

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Végrehajtórendszer és emlékezeti előhívás

Habilitációs tézisek

Racsmány Mihály

Budapest
2008

1. Rövid áttekintés és kutatási program

Napjaink emlékezetkutatásának egyik központi kérdése, hogy a viselkedésszervezés kontroll folyamatai milyen szerepet játszanak az összetett emlékezeti események keresésében és előhívásában. Az epizodikus emlékezeti reprezentációk mozgósítása ritkán megy végbe automatikus módon, vagyis pusztán a külső hívóingerek által aktivizálva. Az önindított emlékezeti keresés folyamatában a hívóingerek generálása, a részlegesen előállított kontextuális információ ellenőrzése és a keresési stratégiának az előhívás céljaihoz történő hozzáigazítása a végrehajtórendszer kontrollját igényeli. Az átmeneti információ fenntartás és az emlékezeti előhívás legátfogóbb pszichológiai koncepcióját a több-komponensű munkamemória modell (Baddeley, 1986) jelentette az elmúlt évtizedekben. E modell szerint az információk átmeneti fenntartása, frissítése, a hosszú távú információk mozgósítása és ezek összekapcsolása az aktív célokkal egy többkomponensű, korlátozott kapacitású rendszerben megy végbe (Baddeley, 1986; 2000). Baddeley és Hitch (1974) eredeti koncepciója szerint a munkamemória egy olyan limitált kapacitású munkaterület, ahol a kapacitás eloszlik a tárolás és a kontroll folyamatok között, s ezt a forráseloszlást irányítaná a központi végrehajtó. Baddeley (1986) később módosította a modellt, és a központi végrehajtó elsődleges szerepét az alrendszerek összehangolásában, koordinálásában, valamint a sematikus, túltanult válaszok gátlásában jelölte meg, amely megközelítés nagymértékben megfelelt a kontrollált figyelmi folyamatokkal kapcsolatos, Norman és Shallice (1986) által leírt modellnek (Baddeley, 1986). A végrehajtórendszer koncepcióját eredetileg a célirányos viselkedés magyarázatára hozták létre Norman és Shallice (1986), akik feltételezték, hogy a nem-rutinszerű viselkedéses programok irányítását egy magasabb szintű figyelmi rendszer végzi. Tehát, ellentétben a mesterséges intelligencia irodalomban népszerű egységes produkciós rendszerekkel, a végrehajtó rendszer modell a nem-rutinszerű viselkedés irányítását kiemeli a sémák aktivációs-szintjén alapuló versengési környezetből, és egy stratégiai, többkomponensű ellenőrző figyelmi rendszert ír le a flexibilis viselkedésszervezés irányítására (lásd Shallice & Burgess, 1998). Ezt a modellt támogatják a prefrontális kérgi sérülés következményeit elemző újabb neuropszichológiai és idegtudományi eredmények (Shallice, 2004). A prefrontális kéreg sérülésének vezető tünetei a viselkedési rigiditás, az elterelhetőség, a perszeveráció, a flexibilis tervezés és kivitelezés zavarai, és az új helyzetekkel való megküzdés terén jelentkező problémák terminusaiban ragadhatóak meg (lásd Shallice & Burgess, 1998). Hogyan kapcsolódik mindez az epizodikus előhívási folyamatokhoz? Shimamura (2000) mutat rá „dinamikus szűrő modelljében”, hogy a specifikus epizodikus információk előhívása, a megfelelő kontextus megteremtése és az előhívott emlékek szemantikai ellenőrzése a végrehajtórendszer ugyanazon komponenseit involválják, mint amelyek a célirányos viselkedés kivitelezésében is aktívak. Az epizodikus információk keresésénél a főbb komponensek a *szelekció* folyamata, amely a releváns perceptuális jegyekre történő fókuszálást jelenti, a fenntartás, amely a kiválasztott információ rövid távú emlékezeti frissítését jelenti, és a váltás, amely egy adott inger-válasz útvonalról történő leválást jelent.

Ebben az elméleti keretben kutatási programom a doktori disszertációm védését követő elmúlt öt évben elsősorban két nagyobb kérdésre koncentrált:

1) Megérteni, hogy a végrehajtó folyamatok milyen szerepet játszanak az aktivált állapotban lévő, de az előhívás céljai szempontjából irreleváns emlékek kiszorításában.

2) Feltárni, hogy a viselkedés szervezés organizációja szempontjából súlyos zavart mutató csoport, a szkizofréniával diagnosztizált betegek milyen deficitmintázatot mutatnak a munkamemória és a kontrollált emlékezeti előhívást igényelő feladatokban.

2. Tézisek.

2.1. Gátlás és végrehajtórendszer

A jelenleg domináns nézet szerint az emlékezeti 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-émlék asszociációtól, a célemléket semmilyen más hívóinger segítségével sem lehet felidézni, mivel az magát a célmintázatot érinti. A közelmúltban azonban Racsmány és Conway (2) előálltak egy olyan elképzeléssel, amely az emlékezeti gátlással kapcsolatos elképzeléseket igyekszik összhangba hozni az epizodikus előhívás modern elméleteivel. Racsmány és Conway „epizodikus gátlásnak” nevezik elméletüket (1, 2), amely feltételezi, hogy minden egyes epizodikus emléknél van egy olyan aktivációs/gátlási mintázata az epizodikus tartalmaknak, amely befolyásolja az emlékek jegyeinek 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 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. Az epizodikus gátlási hipotézis a következő predikciókat adja.

2.1.1. Egy adott emlékezeti egység egyszerre van aktivált és gátolt állapotban függően a szemantikus vagy epizodikus hívóinger természetétől.

Ez epizodikus gátlási hipotézisünk egyik központi gondolata. Az emlékezeti gátlás - a mi felfogásunkban - egy hozzáférési zavar, amely csak az epizodikus reprezentációk elérésénél jelentkezik. A gátlás egy korábbi kódolási körülmény 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 az ismételt emlékezeti mozgósítás következtében.

Racsmány és Conway (2) kísérletsorozatukban kimutatták, hogy amennyiben irányított felejtési kísérletben, vagy szelektív gyakorlási helyzetben – ezek az emlékezeti gátlással kapcsolatos legelterjedtebb kísérleti paradigmák - olyan feladatot adunk a kísérleti személyeknek, például lexikális döntési feladatot, amely során nem hívják elő a tanulási epizódot, akkor nem jelentkezik a gátló hatás (vagyis az elfelejtendő elemekkel kapcsolatos lassabb reakcióidő és rosszabb találat). Meglepő módon priming, vagyis aktiváció mutatható ki az epizodikusan gátolt elemeknél. Ennek azonban nem a gátlás kioldása a magyarázata, ugyanis ha ezt követően egy újabb explicit felidézést kérünk a kísérleti személyektől, az eredeti epizodikus hívóingerek segítségével, akkor ismét megjelenik a gátlási hatás. Vagyis az elemek egyszerre vannak gátolt és aktivált állapotban.

2.1.2. Az epizodikus hívóingerek nélkül nem jelenik meg gátló hatás.

Ez a tézis, az előző következménye. Emlékezeti gátlást csakis a gátlás kiépítésekor jelenlévő epizodikus hívóingerek segítségével lehet kiváltani. Mindez ellentétes a jelenleg domináns elképzelésekkel, amelyek szerint a gátlási hatások függetlenek az alkalmazott hívóingerektől, mivel közvetlenül a célemlékek aktivációs szintjét érintik. Racsmány és Conway (2) 5. és 6. kísérlet) kimutatták, hogy ugyanazok a célemlékek gátlási hatást produkálnak, amennyiben a tanuláshoz és újrakódolásnál elérhető epizodikus hívóingerek segítik az elérésüket, viszont eltűnik a gátlás, amennyiben szemantikailag megfelelő, de epizodikusan nem kódolt hívóingerek irányítják a célemlékek elérését.

2.1.3. Az emlékezeti reprezentációkon kialakuló gátlás hosszú távú hatású.

Elméletünk segítségével megmagyarázhatónak tűnnek a hosszú távú, patológiás 'mnesztikus blokk' jelenségek. A domináns gátlási elméletek nem képesek megmagyarázni, hogyan maradhat fenn a gátlás hónapokon keresztül. Elképzelésünk szerint az epizodikus reprezentációk elérésével újraaktiválódik a figyelmi gátlási/aktivitási mintázat. Így a blokkolt emlékek tartalma aktív, befolyásolja a személy perceptuális és döntési folyamatit, ugyanakkor elérhetetlenek maradnak az epizodikus keresési folyamatok számára. Emlékezeti gátlást kiváltó paradigmák segítségével sikerült hosszú távú gátlóhatás kimutatnunk egészséges, fiatal személyeken (2; Racsmány és munkatársai, 2007)

2.1.4. A gátlás csak olyan elemeken jelenik meg, amelyek epizodikus emlékezeti élményt váltanak ki.

Elemeztük az explicit/implicit emlékezeti folyamatok hatását az egyes gátló paradigmákra a szakirodalomban legismertebb folyamat-disszociációs eljárások segítségével. Eredményeink szerint az intencionálisan elindított gátlás elsősorban a „rekollektív élménnyel” jellemezhető epizodikus előhívást érinti, míg a szelektív gyakorlás következtében kialakuló gátlás elsősorban az automatikusan aktiválódó emléknymokra gyakorol hatást (1).

2.1.5. Az aktivitási/gátlási mintázatot a tanulási/vagy előhívási versengés határozza meg.

A gátlás csak olyan kódolási, vagy újrakódolási helyzetben jelenik meg, ahol a hatékony emlékezeti teljesítmény érdekében bizonyos információkat ki kell szorítani a figyelem fókuszából. Vagyis a gátlás célja az interferencia feloldása. Korábban ezt a tézis számos kísérlettel igazoltuk (Conway et al., 2000), újabban sikerült kimutatnunk, hogy egy emlékezeti szett, például egy kategória, részleges aktiválása csak akkor vezet az aktuálisan elő nem hívott elemek gátlásához, ha azok interferálnak az előhívás céljaival (2)

2.2. Szkizofrénia kutatás: végrehajtórendszer deficit és patológia

Jóllehet a kognitív funkciók széles köre sérül szkizofréniában, az elmúlt évtizedben végzett kognitív neuropszichiátriai kutatásokban a szkizofrén betegek munkamemória komponenseinek vizsgálata volt az egyik leginkább kiemelt terület. Számos vizsgálat jutott arra az eredményre, hogy szkizofréniában a munkamemória valamennyi komponense károsodik és a károsodás összefüggésben áll a pozitív és negatív tünetek intenzitásával (lásd Keefe, 2000). Napjaink kutatásai Baddeley munkamemória modelljéből kiindulva az egyes komponensek disszociatív sérüléseit próbálják kimutatni, valamint azt, hogy ezek hogyan függenek össze a klinikai tünetek megjelenési mintázatával. Vizsgálataink elsődleges célja a munkamemória rendszer független, de interaktív komponenseiben megállapítható deficitmintázat leírása szkizofréniával élő személyeknél. Az elmúlt évtizedben

számos kutatás hívta fel a figyelmet arra, hogy a munkamemória rendszer sérülési mintázata fontos „markere” és egyben lényeges kognitív háttéraktora lehet a szkizofrén tüneti spektrumnak. A végrehajtórendszer deficitjét kimutató vizsgálatok olyan neuropszichológiai diagnosztikai eszközöket használnak, amelyek nem alkalmasak a kognitív idegtudomány által kínált komplex modellek alkalmazására a szkizofrénia spektrum kognitív háttérmechanizmusainak vizsgálatában. A végrehajtórendszer egyik legnépszerűbb modellje három interaktív komponenst azonosít a komplex, célirányos viselkedésszervezés háttérében, amelyek a „váltás”, a „gátlás” és a „frissítés” néven ismertek a szakirodalomban Miyake és mtsai., 2000). Ebben az elméleti keretben szeretnénk elemezni a standard vizsgálóeljárásokból származó eredményeinket. Az utóbbi időben egyre több vizsgálat foglalkozik a munkamemória sérülése és a szkizofréniaiban megjelenő pozitív és negatív tünetek összefüggésével (Addington, 2000). Carter és munkatársai például erős összefüggést találtak a negatív szimptomákat felmérő skála (SANS - Scale for the Assessment of Negative Symptoms) mutatói és a téri munkamemória működése között (Carter et al., 1996). A szkizofrénia pozitív tünetei (gondolatbetolakodás, befolyásoltatás, irányítottság, hallucinációk) és a téri munkamemória valamint a végrehajtó funkciók összefüggését is több vizsgálat kimutatta (Carter et al., 1996). Kutatásaink során tehát a betegcsoportot érintő végrehajtó rendszer diszfunkciót igyekszünk azonosítani és a tüneti mintázatokhoz kapcsolni. Legfontosabb eredményeink:

2.2.1. Szkizofrénia és gátlási zavarok

A két legelterjedtebb gátlóparadigmákat (irányított felejtés, szelektív gyakorlási eljárás) alkalmaztuk szkizofréniaival diagnosztizált betegcsoport és illesztett kontroll személyek vizsgálatára. Eredményeink szerint a szkizofrén betegcsoport súlyos gátlási deficitet produkált az intencionális gátlási helyzetben. Ennél a feladatnál a személynek akaratlagon kell elindítania az emlékezeti reprezentációk gátlását, a folyamat korábbi vizsgálati eredmények szerint a végrehajtórendszer kontrollja alatt áll, és függ a prefrontális kéreg intakt működésétől. Ezzel szemben a szkizofrén betegcsoport a kontroll személyekkel összevethető színvonalon produkált gátlást az automatikus, szelektív gyakorlási paradigmában. Ez a gátlási hatás úgy tűnik nem áll a végrehajtórendszer kontrollja alatt és nem szükséges hozzá az intencionális gátlás-indítás (3).

2.2.2. Munkamemória teljesítmény szkizofréniaiban

Első vizsgálatainkban jelentős csökkent munkamemória teljesítményt találtunk szkizofrén betegeknek a verbális munkamemória, a tervezés, és a stratégia-váltás végrehajtó funkcióiban, azonban nem találtunk csökkenést a téri-vizuális munkamemória funkciókban (5). Későbbi vizsgálatainkban a vizsgálatba bevont szkizofrén betegcsoport nagyfokú heterogenitást mutatott a munkamemória működését tükröző neuropszichológiai tesztek mutatóiban. Ezen adatok alapján fogalmaztuk meg hipotézisünket, amely szerint funcionális szempontból két nagy alcsoportja létezik a szkizofrén betegeknek (lásd 2.2.3 pontot).

2.2.3. Munkamemória működés és idegrendszeri adatok korrelációja

Kutatócsoportunk szkizofrén betegek és korban, intelligenciában illesztett kontroll személyek központi idegrendszerének – a munkamemória rendszer szempontjából kitüntetett szerepet játszó területekre koncentrált - volumetriás összehasonlítását végezte el MRI (Mágneses rezonancia vizsgálat) segítségével. Legfontosabb eredményünk, hogy nem találtunk általános térfogat eltérést a két csoport idegrendszerében, azonban a gyrus rectus területén – amely a frontális végrehajtórendszer egyik kitüntetett központjaként ismert – dominancia megfordulást tapasztaltunk (4). Az egészséges személyeknél tapasztalt bal féltekei dominanciájától eltérően a

betegcsoportnál a jobb féltekei prefrontális kéreg dominanciája jellemezte, amely e terület diszfunkcionális működésére utal. A téri munkamemória teljesítmény jelentősen korrelált a jobb hippokampusz térfogatával és a szkizofréniában jelentkező negatív tünetek súlyosságával, míg a gyrus rectus térfogata erősen együtt járt anhedónia mértékével (4).

2.2.4. Munkamemória és tüneti heterogenitás: két alcsoport

További vizsgálatainkban a munkamemória rendszer részletes, kiterjed vizsgálatából származó adatokat összevontuk a klinikai tünetek és neurológiai zavarokat megjelenítő adatokkal, majd az adatbázison klaszterelemzést végeztünk. Eredményeink szerint két nagyobb alcsoport „Z” és „S” klaszterek emelkednek ki. Az „S” csoportba tartozó személyek kedvezőtlenebb prognózisú betegek, a neuropszichológiai tesztek alapján bilaterális frontális diszfunkcióval jellemezhető betegek. A „Z” csoport tagjai túlnyomó részben bal frontális zavart mutató, kedvezőbb prognózisú betegek. A munkamemória feladatok alapján egyértelműnek tűnik, hogy a „Z” csoportba sorolt betegek a gyenge, normális övezetbe tartozó teljesítményt produkálnak, míg az „S” csoport tagjai súlyos munkamemória deficitet mutatnak (5). Eredményeink alapján egyértelműnek tűnik, hogy a munkamemória funkciókban mutatott károsodási mintázat alkalmas a betegcsoporton belüli fenotípus alcsoportok azonosítására.

3. Összefoglalás

Az előhívási folyamatokban a végrehajtórendszer több független komponense vesz részt, amelyek modulálják, néha torzítják az epizodikus emlékek megjelenési formáját. A stratégia-generáló, monitorozó, fenntartó és gátlási folyamatok az epizodikus előhívás más és más szakaszaiban lépnek be az előhívási folyamatokba és lépnek interakcióba az epizodikus reprezentáció eltérő szerveződési szintjeivel. Kutatásaink legfontosabb eredményeként sikerült megállapítani az emlékezeti előhívás során kialakuló, a végrehajtórendszer által kontrollált gátlófolyamatok néhány lényeges jellemzőjét. A kísérleti eredmények rámutatnak arra, hogy az intencionálisan elindított előhívási gátlás csak a „rekollektív” tudatossággal jellemezhető epizodikus emlékezeti rendszert érintik. Ezzel szemben a szelektív megerősítés következtében kialakuló gátlófolyamatok elsősorban az úgy nevezett „noetikus” tudatossággal jellemezhető szemantikai rendszerre gyakorolnak hatást. A másik jelentős különbség a kétféle gátlómechanizmus között, hogy míg az intencionális gátlás a végrehajtórendszer kontrolljától függ, addig a szelektív gyakorlás következtében kialakuló gátlás független a munkamemória rendszertől. E kettősségre utalnak a szkizofrén személyekkel végzett kutatásaink is. A szkizofréniával diagnosztizált betegek súlyos károsodást mutatnak a végrehajtórendszer által kontrollált emlékezeti gátlás területén, míg az automatikus gátlási funkcióik relatíve épen maradnak. A végrehajtórendszer egyes komponenseiben megfigyelhető deficitmintázatok szorosan összefüggenek az emlékezeti előhívási folyamatok működésével és a szkizofréniában megfigyelhető viselkedési és gondolkodási zavarokkal.

A tézisek alapját jelentő publikációk:

1. Racsmány, M., Conway, M.A., Garab, E.A., & Nagymáté, G. (2008) Memory awareness following episodic inhibition, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 525-534.
2. Racsmány, M., & Conway, M.A. (2006) Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 32, 44-57.
3. Racsmány, M., Conway, M.A., Garab, E.A., Cimmer, Cs., Janka, Z., Kurimay, T., Pléh, Cs., and Szendi, I. (2008) Disrupted memory inhibition in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 101, 218-224.
4. Szendi, I., Kiss, M., Racsmány, M., Vörös, E., Cimmer, Cs., Kovács, Z.A., Szekeres, Gy. Galsi, G., Boda, K., Pléh, Cs., Csernay, L., Janka, Z. (2006) Correlations between clinical symptoms, working memory functions and structural brain abnormalities in men with schizophrenia. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 147, 47-55.
5. Szendi, I., Cimmer, C., Csifcsak, G., Szekeres, G., Kovacs, A. Z., Galsi, G., Racsmány, M., Boda, K., Janka, Z. (2006) Subgroups within schizophrenia differentiated by clinical and neurocognitive parameters. *European Neuropsychopharmacology*, 16: S374-S375 Suppl. 4.

Irodalom

- Addington, J. (2000) Cognitive functioning and negative symptoms in schizophrenia. In. Sharma, T., Harvey, P. (eds.) *Cognition in schizophrenia: Impairments, importance and treatment strategies*. Oxford University Press, Oxford.
- Anderson, M.C., & Green, C. (2001) Suppressing unwanted memories by executive control. *Nature*, 410, 366-369.
- Anderson, M.C., & Spellman, B.A. (1995) On the status of inhibitory mechanisms in cognition: memory retrieval as a model case. *Psychological Review*, 102: 68-100.
- Baddeley, A. D. 1986. *Working Memory*. Clarendon Press, Oxford.
- Baddeley, A. D. -- Hitch, G. J. 1974. Working Memory. In: Bower, G. (Eds.) *Recent Advances in Learning and Motivation* Vol. VIII. Academic Press, New York, 47-90.
- Carter, C., Robertson, L., Nordahl, T., Chaderijan, M., Kraft, L., O'Shara-Celaya, L. (1996) Spatial working memory deficits and their relationship to negative symptoms in unmedicated schizophrenia patients. *Biological Psychiatry*, 40, 930-932.
- Conway, M.A., Harries, K., Noyes, J., Racsmány, M., Frankish, C.R. (2000) The disruption and dissolution of directed forgetting: Inhibitory control of memory. *Memory and Language*. 43, 409-430.
- Keefe, R.S.E. (2000) Working memory dysfunction in schizophrenia. In. Sharma, T., Harvey, P. (eds.) *Cognition in schizophrenia: Impairments, importance and treatment strategies*. Oxford University Press, Oxford.
- MacLeod, C.M. (2007) The concept of inhibition in cognition. In. Gorfein, D.S., & MacLeod, C.M. (Eds.) *Inhibition in cognition*. APA, Washington DC., 3-25.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H. & Howerter, A. (2000) The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology* 41, 49–100.
- Norman, D.A., & Shallice, T. 1986. Attention to action: willed and automatic control of behavior. In. Davidson, R.J. -- Schwartz, G.E. -- Shapiro, D. (Eds.) *Consciousness and self-regulation*, New York, Plenum Press, 1-18.
- Racsmány, M., Conway, M.A., Demeter, G. (2007) Long-term episodic inhibition and sleep. Proceedings of the 48th Annual Meeting of the Psychonomic Society.
- Shallice, T. (2004) The fractionation of supervisory control. In. Gazzaniga, M. (Ed.) *The cognitive neurosciences III*. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 943-956.
- Shallice, T., & Burgess, P. W. (1998) The domain of supervisory processes and the temporal organization of behaviour. In. Roberts, A.C., Robbins, T.W., & Weiskrantz, L. (Eds.) *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions*. Oxford. Oxford University Press. 22-36.
- Shimamura, A.P. (2000) The role of the prefrontal cortex in dynamic filtering. *Psychobiology*, 28, 207-218.

Tudományometriai adatok, statisztikák

Közlemények megoszlása (dbmegjelent)	Magyarnyelvű	Idegennyelvű (Hazai folyóirat)	Idegennyelvű (külföldi folyóirat)	Összes
folyóiratcikk	16	3	12	31
könyv	7	0	0	7
könyvfejezet	22	0	1	23
Konferencia-kiadvány	17	5	24	46
egyéb	0	0	0	0
Összes	62	8	37	107