrendezésben a kísérleti személy első lépésben páros asszociációs tanulásban vesznek részt. Ezt követően kétféle gyakorlás következik. A szópárok felét ismételten újratanulják, a másik felét a szópároknak pedig ismételten felidézik (a bal oldali szó a hívóinger, a jobb oldalon szereplő szó a célinger). Végül a kísérleti személyek a hívóingerek segítségével valamennyi szópárt megkísérlik a felidézni. A számtalanszor demonstrált eredmény szerint, amennyiben a gyakorlás és a végső felidezés között csak néhány perc telik el (rövid távú késleltetés) akkor a két gyakorlás nem eredményez számottevő különbséget, ha azonban napok vagy hetek (hosszú távú késleltetés), akkor az előhívási gyakorlás szignifikánsan jobb felidézést eredményez, mint az újratanulás, ezt a hatást nevezik teszt-hatásnak (Roediger & Karpicke, 2006)

Az intencionális és az előhívás-kiváltotta felejtés legfontosabb elméletei három nagy csoportba sorolhatóak: a korábban ismertetett interferencia-alapú, gátlás-alapú és kontextus-alapú magyarázatok közé. A gátlás-alapú elméletek bár számos részletben eltérnek egymástól, mégis valamennyien feltételezik, az előhívás során jelentkező, irreleváns, de vetélkedő emlékek reprezentációja gátlás alá kerül, annak érdekében, hogy ez előhívási folyamatok adaptív módon elérjék a releváns információkat. Ez a gátló hatás érhető tetten az olyan kísérleti hatásokban, mint az irányított felejtési vagy az előhívás-kiváltotta felejtési hatások. (Anderson & Bell, 2001; Anderson et al., 1994; Anderson & McCulloch, 1999; Bäuml & Hartinger, 2002; Storm, Bjork, Bjork, Nestojko, 2006; Storm & Nestojko, 2010). A gátlási hatás e koncepciók szerint független a tanulás során a célemlékekhez

kapcsolt hívóingerek használatától, mert a gátlás közvetlenül a célemlékek reprezentációját érinti.

A felejtés kontextus-alapú elméletei szerint viszont a felejtést elsősorban az determinálja, hogy az emlékezeti kódolás kontextusa és az előhívás kontextusa milyen mértékben fednek át. A kontextus-alapú elméletek szerint például az irányított felejtés annak következménye, hogy a felejtési instrukció megváltoztatja az emlékezeti kódolást végző személy mentális kontextusát, így később az előhívás során az nem lesz kongruens a felejtési instrukciót megelőzően kódolt információk kontextusával. Az előhívás-kiváltotta felejtés pedig annak eredménye, hogy a szelektív előhívási fázisnak más az idői kontextusa, mint a kezdeti tanulásnak. Így az emlékező személy a későbbi előhívás során a szelektív előhívás epizodikus kontextusát, nem pedig a tanulás kontextusát használja majd a célemlékek előhívásához, így egy leszűkített emlékezeti szettben fog keresni (Conway, 2009; Jonker, Seli, and MacLeod, 2013; Karpicke, Lehman, & Aue, 2014 Sahakyan & Hendricks, 2012).

A DISSZERTÁCIÓBAN BEMUTATOTT KUTATÁSOK

A felejtés gátlás-alapú elméleti keretének értelmében az előhívás során megvalósuló gátlási hatások a célemlékek reprezentációjának aktivitását csökkentik (Anderson és Spellman, 1995; Anderson és Green, 2001, lásd MacLeod, 2007). E koncepció szerint a gátlás azért jelenik meg az előhívási szakaszban, hogy megakadályozza a versengő, de az adott helyzetben irreleváns emlékek tudatba kerülését. A gátlás kiépülése után a hatás nem függ többé a tanulás során létrejött specifikus hívóinger-emlék asszociációtól, a célemléket semmilyen más hívóinger segítségével sem lehet felidézni, mivel az közvetlenül a célemlék reprezentációját érinti. Saját elméleti keretünk ezzel szemben (Racsmány & Conway, 2006) az emlékezeti gátlással kapcsolatos elképzeléseket igyekszik összhangba hozni az epizodikus előhívás elméleteivel. Az „epizodikus gátlásnak” nevezett elméleti keret feltételezi, hogy minden egyes epizodikus emléknél van egy olyan aktivációs/gátlási mintázata az epizodikus tartalmaknak, amely befolyásolja az emlékek részleteinek elérését. Ezt a mintázatot módosítani lehet a kódolás folyamatában, de később az elérés során is. Ennek egyik következménye az lesz, hogy az epizodikus gátlás hosszú távon is fennmarad, ez pedig ellentétes a más reprezentációkon megvalósuló gátló hatásokkal, amelyek, adaptív természetüknél fogva, átmeneti természetűek. A konceptuális, lexikális és más hosszú távú reprezentációkat érintő gátlási hatások az ezredmásodperc-másodperc idői tartományban eltűnnek. Ezzel szemben az epizodikus reprezentáció tartalmazni fogja az aktivációs/gátlási mintázatot, egészen addig, amíg az emlék tartalmát elő nem hívják és további feldolgozással nem módosítják. Az epizodikus gátlási koncepció legfontosabb állítása, hogy ugyanannak az ingernek a feldolgozása függetlenül mehet végbe a konceptuális, lexikális és az epizodikus reprezentációs rendszerekben. Viszont, amíg az epizodikus reprezentáció megőrzi a korábbi feldolgozás aktivációs/gátlási mintázatát, addig a többi reprezentáció nem. Ebből pedig az következik, hogy egy adott elem reprezentációja egyszerre lehet aktivált állapotban a konceptuális, lexikális rendszerben és gátolva az epizodikus rendszerben. Disszertációmban összesen 10 kutatást mutatok be, valamennyi kutatás kísérleteit az epizodikus gátlás elméleti keret motiválta. A kutatások négy kísérleti paradigmát alkalmaztak. A disszertációban részletesen ismertetett paradigmák a listás irányított felejtési eljárás (Bjork, 1989; Racsmány & Conway, 2006), az előhívás-gyakorlási feladat (Anderson, Bjork & Bjork, 1994), a Gondolj/ne-gondolj feladat (Anderson & Green, 2001) és az Ismételt tanulás/ismételt előhívás (Roediger & Karpicke, 2006) kísérleti paradigmák.

1. Kutatás – *Epizodikus hívóinger és a felejtés kapcsolata*

Ez epizodikus gátlási hipotézisünk kiinduló kutatása. Az emlékezeti gátlás - a mi felfogásunkban - egy hozzáférési zavar, amely csak akkor jelenik meg, ha az előhívás epizodikus reprezentációkra irányul. A gátlás – az emlékezeti reprezentáció tartalmának aktív, figyelmi elkerülése - egy korábbi kódolási körülmény, esemény hatására - mivel abban a helyzetben az emlékező személy céljainak ez volt a legmegfelelőbb – belekódolódik az epizodikus reprezentációba. Az epizodikus reprezentáció tartalma (szemantikai vagy lexikális) ugyanakkor aktivált állapotban lehet a korábbi emlékezeti elérés következtében. Ezt a hipotézist vizsgáltuk összesen hat kísérletben. Az első két kísérletben listás irányított felejtési eljárást, míg a 3-6. kísérletekben előhívás-gyakorlási paradigmát használtunk. Mind a két paradigma esetében feltételeztük, hogy az emlékezeti szupressziós hatások (irányított felejtés és előhívás kiváltotta felejtés) csak akkor jelennek meg, ha az emlékek eléréséhez a kísérleti személyek felhasználják az epizodikus hívóingereket (lista kontextus az irányított felejtési feladatnál, és a tanult kategória címkék az előhívás-gyakorlási paradigmánál). Ezzel szemben abban az esetben, ha az epizodikus hívóinger nélkül érik el az emlékeket, csak a tanulás következtében megjelenő facilitációs hatásokat detektálunk.

Racsmány, M. & Conway, M.A. (2006) Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory and Cognition*; 32(1):44-57.
DOI:10.1037/0278-7393.32.1.44

2. Kutatás - *Epizodikus emlékezeti élmény és felejtés*

Összesen három kísérletben vizsgáltuk, hogy az irányított felejtési és az előhívás-gyakorlási paradigmákban megjelenő szupressziós hatások kapcsolódnak-e az előhívást kísérő különböző tudatossági állapotokhoz. Mindkét paradigmában mértük a hívóingeres felidézést, az akaratlagos felidézést, az akaratlan felidézést, a felismerési találatokat, és a felismerési teljesítményt kísérő „emlékszem” illetve „tudom” válaszok arányát (Richardson-Klavehn and Gardiner, 1996).

Racsmány, M., Conway, M.A., Garab, E.A., Nagymáté, G. (2008) Memory awareness following episodic inhibition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2008; 61(4):525-34.
DOI:10.1080/17470210701728750

3. Kutatás – *Tanulási cél és felejtés az epizodikus emlékezetben*

Összesen négy kísérletben vizsgáltuk, hogy a tanuló céljai hogyan befolyásolják a szándékos felejtés jelenségét. Az emlékezeti célok szerepét a szándékos felejtési hatásokban igen nehéz vizsgálni, hiszen a paradigmában a felejtési instrukció és az emlékező célja összekapcsolódik egyazon személyben, így függetlenül nem manipulálhatóak. Éppen ezért a kísérletekben a listás irányított felejtési eljárást módosítottuk oly módon, hogy a kísérletvezető nem közvetlenül a célszemélyt instruálta, hanem egy modellt, akinek a viselkedését a célszemély megfigyelhette. Az első két kísérletben a modell egy filmben szerepelt és a kísérleti személy megfigyelhette, ahogy arra instruálják, hogy felejtse el korábbi információkat. A harmadik és negyedik kísérletben egy valós személy volt a modell egy laboratóriumi kísérletben, így mind a modell, mind a megfigyelő célszemély emlékezeti teljesítményét mérhettük. A célszemély kétféle céljait manipuláló instrukciót kaphatott

megfigyelői vagy célátfedő instrukciót. Az előbbi esetben arra instruálták, hogy csak figyelje meg a modell viselkedését. A második esetben arra, hogy ugyanazokkal a célokkal rendelkezzen, mint a modell (pl. csak azt kell felidézni, amit a modellnek is, illetve segíthet a modellnek, ha az nem tud felidézni valamit).

Racsmány, M., Keresztes, A., Pajkossy, P., Demeter, G. (2012) Mirroring Intentional Forgetting in a Shared-Goal Learning Situation. *PLoS ONE*, 7(1):e29992.
DOI:10.1371/journal.pone.0029992

4. Kutatás – Végrehajtórendszer zavar és szándékos felejtés szkizofréniában

Jóllehet a kognitív funkciók széles köre sérül szkizofréniában, az elmúlt évtizedben végzett kognitív neuropszichiátriai kutatásokban a szkizofrén betegek a végrehajtó kontroll vizsgálata volt az egyik leginkább kiemelt terület. Számos vizsgálat jutott arra az eredményre, hogy szkizofréniában a kontroll rendszer valamennyi komponense (gátlás, váltás, fenntartási funkciók) károsodik, és a károsodás mértéke összefüggésben áll a pozitív és negatív tünetek intenzitásával. Napjainkra a kontroll rendszer vizsgálata alapvető kutatási területté (research domain) lett nyilvánítva (Niendam et al., 2012; Lesh et al., 2011; Minzenberg et al., 2009). Kutatásaink során a szkizofréniával diagnosztizált betegcsoportot érintő végrehajtó kontroll rendszer diszfunkcióit igyekszünk azonosítani és a tüneti mintázatokhoz kapcsolni, valamint azt, hogy a kontroll rendszer zavarai kapcsolódnak-e az intencionális és az előhívás által kiváltott felejtés mutatóihoz.

Racsmány, M., Conway, M.A., Garab, E.A., Cimner, C., Janka, Z., Kurimay, T., Pléh, Cs., Szendi, I. (2008) Disrupted memory inhibition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 101(1-3):218-24.
DOI:10.1016/j.schres.2008.01.002

5. Kutatás – Előhívási monitorozás és előhívás-kiváltotta felejtés OCD-ben

A szkizofréniával élő betegek mellett egy másik csoport, ahol a kontroll rendszer deficitjét, és a deficit kauzális kapcsolatát a tünetmintázattal, számos alkalommal kimutatták, az obszesszív-kompulzív zavarral (OCD) diagnosztizált betegek. Ebben a kutatásban obszesszív-kompulzív betegséggel (OCD) diagnosztizált betegeket hasonlítottunk össze illetett egészséges kontroll személyekkel, az előhívási gyakorlási paradigma egy módosított változatával, amely alkalmas volt az előhívási-gyakorlás és a végső felidézéskor mutatott előhívási reakcióidő mérésére. A kutatásban az előhívás által indukált felejtési (RIF) mutatókat kiegészítettük a kontroll rendszer szisztematikus vizsgálatával munkamemória feladatok (2-back, 3-back feladatok) a szorongás és a kényszeres tünetek mutatóival (YBOCS, STAI).

Demeter, G., Keresztes, A., Harsányi, A., Csígyó, K., & **Racsmány, M.** (2014). Obsessed not to forget: Lack of retrieval-induced suppression effect in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research*, 218(1), 153-160.
DOI:10.1016/j.psychres.2014.04.022

6. Kutatás – Az előhívásnál megjelenő interferencia mértéke és a felejtés kapcsolata

Az előhívás és a felejtés kapcsolatának egyik alapvető módosító faktora az előhíváskor jelentkező interferencia hatás mértéke. Az irodalomban évtizedeken át domináns nézetnek számított, hogy extrém alacsony interferencia nem generálja a versengő elemek kiszorítását az előhívási folyamatból, ezt leszámítva azonban az interferencia mértéke lineáris összefüggést mutat a kiszorítási vagy gátlási mutatókkal, vagyis az adott pillanatban mérhető felejtéssel (Anderson, 2003; Bauml, Pastötter, & Hanslmayr, 2010). Ezzel szemben egy néhány évvel ezelőtt kidolgozott komputációs modell szerint az interferencia csak egy bizonyos pontig eredményez gátlási hatást, ettől a ponttól kezdve azonban megfordul a hatás, az interferencia és a gátlási hatások tehát fordított U összefüggést mutatnak (Norman, Newman, & Detre, 2007). Az Anderson és munkatársai (1994) által kidolgozott előhívási-gyakorlási paradigma nem maradéktalanul alkalmas arra, hogy az interferencia és a felejtés összefüggését feltárja. Az előhívási gátlást csak nagyobb tanulási szetteken (pl. kategóriák) lehet mérni, tehát nem mérhető közvetlenül interferenciát gyakoroló elem és a gátolt elem viszonya, a gátlás mutatója pedig a robusztus felidézési százalék, nem alkalmas kis különbségek kimutatására. Keresztes Attilával közösen módosítottuk a paradigmát. A mi kísérleti eljárásunk során kisebb tanulási szetteket használtunk, minden egyes interferáló elemhez egyetlen célelem tartozott, így közvetlenül tudtuk mérni az interferencia hatását a felejtésre. A gátlás mérésére pedig bevezettük az előhívási reakcióidő mérését, amelynek segítségével pontosabb mutatókkal rendelkezünk az interferencia és a felejtés kapcsolatának kimutatására.

Keresztes, A & **Racsmány, M.** (2013) Interference resolution in retrieval- induced forgetting: Behavioral evidence for a nonmonotonic relationship between interference and forgetting. *Memory & Cognition*; 41(4):511-518.
DOI:10.3758/s13421-012-0276-3

7. Kutatás – Korábbi felidézés protektív hatása az előhívás által kiváltott felejtési hatás ellen

Az előhívás és a felejtés kapcsolatának talán legalapvetőbb kérdése, hogy egy emlékezeti szetten belüli szelektív előhívás, akkor is felejtést generál-e, ha korábban a teljes szettet már előhívta az emlékező személy, vagy csak abban az esetben, ha az első előhívás rögtön csak az elemek egy részét érinti. Az előhívási-gyakorlási paradigma (Anderson et al., 1994) eredeti formájában nem alkalmas ennek a kérdésnek a megválaszolására, hiszen a szelektív gyakorlási fázist csak tanulási fázis előzi meg, előhívás nem. Ebben a kutatásban, összesen négy kísérletben, ezért úgy módosítottuk a paradigmát, hogy a szelektív előhívást és a szelektív újratanulást megelőzően szisztematikusan beillesztettünk a teljes tanulási szettet érintő előhívási ciklusokat. A fő kutatási hipotézisünk, az epizodikus gátlási elmélet alapján, hogy a teljes szettet érintő előhívás olyan epizodikus reprezentációt épít ki, amely az epizodikus hívóingerek segítségével később is elérhető lesz, függetlenül az ezt követő szelektív gyakorlástól. Így a teljes szettet érintő előhívás megakadályozza, hogy a későbbi szelektív előhívás felejtést indukáljon.

Racsmány, M. & Keresztes, A. (2015). Initial retrieval shields against retrieval-induced forgetting. *Frontiers in Psychology*, 6, 657.
<http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00657>

8. Kutatás - Az emlékezeti reprezentációkon kialakuló gátlás hosszú távú hatása

A szelektív előhívás felejtést indukált, ez számtalanszor bebizonyított kísérleti tény, ugyanakkor korántsem világos, hogy a szelektív előhívás hatása milyen időtartományban fejti ki hatását. A gátlási elméletek, elsősorban a figyelmi gátlási jelenségekből kiindulva (pl. negatív priming) feltételezték, hogy a szelektív előhívás hatása az ezredmásodperc-perc időtartományban fejti ki felejtést indukáló hatást. A korábban egyetlen létező kísérleti bizonyíték is ezt támasztotta alá, amennyiben a szelektív gyakorlás és a végső felidézés közé néhány órás késleltetést illesztettek, akkor az előhívás-kiváltotta felejtés (RIF) nem jelent meg (MacLeod & Macrae, 2001). Az epizodikus gátlási elmélet azonban feltételezi, hogy a RIF hosszú távú epizodikus emlékezeti jelenség, amelynek konszolidációjához azonos alvás alatti idegrendszeri mechanizmusok szükségesek, mint más epizodikus emlékezeti jelenségekéhez (Euston, Tatsuno, & McNaughton, 2007; Conway, 2009; Racsmány & Conway, 2006). Ezt a hipotézist két kísérletben ellenőriztük, amely során az előhívási-gyakorlási paradigmát módosítottuk oly módon, hogy a szelektív gyakorlás és a felidézés közé 12 órás késleltetést illesztettünk. A késleltetés időszaka alatt a személyek ébren voltak vagy alvással töltötték az idejüket.

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.
DOI:10.1177/0956797609354074

9. Kutatás - Facilitációs és szupressziós hatások az epizodikus hívóinger-célemlék kapcsolatban

A Gondolj/Ne-gondolj paradigma a klasszikus páros asszociációs (PA) tanulási módszer egy izgalmas módosítása, amely során az elemek egy részét a PA-ban megszokott módon a hozzájuk asszociált hívóinger segítségével idézik fel kísérleti személyek, míg más elemeket, a hívóinger megjelenésekor, aktívan megpróbálnak mentálisan elkerülni és megakadályozni a felidezésüket (Anderson & Green, 2001). A gátlási elmélet feltételezi, hogy az aktív mentális elkerülés hatására, hasonlóan a Go/No-Go paradigmához, kiépül az elkerülendő elemek válaszgátlása. Ezt az elképzelést támasztotta alá számos viselkedéses és idegtudományi bizonyíték, amelyek szerint a gátolt elemek más, korábban nem látott, hívóingerek segítségével sem érhetőek el. Továbbá, az úgynevezett „ne-gondolj” próbáknál, a kontroll rendszerhez kapcsolható idegrendszeri területek (pl. dorsolaterális prefrontális kéreg) aktivitása, és az emlékezeti előhíváshoz köthető területek (pl. hippocampus) deaktivációja is az aktív gátlást tükrözik (Anderson & Green, 2001; Anderson et al., 2004; Depue, Curran, & Banich, 2007; Anderson & Hanslmayer, 2014). Ezzel szemben, az epizodikus gátlási hipotézis értelmében, ebben a paradigmában, a célemlékek figyelmi elkerülése a tanulás és a gyakorlás alatt asszociáló epizodikus hívóingerekhez kapcsolódik, ugyanakkor a célemlék a gyakorlás hatására aktivált állapotban van (Racsmány & Conway, 2006). A Gondolj/Ne-gondolj paradigmát felhasználva összesen 4 kísérletben vizsgáltuk, hogy mi történik akkor, ha a végső felidezésnél a megtanult és gyakorlási elem párok közül a korábbi célinger lesz a hívóinger és a hívóinger lesz a célinger. Az epizodikus gátlási hipotézis feltételezi, hogy ebben az aktív figyelmi elkerülés hatására a gátlási hatás nem szimmetrikus, tehát csak az eredeti hívóinger-célinger kapcsolatot jellemzi, míg a reláció fordított aktiválása asszociatív priming hatást eredményez. További módosítás volt, hogy a kísérletek egy részében a „ne gondolj!” instrukció helyett szó behelyettesítési instrukciót adtunk (a kísérleti személyeknek egy új szót kellett generálnia a hívóingerhez). Ez az eljárás, mivel ugyanahhoz a hívóingerhez új

elemeket kapcsol, így interferenciát generál, ebből következően a gátlási hatással egyenértékű felejtést produkálhat. Az epizodikus gátlási elmélet értelmében, azonban ez a folyamat nem vonja magával a célemlék aktiválását, így fordított előhívásnál (a tanulás alatti célinger lesz a hívóinger, és a korábbi hívóingert kell előhívni) nem eredményez fordított asszociatív priming hatást. Az általunk kidolgozott fordított asszociációs felidézés így módszertanilag is alkalmas arra, hogy szétválassza a hívóingeres felidézésben azonos teljesítményváltozást produkáló interferencia és gátlási hatásokat.

Racsmány, M., Conway, M.A., Keresztes, A., Krajcsi, A. (2012) Inhibition and interference in the think/no-think task. *Memory & Cognition*; 40(2):168-76.
DOI:10.3758/s13421-011-0144-6

10. Kutatás - A végrehajtó kontrollhoz kapcsolódó idegrendszeri hálózatok szerepe az előhívás alapú tanulásban

Ebben a kutatásban arra a kérdésre kerestük a választ, hogy az ismételt előhívási gyakorlás, hogyan változtatja meg a stratégiai kereséshez kapcsolódó idegrendszeri hálózatok szerepét a rövid-és hosszú távú előhívási folyamatokban. A kísérlet az Ismételt tanulás/ismételt tesztelés paradigmát alkalmazta. 60 szópár volt az inger, és összesen 6 gyakorlási kör volt, amelynek fele újratanulás, fele pedig hívóingeres előhívás, visszajelzéssel. A kísérletben összesen 29 kísérleti személy vett részt, a csoport egyik része (n=15) a végső felidézésben a gyakorlást követően 20 perccel, míg a másik része (n=14) a gyakorlást követően 1 héttel vett részt. A végső felidézésre egy funkcionális mágneses rezonancia vizsgálat (fMRI) keretein belül került sor. Viselkedési adatok a felidézési reakcióidő és a felidézési százalékok voltak. Az előhívásban involvált kontroll hálózatot az n-back feladat segítségével lokalizáltuk.

Keresztes, A., Kaiser, D., Kovács, G., **Racsmány, M.** (2014) Testing Promotes Long-Term Learning via Stabilizing Activation Patterns in a Large Network of Brain Areas, *Cerebral Cortex*; 24:3025-3035.
DOI:10.1093/cercor/bht158

EREDMÉNYEK ÉS DISZKUSSZIÓ

Az epizodikus hívóingerek szerepe az emlékezeti gátlási hatásokban

Epizodikus gátlási koncepciónk 2006-ban született, eredetileg a disszertáció első kutatásában bemutatott hat kísérlet eredményeinek értelmezésére. A kutatás legfontosabb eredményei szerint mind az intencionális felejtési hatás, mint az előhívás által indukált felejtési hatás megjelenése függ az epizodikus hívóingerek jelenlététől (Racsmány & Conway, 2006). A kutatások során nem csak az epizodikus emlékezeti irodalomban megszokott felidézési teljesítményt mértük, hanem a tanulási listák elemeire adott reakcióidőket is, ez utóbbit lexikális döntési feladat keretében mértük. Az eredmények alátámasztották azt az elképzelést, hogy a tanulási lista elemei epizodikus reprezentációba szerveződtek. Az irányított felejtési kísérletekben a tanulási lista, az előhívás-gyakorlási kísérletekben pedig az elemekkel együtt prezentált kategória címke szerepelt magasabb szintű hívóingerként, az előhívási irodalomban megszokott szakkifejezéssel, kontroll elemként (lásd. Estes, 1955; Rundus, 1973; Roediger, 1978). Ez az eredmény ellentmondásban van a gátlás-alapú elméletek egyik központi gondolatával, a hívóinger-függetlenség princípiumával, ez az elv

ugyanis kimondja, hogy a gátlás alá került emlékezeti információ semmilyen hívóinger segítségével el nem érhető, tehát a gátlás nem függ a tanulás során kialakított hívóinger-célemlék kapcsolatoktól (Levy and Anderson, 2002; Anderson & Huddleston; 2012; Anderson & Hanslmayer, 2014; Lásd Racsmány, 2002). Kísérleti eredményeink ezzel szemben alátámasztják azt az elképzelést, hogy a tanulási információk epizodikus reprezentációkba is szerveződnek, ezért e reprezentációkkal kapcsolatos bármely facilitációs vagy gátlási jelenség annak függvénye, hogy a kísérleti személyek a rendelkezésre álló hívóingerek segítségével a tanulási epizód reprezentációját vagy a tanulás során aktivált információk más reprezentációját (pl. szemantikai vagy lexikális reprezentációját) érik-e el. A gátlási hatás tehát egyik paradigmában sem független az alkalmazott hívóingerektől. További lényeges eredmény, hogy a gátlási hatás ismételt előhívás során sem tűnik el, sőt akkor sem, ha két előhívás próba között a kísérleti személyek újra látják azokat az elemeket, amelyeket a hívóingeres felidézések során nem tudtak felidézni. Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy az epizodikus előhívásban megjelenő előhívási blokkok (hasonlóan a pszichogén amnéziánál fellépő hozzáférési zavarhoz) nem oldódik ki, ha az emléket az epizodikus, kontextuális információ nélkül aktiválják.

Az intencionális és az előhívás által indukált felejtési folyamatok eltérései

A disszertációban bemutatott emlékezeti paradigmák egy része intencionális felejtést vagy előhívási blokkot vár el a kísérleti személyektől, ilyen az irányított felejtés vagy a Gondolj/Ne-gondolj paradigmák. Más eljárások viszont feltehetően az emlékezeti előhívás alatti folyamatok (pl. interferencia feloldás vagy új hívóinger-célemlék kapcsolatok kiépülése) automatikus következményei, ilyen az előhívási gyakorlási vagy az ismételt tanulási/tesztelési paradigmák. A gátlási elméletek talán legbefolyásosabb elméletalkotója Anderson (2005) úgynevezett flexibilis kontrol elképzelése szerint e paradigmákban ugyanolyan gátlófolyamatok akadályozzák meg az emlékek előhívását, azonban ezek a gátló hatások a különböző reprezentációs szinteken fejtik ki hatásukat. Az irányított felejtési hatás nem csak a felejtésre vonatkozó intencióban, de a gátló hatás támadási pontjában is eltér az előhívás kiváltotta felejtéstől. Míg az irányított felejtés esetén a gátlás a lista kontextusának szintjén jelenik meg, addig az előhívás kiváltotta felejtés az elem szintjén fejt ki hatását. Mint azt az első kutatásunkban bemutatott eredményekből kiderült, saját kísérleti adataink nem támasztják alá a gátlási elmélet azon elképzelését, hogy a gátlási hatás az elem szintjén jelenne meg az előhívás kiváltotta felejtés esetében. Ugyanakkor a flexibilis kontrol elmélet részben összeegyeztethető az epizodikus gátlási elmélettel, tehát az irányított felejtés esetében az epizodikus hívóinger valóban a lista kontextusa, így a „lista hívóinger” segítségével mozgósított teljes epizódot (az első tanulási listát) érintheti a szándékos felejtés. Az epizodikus előhívási folyamatok egyik alapvető jellemzője, hogy meghatározott tudatállapot kíséri, amelyet a szakirodalom „rekollektív” élménynek nevez (Tulving, 1985; Conway, 2005). A kísérleti pszichológia az elmúlt negyven évben számos módszert dolgozott ki a rekollektív tudatosság mérésére (lásd. Gardiner és Richardson-Klavehn, 2000). E módszerek segítségével kimutathatóvá vált, hogy amennyiben az emlékezést (pl. felismerési döntést) nem kíséri rekollektív tudatosság, úgy számos, az epizodikus emlékezésre jellemző kísérleti hatás nem jelenik meg (lásd. Conway, 2005). A második kutatásban éppen ezért abból a szempontból hasonlítottuk össze az irányított felejtési és az előhívás gyakorlási paradigmákat, hogy a megjelenő emlékezeti gátlási hatások csak azokat az emlékezeti elemeket érintik-e, amelyek előhívását a rekollektív tudatosság kíséri. Ebben a kutatásban az

emlékezeti teljesítmény mérésére többféle mutatót is használtunk (Racsmány és munkatársai, 2008), a hívóingeres felidézési és felismerési teljesítmény mellett, Richardson-Klavehn és Gardiner (1996) szótó-kiegészítései eljárását is alkalmaztuk, amely alkalmas az akaratlagos és akaratlan felidézési teljesítmény szétválasztására. A felismerési ítéletek mellett a kísérleti személyek Gardiner, Richardson-Klavehn és Ramponi (1998) „emlékszem-tudom” eljárását követve jelezték, hogy az adott felismerési döntést rekollektív vagy ismerősségi tudat állapot kísérte-e (Racsmány és munkatársai, 2008). Eredményeink szerint az irányított felejtési hatás csak a rekollektív tudatossággal elért emlékezeti elemeknél jelentkezett, míg az ismerősségi élményt kiváltó elemeknél fordított hatás jelentkezett, az elfelejtendő elemekre jobban emlékeztek a személyek, mint a kontroll elemekre. Ez egyben arra is rávilágít, hogy a hagyományos felismerési teszteken, ahol a rekollektív és ismerősségi ítéletek együttesen határozzák meg a teljesítményt, miért nem jelentkezik irányított felejtési hatás. Ez az eredmény ugyanakkor további bizonyítékot jelent az epizodikus gátlási elmélet számára. A tanulási lista azon elemei, amelyeket epizodikus előhívás útján értek el a személyek (ezt jelezte a rekollektív tudatossági élmény) gátlási hatást produkáltak, míg azok az elemek, amelyeket szemantikai reprezentációkon keresztül értek el (ezt mutatta az ismerősségi tudatossági élmény) facilitációs hatást mutattak. Ugyanakkor az előhívási gyakorlási paradigma esetében a felejtés egyaránt érintette a rekollektív és az ismerősségi élmény kíséretében előhívott emlékeket. Ez utóbbi eredmény megmagyarázására módosítottuk az epizodikus gátlási elméletet és feltételeztük, hogy az irányított felejtési és az előhívás kiváltotta-felejtési hatások eltérnek egymástól. Az irányított felejtési hatás esetében a teljes lista figyelmi elkerülése megtörténik, míg az előhívás-kiváltotta felejtés esetében specifikus hívóinger-célemlék kapcsolatokat érint a gátlás (Racsmány és munkatársai, 2008).

Előhívási cél és felejtés

A kutatás legfontosabb eredménye, hogy a megfigyelő szerepkörben lévő kísérleti személyek letükrözték a megfigyelt modell emlékezeti teljesítményét, amennyiben céljaik megegyeztek a modell céljaival (Racsmány és munkatársai, 2012). A kutatás módszertani újítása volt, hogy az irányított felejtési instrukciót nem közvetlenül a kísérleti személynek, hanem egy általa megfigyelt modellnek adtuk ki. Így függetlenül tudtuk manipulálni a kísérleti személy céljait (a cél, hogy azokat az információkat tanulja meg, amelyek a modell számára relevánsak a kísérleti helyzetben, vagy az a célja, hogy megfigyelje a modell viselkedését). Eredményeink egyértelműen mutatták, hogy a sikeres intencionális felejtés előfeltétele, hogy a személy azokat az információkat akarja megtanulni, amelyek relevánsak az adott helyzetben. Az intencionális felejtés tehát nem egyfajta mellékterméke a felejtési instrukciónak. Nem azért jelenik meg, mert a kísérleti személy a többi, megtanulandó információra nagyobb figyelmet tud fordítani és azok nagyobb interferenciát jelentenek és nem is azért, mert a felejtési instrukció utáni információk a végső teszt kontextusához hasonló mentális kontextusban lesznek elsajátítva. Eredményeink egyértelműen alátámasztják azt elképzelést, hogy az intencionális felejtés az epizodikus emlékezet működéséből fakad. Az epizodikus reprezentációk szerkezetét és tartalmát a viselkedés céljai alakítják ki (Conway, 2009). Az intencionális helyzet tehát egy olyan tanulási helyzet, ahol a személy megpróbálja kikövetkeztetni, hogy mely információk relevánsak és melyek irrelevánsak a tanulás célja szempontjából. A felejtési instrukció arról informálja a kísérleti személyt, hogy az addig bemutatott információk irrelevánsak a tanulási cél elérése érdekében, ezért az ehhez

kapcsolódó információk aktív szupressziója adaptív viselkedés (2009). A tanulás célja pedig ebben a helyzetben egy később bekövetkező teszt vagy előhívás, ebben az értelemben az epizodikus emlékek elérhetőségét és gátlását a kísérleti személy előhívási célja formálja. Az előhívási cél szerepét az intencionális felejtésben egy másik, egyelőre még publikálatlan, kísérletsorozattal is demonstráltuk, amelyet a disszertáció diszkusszió részében ismertettem. Ebben a kísérletsorozatban is módosítottuk a standard listás irányított felejtési eljárást. A kísérleti személyeknek itt vagy csak egyetlen tanulási listát adtunk vagy több tanulási listát, amelyek közül vagy az első vagy a második listára adtuk ki a felejtési instrukciót. Az általános felfogás szerint irányított felejtést csak abban az esetben lehet kiváltani, ha a felejtési instrukciót újabb tanulás követi, egyetlen tanulási listára nem, mert az új tanulás által keltett interferencia teszi adaptívvá az elemek gátlását (Bjork, 1989; Bjork, Bjork, & Anderson, 1996). Az epizodikus gátlási elmélet értelmében, azonban, nem az új tanulás által keltett interferencia, hanem a tanulás célja teszi adaptívvá a felejtést. Egyetlen tanulási listára azért nem lehet kiadni a felejtési instrukciót, mert ebben az esetben a tanulásnak nincs értelmes célja, a kísérleti személynek ebben a helyzetben semmit sem kell tanulnia. Kísérleteinkben sikerült kimutatni, hogy amennyiben a második listára adjuk ki az irányított felejtési instrukciót, úgy a gátlási hatás megjelenik, köszönhetően annak, hogy a korábban tanult első lista értelmes, adekvát tanulási célt jelent a kísérleti személy számára. Az intencionális felejtést, tehát nem az új információk interferenciája indítja be (bár az interferencia detekciója fontos előfeltétele), hanem a tanulást végző személy céljai határozzák meg azt, hogy az információk mely köre lesz aktív és mely része lesz gátolt állapotban.

A végrehajtórendszer szerepe az előhívás által indukált felejtésben

Az intencionális és az előhívás által indukált felejtési hatások talán legbefolyásosabb elképzelése szerint a nem kívánatos, nem adaptív, ugyanakkor aktív emlékezeti reprezentációkat hasonló kontroll folyamatok helyezik gátlás alá, mint a nem adaptív motoros válaszokat (Anderson & Huddleston, 2012; Anderson & Hanslmayer, 2014). Anderson és munkatársai mind elméleti, mind pedig empirikus tanulmányokban érvelnek amellett, hogy az emlékezeti gátló hatások a végrehajtórendszer kontrollja alatt állnak, számos bizonyítékot vonultattak fel arra nézve, hogy a végrehajtórendszer gátló komponensének deficitje (pl. a Go/No-Go vagy a Stroop feladatokkal mérve) csökkenti mind az intencionális, mind pedig az előhívás-által kiváltott felejtés mértékét (Benoit & Anderson, 2012, Anderson, Bunce & Barbas, in press). A disszertáció negyedik és ötödik kutatásában éppen ezért a végrehajtórendszer deficitjének az intencionális és előhívás-kiváltotta felejtésre gyakorolt hatását vizsgáltuk két klinikai csoportnál, szkizofréniával és OCD-vel diagnosztizált betegeknél, amelyeknél a szakirodalom konzisztensen mutatja ki a kontroll rendszer károsodását. A végrehajtórendszer deficitjét egy sor neuropszichológiai és kísérleti feladat segítségével mutattuk ki mindkét klinikai csoportnál (Racsmány és munkatársai, 2008; Demeter és munkatársai, 2014). A szkizofréniával diagnosztizált betegcsoportnál irányított felejtés és előhívási gyakorlási paradigmát is alkalmaztunk. A betegcsoportnál nem jelent meg az irányított felejtési hatás, ugyanakkor megjelent az előhívás-kiváltotta felejtés, de a felejtés mértéke szignifikánsan elmaradt a kontroll csoportban tapasztalható hatástól. Az OCD-vel diagnosztizált betegcsoportnál egy előhívási gyakorlási paradigmát alkalmaztunk, amely alkalmas volt arra is, hogy az úgynevezett előhívási interferencia hatás nélküli gátló hatást mutassa a nem gyakorolt, de kapcsolódó elemeken és az előhívási reakcióidő mérésére is alkalmas. Eredményeink szerint az OCD-vel diagnosztizált betegeknél nem jelent

meg az előhívás-kiváltotta felejtés. Mindez egybe vág Anderson és munkatársainak koncepciójával, a végrehajtórendszer deficitjével jellemezhető klinikai csoportoknál nem vagy csak gyengébb mértékben jelennek meg az emlékezeti gátlóhatások. Ugyanakkor a mért gátló hatás mértéke egyik vizsgálatban sem járt együtt a végrehajtórendszer deficitjének mértékével. Módszertani szempontból talán a legfontosabb eredmény, hogy megerősítve korábbi eredményeinket (Racsmány & Conway, 2006) az előhívási reakcióidő lényegesen szenzitívebb mutatónak bizonyult a szupressziós hatás kimutatásánál, mint a tradicionális felidézési százalékos mutatók (lásd még: Verde & Perfect, 2011). Összességében, tehát nem látszik alátámasztottnak, hogy a végrehajtórendszer gátló komponensének általános deficitje eredményezné ezeknél a klinikai csoportoknál az intencionális és az előhívás-kiváltotta felejtési hatások hiányát. Mi ezzel szemben úgy interpretáltuk e két kutatás eredményeit, mint annak bizonyítékát, hogy ezek a csoport kevésbé szenzitívek az előhívás során megjelenő interferenciahatásokra, mint azt számos korábbi kutatás már kimutatta (pl. Bush és munkatársai, 2002). Az emlékezeti szupressziós hatások a személy céljaival összhangban, akkor jelennek meg, mikor ezek adaptívak, tehát szükséges a zavaró, interferenciát keltő információk szupressziója a releváns információ optimális elsajátításához. A nem releváns információk zavaró hatásának mértékének detekciója azonban szükséges a szupressziós figyelmi folyamatok kioldásához. Ez utóbbi alapelv vizsgálatával foglalkoztak a következő kutatásaink.

Az előhívás-kiváltotta felejtés határfeltételei

Ebben a kutatássorozatban 6-9. kutatások, amely összesen 11 kísérlet eredményeit foglalja össze azokra a faktorokra voltunk kíváncsiak, amelyek meghatározzák, hogy az előhívási folyamatok facilitálják vagy éppen ellenkezőleg csökkentik az emlékezeti teljesítményt. Az egyik alapvető kutatási kérdés, hogy mi az összefüggés egy elem előhívásánál adott interferencia mértéke - amelyet a potenciálisan előhívható nem célelemek száma és a hívóingerhez fűződő kapcsolatuk erőssége határoz meg – és az előhívás által kiváltott szupressziós hatás között? E kérdésnek vizsgálatára Keresztes Attilával közösen módosítottuk az előhívási gyakorlási paradigmát. Az úgynevezett elem-elem előhívási gyakorlási feladatban a kísérleti személyek kételemű kategóriákat tanulnak, majd a kategóriák feléből az elemek felét gyakorolják. Az interferencia mértékének mérésére bevezettük az előhívási gyakorlás alatti reakcióidő mérési mutatót, amelyet független változóként kezeltünk a szupressziós hatás mértékének kimutatásához (Keresztes & Racsmány, 2013; lásd még Kuhl, Dudukovic, Kahn, & Wagner, 2007). Legfontosabb eredményünk szerint a reakcióidő segítségével mért interferencia mértéke nem mutat lineáris összefüggést az előhívás kiváltotta felejtés mértékével. Ezzel szemben azt találtuk, hogy extrém alacsony és extrém magas interferencia nem okozott szupressziós hatás, vagyis az interferencia és az előhívás-kiváltotta felejtés fordított U alakú összefüggést mutatott, megfelelve ezzel Norman, Newman, & Detre, 2007 komputációs modelljének.

Az interferencia mértéke tehát határfeltételt állít az előhívás felejtést indukáló hatásának. Egy másik, mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból lényeges további határfeltétel lehet, hogy a szelektív előhívást (csak a tanulási szett, epizód egy részének felidézése) megelőzte a teljes szett, epizód felidézése. A disszertáció hetedik kutatásában ezt a kérdést vizsgáltuk meg összesen négy kísérletben. Legfontosabb eredményeink szerint a szelektív gyakorlás felejtést indukáló hatása előhívás-specifikus, tehát más gyakorlási formák, így

például az újratanulási gyakorlás nem okozza a nem gyakorolt, de a hívóingerhez kapcsolódó elemek felejtését. A szelektív előhívás sem okoz azonban felejtést, ha a tanulási szettet a szelektív előhívást megelőzően teljes egészében felidézte a személy, a korábbi felidezés tehát megvédi az elemeket a szelektív előhívás felejtést indukáló hatásával szemben (Racsmány & Keresztes, 2015). Hasonlóan a szelektív gyakorlási hatáshoz, a teljes szett elérésének felejtést gátló hatása is előhívás-specifikus, más, teljes tanulási szettet érintő, gyakorlás nem védi meg az emlékeket a későbbi, szelektív előhívás felejtést indukáló hatásától. Ezek az eredmények egybe vágnak mind az epizodikus gátlási elmélet (Racsmány & Conway, 2006), mind pedig az epizodikus kontextus modell (Karpicke, 2012; Lehman, Smith, Karpicke, 2014) feltevéseivel. A szelektív előhívási gyakorlás olyan epizodikus reprezentációt hoz létre, amelynek idői kontextusát az előhívási aktus adja, elemei pedig a gyakorlás során előhívott hívóinger- célelem kapcsolatok lesznek, ezek többségében a gyakorolt elemek lesznek, kiegészülve néhány akaratlanul előhívott kapcsolódó elemmel, ez a reprezentáció tehát lényegesen kevesebb elemet tartalmaz, mint a tanulási szett (Karpicke és munkatársai, 2014; Jonker és munkatársai, 2013). A későbbi előhívás során az emlékező már csak ezt a korlátozott epizodikus reprezentációt éri el, a teljesítményben mindez, a nem gyakorolt elemek alacsonyabb valószínűségű felidezésében, tehát előhívás-kiváltotta felejtésként (RIF) fog megjelenni. A kezdeti előhívás, azonban olyan epizodikus reprezentációt hoz létre, amelyben a később gyakorolt és nem gyakorolt elemek még egyenlő valószínűséggel kerülnek be, így függetlenül a későbbi szelektív gyakorlástól, a végső felidézési teszten a személyek az epizodikus hívóingerek segítségével elérik a teljes tanulási szettet, ezért nem jelenik meg az előhívás-kiváltotta felejtés. A teljes tanulási szettet érintő felidezés tehát megvédi a későbbi szelektív előhívás felejtést indukáló hatásával szemben.

Az előhívás-kiváltotta felejtés gátlás-alapú és interferencia-alapú elméletei számára egyaránt problémát jelent, hogy feltételezzék, az előhívás következtében megjelenő felejtési hatás hosszú távon fennmarad. A gátlási elmélet egyik alaptézise, hogy a gátló hatás az alkalmazott hívóingerektől, kontextustól, céltól függetlenül, közvetlenül az elem szemantikai reprezentációját érint. Egy adaptív megismerőrendszer szempontjából elképzelhetetlen, hogy egy ilyen típusú közvetlen gátlás hosszú távon fennmaradjon, a kontextus, a célok változásával maladaptív viselkedést eredményezhet a korábban nem releváns, viszont aktuálisan fontos információk gátlása. Hasonlóan a gátlási elméletekhez, bár más okokból, az interferencia modellek sem tételezik fel, hogy az aktuálisan, az előhívásnál generálódott interferencia hatások, egy későbbi időpontban is felejtést eredményeznének. A felejtéssel kapcsolatos szakirodalomban egy ideig alapjellemezőként írták le az előhívás-kiváltotta felejtéssel kapcsolatban, hogy amennyiben a szelektív gyakorlás és a végső felidezés közé többórás késleltetést iktatunk, úgy a hatás eltűnik, tehát az előhívás felejtést indukáló hatása rövid életű (MacLeod & Macrae, 2001). Mindezzel szemben az epizodikus gátlási elmélet feltételezi, hogy a szelektív előhívás által létrehozott epizodikus reprezentáció hosszútávon elérhető, ezért a szuppressziós hatás hosszú távon is megjelenik, ha az előhívás során a hívóingerek mozgósítják ezt az epizodikus reprezentációt. Az epizodikus reprezentációk hosszú távú elérésének egyetlen gátja lehet, ha a reprezentáció konszolidációja nem megfelelő, például mert az alvás alatti emlékezeti konszolidációs folyamatok nem mentek végbe a szelektív előhívás és a végső felidezés között. Saját kutatásunkban, az előhívási-gyakorlási paradigmát alkalmaztuk oly módon, a szelektív gyakorlás és a felidezés közé 12 órás késleltetést illesztettünk. A késleltetés időszaka alatt a személyek ébren voltak vagy alvással töltötték az idejüket. Legfontosabb eredményeink szerint az előhívás-kiváltotta felejtési hatás 12 órás késleltetés mellett is megjelenik, de csak abban az esetben, ha a

szelektív előhívás és a végső felidézés között aludtak a kísérleti személyek. Ezek az eredmények erős támogatást jelentenek az epizodikus gátlási hipotézis számára.

Végül, az epizodikus gátlási hipotézis egyik központi gondolatát kívántuk tesztelni egy olyan paradigma segítségével, ahol a felejtést nem a szelektív előhívás, hanem az előhívás leállítása indukálja. A Gondolj/Ne-gondolj paradigma (Anderson & Green, 2001) alkalmazásával arra kerestünk választ, hogy a gátlási hatás kizárólag az előhívás során kiépülő hívóingerek és célemlékek epizodikus kapcsolatát befolyásolja, vagy ez a viszony fordított irányban mozgósítva is kiváltja a hatást. Eredményeink szerint a Gondolj/Ne-Gondolj paradigmában az ismételt figyelmi leállítása az előhívási ciklusnak a „ne-gondolj” próbákban egy olyan epizodikus reprezentációt épít ki, amelyben az epizodikus hívóinger megjelenése a célemlék szupresszióját eredményezi, ugyanakkor az ismételt, de leállított előhívási próbák, mind a hívóingert mind a célemléket aktiválják, ezért fordított kapcsolati irányban szemantikus priming, tehát facilitációs hatás jelentkezik. Ez a hatás nem jelenik meg akkor, ha a személyek ahelyett, hogy figyelmiileg elkerülnék a célemlékeket a „ne-gondolj” próbákban egy másik szót asszociálnak a hívóingerhez. Ez utóbbi eljárás pont ugyanolyan felejtést generál a „ne-gondolj” elemekre, mint a figyelmi elkerülés, de nem aktiválja a célemléket és ezáltal fordított irányban nem jelenik meg az asszociatív priming hatás. Ezek az eredmények együttesen erős támogatást adnak az epizodikus gátlási hipotézisnek, a szupressziós hatások specifikusan az epizodikus hívóinger-célemlék viszonyra vonatkoznak, ugyanakkor az elemek szemantikai reprezentációja aktív állapotban marad az előhívás vagy a gyakorlás hatására.

Hogyan lesz készség az emlékezetből: az epizodikus előhívás, mint az emlékezeti konszolidáció meghatározó tényezője

Amennyiben az előhívás szelektív, vagyis csak egy adott tanulási készlet meghatározott részét érinti, úgy az előhívás felejtést indukál az előhívott elemekhez asszociálódó emlékeknél. Ezzel szemben maga az előhívási gyakorlás szignifikánsan javítja az előhívott elemek későbbi felidézésének esélyét és ellenállóbbá teszi a felejtéssel és a később jelentkező interferencia hatásokkal szemben (Roediger & Karpicke, 2006; Karpicke & Roediger, 2008). Az előhívási gyakorlás hosszú távú előnyei különösen akkor szembetűnőek, ha egy másik, az oktatási gyakorlatban sokszor előforduló, gyakorlási típussal, az újratanulással vetjük össze. Az anyagok ismételt kódolása, vagyis újratanulása rövidtávon hasonló felidézési teljesítményhez vezet, mint az előhívási gyakorlás. Azonban az utóbbi hosszú távon szignifikánsan jobb emlékezeti teljesítményt, kisebb arányú és lassabb ütemű felejtést eredményez, ezt a jelenséget nevezi a szakirodalom teszt-hatásnak (Wheeler et al., 2003; Karpicke & Roediger, 2008; Roediger & Butler, 2011). A teszt-hatásnak nincs általánosan elfogadott magyarázata, számos rivális elméleti modell létezik a szakirodalomban. A két talán legelfogadottabb elmélet az elaboratív kódolási hipotézis (Carpenter, 2009, 2011) és az epizodikus kontextus modell (Karpicke, 2012; Lehman, Smith, Karpicke, 2014). Előbbi feltételezi, hogy az előhívás során újabb és újabb hívóingerek kapcsolódnak az eredeti hívóingerhez, ezek szemantikailag asszociálódnak az eredeti hívóingerhez, így az előhívási gyakorlást követően a későbbi felidézést többféle hívóinger segítségével lehet elindítani, mint újratanulás esetén. Az epizodikus kontextus modell szerint az előhívás megváltoztatja az emlékezeti reprezentációhoz kapcsolódó idői kontextust, amelynek a segítségével egy lényegesen szűkebb szemantikai tartományban megy végbe a keresés, hatékonyabb emlékezeti produkciót eredményezve (Karpicke, Lehman, Aue, 2014).

Az epizodikus gátlási hipotézis számos jellemzőjében átfedésben van az epizodikus kontextus modellel. Mindkét elméleti magyarázatból az következik, hogy az előhívási ciklusok fokozatosan megváltoztatják az emlék reprezentációját, a szemantikai információ epizodikus kontextussal ellátott reprezentációvá alakul. Az epizodikus gátlási hipotézis feltételezi, hogy az epizodikus hívóingerek automatikusan elérik az epizodikus reprezentációt újrateherelve annak a kódolás alatt adott figyelmi aktivációs/gátlási mintázatát. Funkcionális mágneses rezonancia (fMRI) mérést is alkalmazó kutatásunk eredményei alátámasztották ezt a hipotézist. A kontroll rendszerhez kapcsolható hálózat aktivitása mind rövidtávon, mind pedig hosszú távon eltért annak függvényében, hogy az asszociatív tanulási elemeket korábban újratanulás vagy előhívás útján gyakorolták a kísérleti személyek. Az előhívás útján gyakorolt elemek rövid késleltetés (20 perc) után történő előhívása egy kevesebb komponensből álló és kisebb aktivitást mutató kontroll hálózat működését involvált, mint az újratanulás útján gyakorolt elemek. Ugyanakkor hosszú távú (egy hetes) késleltetés után azt találtuk, hogy az előhívással gyakorolt elemek ugyanolyan kiterjedésű és aktivitású hálózat működését involválták az előhívás során, mint rövidtávon, míg az újratanulással gyakorolt elemeknél mind a komponensek számában, mind az aktivitás mértékben jelentős csökkenés jelentkezett a rövidtávú késleltetéshez képest. A felidézési teljesítményben rövidtávon nem különbözött a két gyakorlási forma, azonban hosszú távon az előhívással gyakorolt elemek jelentősen jobb emlékezeti teljesítményt produkáltak. Mindezt kiegészítették az előhívás alatt mért reakcióidő mintázatok, amelyek szerint az előhívással gyakorolt elemek mind rövidtávon, mind hosszútávon gyorsabb előhívást eredményeztek. Mindezt együtt összességében úgy interpretáltuk, hogy az előhívási gyakorlás olyan epizodikus hívóinger-célemlék reprezentációkat épített ki, amelyek mozgósítása a kontroll rendszer kisebb involváltsága mellett, automatizáltan megtörténhet. Az automatizálódó hívóinger-célemlék kapcsolatok előhívása, készséggé alakítja a korábban a kontroll rendszer segítségével megvalósuló lassú folyamatot. Egy még nem publikált, a disszertáció diszkussziójában ismertetett kutatásunk eredményei további alátámasztást adnak ennek az elképzelésnek. Az előhívási és újratanulási ciklusok szisztematikus vizsgálatával kimutattuk, hogy előhívási gyakorlás során az előhívási reakcióidők Logan (1988) automatizációs modelljének megfelelően csökkennek, a gyakorlás alatti reakcióidő csökkenés pedig asszociálódik az egy héttel későbbi felidézési siker valószínűségéhez. Kutatásaink összességében tehát arra hívják fel a figyelmet, hogy az emlékezeti előhívás a legfontosabb emlékezeti mozzanat, amelynek eredményeképpen téri-idői kontextussal rendelkező epizodikus reprezentációk jönnek létre. Minden későbbi előhívási alkalom sikerét az fogja meghatározni, hogy az előhívás során mozgósítjuk-e a rendelkezésre álló epizodikus hívóingereket és ezek a korábban elsajátított emlékek mekkora készletét teszik elérhetővé. Eredményeink tehát arra mutatnak rá, hogy az emlékezeti előhívás az a folyamat, amely meghatározza az emlékezés és felejtés későbbi mintázatait.

IRODALOM

- Anderson, M. C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal of Memory and Language*, 49(4), 415-445.
- Anderson, M. C., & Bell, T. (2001). Forgetting our facts: The role of inhibitory processes in the loss of propositional knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 544-570.

- Anderson, M. C., Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(5), 1063-1087.
- Anderson, M. C., Bunce, J. G., & Barbas, H. (in press). Prefrontal-hippocampal pathways underlying inhibitory control over memory. *Neurobiology of Learning and Memory*.
- Anderson, M. C., & Green, C. (2001). Suppressing unwanted memories by executive control. *Nature*, 410 (6826), 366-369.
- Anderson, M. C., & Hanslmayr, S. (2014). Neural mechanisms of motivated forgetting. *Trends in Cognitive Sciences*, 18(6), 279-292.
- Anderson, M. C., & Huddleston, E. (2012). Towards a cognitive and neurobiological model of motivated forgetting. In R. F. Belli (Ed.), *True and false recovered memories* (pp. 53-120). New York: Springer.
- Anderson, M. C., & Levy, B. J. (2007). Theoretical issues in inhibition: Insights from research on human memory. In D. S. Gorfein & C. M. MacLeod (Eds.), *Inhibition in cognition* (pp. 81-102). Washington, DC: American Psychological Association.
- Anderson, M. C., & Levy, B. J. (2011). On the relationship between interference and inhibition in cognition. In A. S. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp. 107-132). London: Psychology Press.
- Anderson, M. C., & McCulloch, K. C. (1999). Integration as a general boundary condition on retrieval-induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(3), 608-629.
- Anderson, M. C., & Neely, J. H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. In E. L. Bjork & R. A. Bjork (Eds.), *Memory: Handbook of perception and cognition* (pp. 237-313). San Diego: Academic Press.
- Anderson, M. C., Ochsner, K. N., Kuhl, B., Cooper, J., Robertson, E., Gabrieli, S. W., & Gabrieli, J. D. (2004). Neural systems underlying the suppression of unwanted memories. *Science*, 303(5655), 232-235.
- Anderson, M. C., & Spellman, B. A. (1995). On the status of inhibitory mechanism in cognition: Memory retrieval as a model case. *Psychological Review*, 102(1), 68-100.
- Baddeley, A. D. (2005). *Az emberi emlékezet*. Budapest: Osiris.
- Baddeley, A. D., Eysenck, M. W., & Anderson, M. C. (2010). *Emlékezet*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Bäuml, K. H., & Hartinger, A. (2002). On the role of item similarity in retrieval-induced forgetting. *Memory*, 10(3), 215-224.
- Bäuml, K.-H., Pastötter, B., & Hanslmayr, S. (2010). Binding and inhibition in episodic memory - Cognitive, emotional, and neural processes. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1047-1054.

- Benoit, R. G., & Anderson, M. C. (2012). Opposing mechanisms support the voluntary forgetting of unwanted memories. *Neuron*, 76(2), 450-460.
- Bjork, R. A. (1989). Retrieval inhibition as an adaptive mechanism in human memory. In H. L. Roediger & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 309-330). Hillsdale: Erlbaum.
- Bush, G., Vogt, B. A., Holmes, J., Dale, A. M., Greve, D., Jenike, M. A., & Rosen, B. R. (2002). Dorsal anterior cingulate cortex: A role in reward-based decision making. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(1), 523-528.
- Carpenter, S. K. (2009). Cue strength as a moderator of the testing effect: The benefits of elaborative retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35(6), 1563-1569.
- Carpenter, S. K. (2011). Semantic information activated during retrieval contributes to later retention: Support for the mediator effectiveness hypothesis of the testing effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(6), 1547-1552.
- Conway, M. A. (2005). Memory and the self. *Journal of Memory and Language*, 53(4), 594-628.
- Conway, M. A. (2009). Episodic memories. *Neuropsychologia*, 47(11), 2305-2313.
- Crowder, R. G. (1976). *Principles of learning and memory: Classic edition*. New York: Psychology Press.
- Depue, B. E., Curran, T., & Banich, M. T. (2007). Prefrontal regions orchestrate suppression of emotional memories via a two-phase process. *Science*, 317(5835), 215-219.
- Ebbinghaus, H. (1885). *Über das Gedächtnis*. Leipzig, Germany: K. Buehler.
- Estes, W. K. (1955). Statistical theory of spontaneous recovery and regression. *Psychological Review*, 62(3), 145-154.
- Euston, D. R., Tatsuno, M., & McNaughton, B. L. (2007). Fast-forward playback of recent memory sequences in prefrontal cortex during sleep. *Science*, 318(5853), 1147-1150.
- Gardiner, J. M., Ramponi, C., & Richardson-Klavehn, A. (1998). Experiences of remembering, knowing, and guessing. *Consciousness and Cognition*, 7(1), 1-26.
- Gardiner, J. M., & Richardson-Klavehn, A. (2000). Remembering and knowing. In E. Tulving (Ed.), *The Oxford handbook of memory* (pp. 229-244). Oxford: University Press.
- Hulbert, J. C., Shivde, G., & Anderson, M. C. (2012). Evidence against associative blocking as a cause of cue-independent retrieval-induced forgetting. *Experimental Psychology*, 59(1), 11-21.
- Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2013). Putting retrieval-induced forgetting in context: An inhibition-free, context-based account. *Psychological Review*, 120(4), 852-872.

- Karpicke, J. D. (2012). Retrieval-based learning active retrieval promotes meaningful learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21(3), 157-163.
- Karpicke, J. D., Lehman, M., & Aue, W. R. (2014). Retrieval-based learning: An episodic context account. In B. H. Ross (Ed.), *Psychology of learning and motivation*, Vol. 61 (pp. 237-284). San Diego: Elsevier Academic Press.
- Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, 319(5865), 966-968.
- Kuhl, B. A., Dudukovic, N. M., Kahn, I., & Wagner, A. D. (2007). Decreased demands on cognitive control reveal the neural processing benefits of forgetting. *Nature Neuroscience*, 10(7), 908-914.
- Lehman, M., Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2014). Toward an episodic context account of retrieval-based learning: Dissociating retrieval practice and elaboration. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40(6), 1787-1794.
- Lesh, T. A., Niendam, T. A., Minzenberg, M. J., & Carter, C. S. (2011). Cognitive control deficits in schizophrenia: Mechanisms and meaning. *Neuropsychopharmacology*, 36(1), 316-338.
- Levy, B. J., & Anderson, M. C. (2002). Inhibitory processes and the control of memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(7), 299-305.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- MacLeod, C. M. (2007). The concept of inhibition in cognition. In D. S. Gorfein & C. M. MacLeod (Eds.), *Inhibition in cognition* (pp. 3-23). Washington, DC: American Psychological Association.
- MacLeod, C. M. (2012). Directed forgetting. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (pp. 993-995). New York: Springer.
- MacLeod, M. D., & Macrae, C. N. (2001). Gone but not forgotten: The transient nature of retrieval-induced forgetting. *Psychological Science*, 12(2), 148-152.
- McGeoch, J. A. (1936). Studies in retroactive inhibition: VII. Retroactive inhibition as a function of the length and frequency of presentation of the interpolated lists. *Journal of Experimental Psychology*, 19(6), 674-693.
- McGeoch, J. A., & Irion, A. L. (1942). *The psychology of learning*. New York: McKay.
- Minzenberg, M. J., Laird, A. R., Thelen, S., Carter, C. S., & Glahn, D. C. (2009). Meta-analysis of 41 functional neuroimaging studies of executive function in schizophrenia. *Archives of General Psychiatry*, 66(8), 811-822.
- Niendam, T. A., Laird, A. R., Ray, K. L., Dean, Y. M., Glahn, D. C., & Carter, C. S. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 12(2), 241-268.

- Norman, K. A., Newman, E. L., & Detre, G. (2007). A neural network model of retrieval-induced forgetting. *Psychological Review*, 114(4), 887-953.
- Pastötter, B., Hanslmayr, S., & Bäuml, K. H. T. (2010). Conflict processing in the anterior cingulate cortex constrains response priming. *Neuroimage*, 50(4), 1599-1605.
- Raaijmakers, J. G., & Shiffrin, R. M. (1981). Search of associative memory. *Psychological Review*, 88(2), 93-134.
- Richardson-Klavehn, A., & Gardiner, J. M. (1996). Cross-modality priming in stem completion reflects conscious memory, but not voluntary memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(2), 238-244.
- Roediger, H. L. (1978). Recall as a self-limiting process. *Memory & Cognition*, 6(1), 54-63.
- Roediger, H. L., & Butler, A. C. (2011). The critical role of retrieval practice in long-term retention. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(1), 20-27.
- Roediger, H. L., & Guynn, M. J. (1996). Retrieval processes. In E. L. Bjork & R. A. Bjork (Eds.), *Human memory* (pp. 197-236). San Diego: Academic Press.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249-255.
- Rundus, D. (1973). Negative effects of using list items as recall cues. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 12(1), 43-50.
- Sahakyan, L., & Delaney, P. F. (2003). Can encoding differences explain the benefits of directed forgetting in the list method paradigm? *Journal of Memory and Language*, 48(1), 195-206.
- Sahakyan, L., & Hendricks, H. E. (2012). Context change and retrieval difficulty in the list-before-last paradigm. *Memory & Cognition*, 40(6), 844-860.
- Sahakyan, L., & Kelley, C. M. (2002). A contextual change account of the directed forgetting effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28(6), 1064-1072.
- Storm, B. C. (2011). Retrieval-induced forgetting and the resolution of competition. In A. Benjamin (Ed.), *Successful remembering and successful forgetting: A festschrift in honor of Robert A. Bjork* (pp. 89-105). London: Psychology Press.
- Storm, B. C., Bjork, E. L., Bjork, R. A., & Nestojko, J. F. (2006). Is retrieval success a necessary condition for retrieval-induced forgetting? *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(6), 1023-1027.
- Storm, B. C., & Nestojko, J. F. (2010). Successful inhibition, unsuccessful retrieval: Manipulating time and success during retrieval practice. *Memory*, 18(2), 99-114.
- Tulving, E. (1985). Memory and consciousness. *Canadian Psychology*, 26(1), 1-12.
- Verde, M. F., & Perfect, T. J. (2011). Retrieval-induced forgetting in recognition is absent under time pressure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(6), 1166-1171.

Watkins, M. J. (1975). Inhibition in recall with extralist "cues". *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(3), 294-303.

Wheeler, M., Ewers, M., & Buonanno, J. (2003). Different rates of forgetting following study versus test trials. *Memory*, 11(6), 571-580.

Wimber, M., Alink, A., Charest, I., Kriegeskorte, N., & Anderson, M. C. (2015). Retrieval induces adaptive forgetting of competing memories via cortical pattern suppression. *Nature Neuroscience*, 18(4), 582-589.

A DOKTORI MŰ ÁLTAL TÁRGYALT KÉRDÉSKÖRBE KÖZZÉTETT PUBLIKÁCIÓK

Demeter, G., Szendi, I., Juhász, M., Kovács, Z. A., Boncz, I., Keresztes, A., Pajkossy, P., & **Racsmány, M.** (2016). Hypnosis attenuates executive cost of prospective memory. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 64, 200-212.

Racsmány, M., & Keresztes, A. (2015). Initial retrieval shields against retrieval-induced forgetting. *Frontiers in Psychology*, 6: 657.

Szőllősi, Á., Pajkossy, P., & **Racsmány, M.** (2015). Depressive symptoms are associated with the phenomenal characteristics of imagined positive and negative future events. *Applied Cognitive Psychology*, 29, 762-767.

Szőllősi, Á., Keresztes, A., Conway, M., & **Racsmány, M.** (2015). A diary after dinner: How the time of event recording influences later accessibility of diary events. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 68, 2119-2124.

Pajkossy, P., Simor, P., Szendi, I., & **Racsmány, M.** (2015). Hungarian validation of the Penn State Worry Questionnaire (PSWQ): Comparing latent models with one or two method factors using both paper-pencil and online versions of the PSWQ. *European Journal of Psychological Assessment*, 31, 159-165.

Keresztes, A., Kaiser, D., Kovács, G., & **Racsmány, M.** (2014). Testing promotes long-term learning via stabilizing activation patterns in a large network of brain areas. *Cerebral Cortex* (Epub ahead of print).

Harsányi, A., Csigó, K., Rajkai, C., Demeter, G., Pajkossy, P., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2014). The probability of association between response inhibition and compulsive symptoms of obsessive-compulsive disorder: Response to Abramovitch and Abramowitz. *Psychiatry Research*, 217, 255-256.

Demeter, G., Keresztes, A., Harsányi, A., Csigó, K., & **Racsmány, M.** (2014). Obsessed not to forget: Lack of retrieval-induced suppression effect in obsessive compulsive disorder. *Psychiatry Research*, 218, 153-160.

Harsányi, A., Rajkai, C., Harsányi, K., Demeter, G., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2014). Two types of inhibition impairments in OCD: Obsessions, as a problem of thought suppression; compulsions, as behavioral-executive impairment. *Psychiatry Research*, 215, 651-658.

Keresztes, A., & **Racsmány, M.** (2013). Interference resolution in retrieval-induced forgetting: Behavioral evidence for a nonmonotonic relationship between interference and forgetting. *Memory and Cognition*, 41, 511-518.

Racsmány, M., Conway, M. A., Keresztes, A., & Krajcsi, A. (2012). Inhibition and interference in the think/no-think task. *Memory and Cognition*, 40, 168-176.

- Racsmány, M.**, Keresztes, A., Pajkossy, P., & Demeter, G. (2012). Mirroring intentional forgetting in a shared-goal learning situation. *PLoS ONE*, 7(1), e29992.
- Racsmány, M.**, Demeter, G., Csigó, K., Harsányi, A., & Németh, A. (2011). An experimental study of prospective memory in obsessive-compulsive disorder. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33, 85-91.
- Csigó, K., Döme, L., Harsányi, A., Demeter, G., & **Racsmány, M.** (2010). Deep brain stimulation for treatment refractory obsessive-compulsive disorder - a case report. *Clinical Neuroscience*, 63, 137-143.
- Csigó, K., Harsányi, A., Demeter, G., Harkai, C., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2010). Long-term follow-up of patients with Obsessive-Compulsive Disorder treated by anterior capsulotomy: A neuropsychological study. *Journal of Affective Disorders*, 126, 198-205.
- Racsmány, M.**, Conway, M. A., & Demeter, G. (2010). Consolidation of episodic memories during sleep: Long-term effects of retrieval practice. *Psychological Science*, 21, 80-85.
- Harsányi, A., Csigó, K., Demeter, G., Rajkai, C., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2009). A Dimenzionális Yale-Brown Obszesszív-Kompulzív Teszt (DY-BOCS) magyar fordítása és a teszttel szerzett első tapasztalataink. *Psychiatria Hungarica*, 24, 18-60
- Racsmány, M.** (2009). Modern neuropszichológiai vizsgálómódszerek a klinikumban: Az emlékezet és a kontrollált viselkedés zavarai és diagnosztikája. *Orvosképzés*, 84, 148-150.
- Kovács, G., & **Racsmány, M.** (2008). Handling L2 input in phonological STM: The effect of non-L1 phonetic segments and non-L1 phonotactics on nonword repetition. *Language Learning*, 58, 597-624.
- Racsmány, M.**, Conway, M. A., Garab, E. A., & Nagymáté, G. (2008). Memory awareness following episodic inhibition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 525-534.
- Racsmány, M.**, Conway, M. A., Garab, E. A., Cimmer, C., Janka, Z., Kurimay, T., Pléh, C., & Szendi, I. (2008). Disrupted memory inhibition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 101, 218-224.
- Csigó, K., Harsányi, A., Demeter, G., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2008). Terápiarezisztens kényszerbetegség műtéti kezelése. *Psychiatria Hungarica*, 23, 94-108.
- Demeter, G., Csigó, K., Harsányi, A., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2008). A végrehajtó funkciók sérülése obszesszív-kompulzív zavarban. *Psychiatria Hungarica*, 23, 85-93.
- Demeter, G., & **Racsmány, M.** (2008). Kontrollált emlékezeti előhívás és a frontális lebeny sérülése. *Pedagógusképzés*, 1-2, 55-68.
- Kállai, J., Bende, I., Karádi, K., & **Racsmány, M.** (Eds.), *Bevezetés a neuropszichológiába*. Budapest: Medicina Könyvkiadó, 2008.
- Racsmány, M.** (2008). Amnézia. In J. Kállai, I. Bende, K. Karádi, & M. Racsmány (Eds.), *Bevezetés a neuropszichológiába* (pp. 249-287). Budapest: Medicina Könyvkiadó.
- Racsmány, M.**, Lukács, A., & Pléh, C. (2008). Támpont és útvonal, téri emlékezet Williams-szindrómában. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 63, 87-102.
- Harsányi, A., Csigó, K., Demeter, G., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2007). Dimenzionalitás és neurokognitív eltérések OCD-ben. *Psychiatria Hungarica*, 22, 366-378.
- Lukács, Á., Pléh, C., & **Racsmány, M.** (2007). Megismerés és nyelv: A téri kifejezések vizsgálatának új lehetőségei. In M. Racsmány (Ed.), *A fejlődés zavarai és vizsgálómódszerei* (pp. 84-105). Budapest: Akadémiai Kiadó.

Demeter, G., Csigó, K., Harsányi, A., Németh, A., & Racsmány, M. (2007). Impaired executive functions in obsessive compulsive disorder (OCD). *Psychiatria Hungarica*, 23, 85-93.

Racsmány, M. (Ed.), *A fejlődés zavarai és vizsgálómódszerei*. Budapest: Akadémiai Kiadó.

Racsmány, M. (2007). Emlékezeti illúziók és kóros tévedések. In I. Czigler & A. Oláh (Eds.), *Találkozás a pszichológiával* (pp. 135-149). Budapest: Osiris Kiadó.

Racsmány, M. (2007). Az "elsődleges emlékezet" - a rövid távú emlékezés és a munkamemória elméletei. In V. Csépe, M. Győri, & A. Ragó (Eds.), *Általános pszichológia 2.: Tanulás, emlékezés, tudás* (pp. 177-208). Budapest: Osiris Kiadó.

Racsmány, M. (2007). Kódolás és előhívás az emberi emlékezetben. In V. Csépe, M. Győri, & A. Ragó (Eds.), *Általános pszichológia 2.: Tanulás, emlékezés, tudás* (pp. 159-176). Budapest: Osiris Kiadó.

Harsányi, A., Csigó, K., Demeter, G., Németh, A., & **Racsmány, M.** (2007). A kényszerbetegség új megközelítési lehetőségei: A dopaminerg teóriák. *Psychiatria Hungarica*, 22, 248-258.

Racsmány, M., & Conway, M. A. (2006). Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 32, 44-57.

Kovács, G., & **Racsmány, M.** (2006). Munkamemória es idegennyelv-elsajátítás: Az idegen beszédhangok hatása a verbális rövid távú emlékezetre. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 61, 399-431.

Racsmány, M. (2006a). Elvesztett emlékek. In I. Kovács & V. Z. Szamarasz (Eds.), *Látás, nyelv, emlékezet* (pp. 161-166). Budapest: Typotex Kiadó.

Racsmány, M. (2006b). Átmeneti emlékezés. In I. Kovács & V. Z. Szamarasz (Eds.), *Látás, nyelv, emlékezet* (pp. 149-160). Budapest: Typotex Kiadó.

Racsmány, M. (2006c). Interferáló emlékek. In I. Kovács & V. Z. Szamarasz (Eds.), *Látás, nyelv, emlékezet* (pp. 137-147). Budapest: Typotex Kiadó.

Racsmány, M. (Ed.), *Neuropszichológiai diagnosztikai módszerek*. Budapest: Akadémiai Könyvkiadó, 2006.

Racsmány, M., Lukács, Á., Németh, D., & Pléh, C. (2005). A verbális munkamemória magyar nyelvű vizsgálóeljárásai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 60, 479-506.