

KUTATÁSI ZÁRÓJELENTÉS

OTKA K124098

Vezető kutató: Racsmány Mihály

2017.11.01. – 2022.10.31.

A kutatási program a kutatási terveknek megfelelően alakult.

1, A tesztelési hatás és a válaszok automatizációja

Viselkedéses, valamint idegtudományi (pupillometriás, elektrofiziológiai és agyi stimulációs) eredményeink arra mutattak rá, hogy az egymást követő, ismételt teszt körökben a tanult információ előhívása automatikussá válik, hasonlóan a készségek elsajátításához. Eredményeink szerint ennek köszönhető, hogy az előhívás-alapú gyakorlás az egyik leghatékonyabb hosszútávú tanulási technika.

a, Viselkedéses eredmények

Viselkedéses eredményeink (például reakcióidő adatok elemzése) rávilágított, hogy ismételt előhívási (teszt) körökben a helyes válaszhoz való hozzáférés egyre könnyebb, erőfeszítésmentes, automatikus. A tesztelés hosszútávú eredményessége azonban függ a kezdeti tanulás mennyiségétől: amennyiben a kezdeti tanulás nem ér el egy ún. kritériumszintet, hosszútávon az előhívás haszna az újratanulással szemben nem mindig jelenik meg. Továbbá, az előhívási körök változást okoznak magán az emlékezeti reprezentáción: ismételt előhívást követően egyedi, megkülönböztethető, diszkriminálható emlékezeti reprezentációk jönnek létre. Végül, az előhívás sikertelenségének egy formája (intencionális felejtés) függ az interferencia-hatások megjelenésétől.

Könyvfejezet és folyóirat közlemények

Racsmány, M., & Szöllősi, Á. (2021). Memory skill: The proceduralization of declarative memory through retrieval practice. In: Gervain J., Csibra G., & Kovács K. (Eds.), A life in cognition. Language, cognition, and mind, vol. 11 (pp. 351-367). Springer, Cham. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-66175-5_25

Bencze, D., Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2021). Learning to distinguish: Shared perceptual features and discrimination practice tune behavioural pattern separation. *Memory*, 29, 605-621. <http://dx.doi.org/10.1080/09658211.2021.1924788>

Racsmány, M., Szöllősi, Á., & Marián, M. (2020). Reversing the testing effect by feedback is a matter of performance criterion at practice. *Memory and Cognition*, 48, 1161-1170. <http://dx.doi.org/10.3758/s13421-020-01041-5>

Racsmány, M., Demeter, G., & Szöllősi, Á. (2019). Successful list-method directed forgetting without retroactive interference of post-instruction learning. *Memory*, 27, 224-230. <http://dx.doi.org/10.1080/09658211.2018.1499936>

Konferenciák, előadások

Racsmány, M. (2021). Teszt és kvíz: A leghatékonyabb tanulási módszerek és hatásmechanizmusaik. Szakmai előadás, OTDK, Nyíregyháza, online.

Racsmány, M. (2021). A teszt, mint a legerősebb hosszútávú tudásépítő eszköz és az egyéni kognitív képességek mérése. Másoknak másképp regionális konferencia, Szombathely, meghívott előadó.

Bencze, D., Szöllősi, Á., Németh, K., & Racsmány, M. (2019). Testing in the form of forced-choice recognition decreases false memory on morphed faces. Annual Meeting of the Psychonomic Society. Montreal, Canada. (Poster presentation)

b, Pupillometriával szerzett eredmények

Kutatási eredményeink szerint ismételt előhívási körök során az eseményhez kötött pupillaválasz folyamatosan csökken. Ebből arra következtethetünk, hogy a helyes válasz produkciójához a tesztkörökben egyre kisebb mentális terhelés szükséges, tehát a kontroll rendszer igénybevétele csökken.

Folyóirat közlemény

Pajkossy, P., Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2019). Retrieval practice decreases processing load of recall: Evidence revealed by pupillometry. *International Journal of Psychophysiology*, 143, 88-95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2019.07.002>

c, Elektrofiziológiai eredmények

Eseményhez kötött kiváltott válasz eredményeink arra mutattak rá, hogy az epizodikus emlékezeti válaszhoz köthető monitorozási folyamatok egyre kevésbé szükségesek ismételt előhívás során. Továbbá, az ismételt előhívás automatikus, erőfeszítés nélküli hozzáférést biztosít egy tanulási esemény specifikus, kontextuális részleteihez.

Folyóirat közlemény

Bencze, D., Szöllősi, Á., Németh, K., & Racsmány, M. (2022). An event-related potential study of the testing effect: Electrophysiological evidence for context-dependent processes changing throughout repeated practice. *Biological Psychology*, 171, 108341. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2022.108341>

Konferenciák

Bencze, D., Markója, Á., Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2018). Az epizodikus felidézés és az emlékezeti konszolidáció interakciójának vizsgálata. Magyar Tudomány Ünnepe. Magyar Tudományos Akadémia, Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet. Budapest. (Poszter)

Marián, M., Bencze, D., Szöllősi, Á., Simor, P., & Racsmány, M. (2019). Functional changes in resting state EEG activity following testing or repeated studying of learned material. Conference on cognitive neuroscience of memory: Recollection, familiarity and novelty detection. Liege, Belgium.

d, Non-invazív agyi stimuláció

Ismételt előhívási körök során a kontroll (vagy végrehajtó) rendszer terhelése csökken, ahogyan azt viselkedéses, elektrofiziológiai és pupillometriás eredményeink is alátámasztották (ld. fentebb). Két további kísérlet keretében azonban fenntartottuk egy, a végrehajtó rendszer működése szempontjából kitüntetett szereppel bíró terület (bal oldali dorzolaterális prefrontális kéreg) aktivitását anodális (serkentő) transzkraniális egyenáram ingerléssel. Amennyiben a kontroll rendszer igénybevétele nem csökkent a gyakorlási körök alatt a stimulációnak köszönhetően, a hosszútávú emlékezeti megtartás elmaradt ahhoz képest, amikor nem történt ingerlés.

Folyóirat közlemény

Marián, M., Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2018). Anodal transcranial direct current stimulation of the right dorsolateral prefrontal cortex impairs long-term retention of reencountered memories. *Cortex*, 108, 80-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2018.07.012>

Konferencia

Marián, M., Demeter, G., Racsmány, M. (2018). A frontostriatális rendszer szerepe az emlékezeti mechanizmusok zavaraiiban. Magyar Tudomány Ünnepe. Magyar Tudományos Akadémia, Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet. Budapest. (Poszter)

2, Emlékezeti előhívás és az interferencia

Az előhívás azon túl, hogy jobb hosszútávú emlékezeti megtartáshoz vezet, változást okoz magán az emlékezeti reprezentáción. Az ismételt előhívási köröket követően egyedi, diszkriminálható reprezentációk jönnek létre (ld. fentebb). A hasonló ingerek közötti hatékony emlékezeti diszkriminációt azonban számos faktor befolyásolja, beleértve például a környezet kontextuális ingereit, interindividuális különbségeket és a szervezet általános aktivitás szintjét.

a, A tanulás és előhívás kontextusának szerepe

Három kísérlet keretében vizsgáltuk, hogyan befolyásolja a tanulás nem figyelt kontextusának visszaállítása az előhívás során az emlékezeti teljesítményt. A kontextus visszaállítása azon túl, hogy javította a tanult információ sikeres felismerését, a nem tanult ingerek hamis felismeréséhez is vezetett. Mindez arra utal, hogy a kontextus visszaállítása nem minden körülmények között vezet jobb előhívási teljesítményhez.

Folyóirat közlemények

Szöllősi, Á., Pajkossy, P., Bencze, D., Marián, M., & Racsmány, M. (2022). Litmus test of rich episodic representations: Context-induced false recognition. *Cognition*, 230, e105287. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105287>

Racsmány, M., Bencze, D., Pajkossy, P., Szöllősi, Á., & Marián, M. (2021). Irrelevant background context decreases mnemonic discrimination and increases false memory. *Scientific Reports*, 11, 6204. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-021-85627-2>

Konferencia, előadás:

Racsmány, M., Szöllősi, Á., Bencze, D., Pajkossy, P., & Marián, M. (2022). Modifying factors and background mechanisms of behavioral pattern separation. 22nd Conference of the European Society for Cognitive Psychology (ESCOP). Lille, France. (Talk)

Racsmány, M. (2021). A pontos és a téves emlékezés eltérő és átfedő folyamatai. Neuropszichológiai szintentartó továbbképzés, Budapest.

b, Egyéni különbségek

Feltártuk, hogy az emlékezeti diszkriminációs folyamatok alapvető szerepet töltenek be a kognitív rendszer korai prodromális elhangolódásában és asszociálódnak a szkizotípiá pozitív tüneteivel. Kimutattuk továbbá, hogy magas szorongásszinttel jellemezhető

kényszerbetegségben az érzelmi ingerfeldolgozás interakcióba lép a hosszútávú epizodikus emlékezeti folyamatokkal. Végül, eredményeink arra engednek következtetni, hogy az egyes alvási szakaszok hossza, illetve azok egyéni különbségei befolyásolják az emlékezeti diszkrimináció hatékonyságát.

Folyóirat közlemény

Vass, Á., Becske, M., Szöllősi, Á., Racsmány, M., & Polner, B. (2022). Positive schizotypy is associated with amplified mnemonic discrimination and attenuated generalization. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, Epub ahead of print. <https://doi.org/10.1007/s00406-022-01430-8>

Konferenciák

Reichardt, R., Szöllősi, Á., Racsmány, M., & Simor, P. (2022). Daytime mapping promotes the reorganization of emotional memory representations. 26th Conference of the European Sleep Research Society. Athens, Greece.

Vass, Á., Becske, M., Szöllősi, Á., Racsmány, M., & Polner, B. (2022). Positive schizotypy is associated with amplified mnemonic discrimination and attenuated generalization. 30th European Congress of Psychiatry. Budapest. (Poster)

Vass, Á., Becske, M., Szöllősi, Á., Racsmány, M., & Polner, B. (2021). Unusual perceptual experiences and beliefs are associated with amplified mnemonic discrimination and attenuated generalization. Dubrovnik Conference on Cognitive Science. Online event.

Vass, Á., Szöllősi, Á., Racsmány, M., & Polner, B. (2021). Amplified mnemonic discrimination and attenuated generalization is associated with positive schizotypy. 5th HBP Conference on Interdisciplinary Brain Science. Virtual Event.

Szöllősi, Á., Demeter, G., Csigó, K., Kéri, S., & Racsmány, M. (2020). Hippocampus-related behavioral pattern separation is equally high for emotional and neutral memories in OCD. Virtual Event of the International Neuropsychological Society. Vienna, Austria.

Reichardt, R., Király, A., Szöllősi, Á., Simor, P., & Racsmány, M. (2020). The evolution of emotional memory representations during sleep: A daytime napping study. Dubrovnik Conference on Cognitive Science. Dubrovnik, Croatia.

c, A szervezet általános aktivációs szintje

Kutatási eredményeink szerint a szervezet általános aktivációs szintjének emelkedése hatékonyabb előhívási teljesítménnyel jár akkor, ha interferáló, egymással átfedésben lévő emlékezeti reprezentációk között kell diszkriminálni. Igaz ez akkor, amikor a szervezet arousal szintjének ingadozását érzelmi ingerekkel való találkozás okozza, és igaz ez akkor is, amikor egy stresszt keltő szituáció eredményezi az arousal szint emelkedését.

Folyóirat közlemények

Szöllősi, Á., Kéri, S., & Racsmány, M. (2022). The key to superior memory encoding under stress: The relationship between cortisol response and mnemonic discrimination. *Learning and Memory*, 29, 7-15. <http://dx.doi.org/10.1101/lm.053452.121>

Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2020). Enhanced mnemonic discrimination for emotional memories: The role of arousal in interference resolution. *Memory and Cognition*, 48, 1032-1045. <http://dx.doi.org/10.3758/s13421-020-01035-3>

Konferenciák

Szöllősi, Á., Kéri, S., & Racsmány, M. (2021). The key to better memory under stress: The effect of cortisol response on interference resolution and mnemonic discrimination. Conference of the European Society for Cognitive and Affective Neuroscience (ESCAN). Virtual event.

Szöllősi, Á., Kéri, S., & Racsmány, M. (2019). Enhanced pattern separation for emotional stimuli and after stress exposure: The roles of arousal and increased cortisol levels in interference resolution. The dynamic and flexible nature of memories – International Meeting of the LabEx CORTEX. Lyon, France.

d, Előhívás és diszkrimináció: Mögöttes mechanizmusok

Habár az egyedi reprezentációk kialakítása az epizodikus emlékezeti működéshez köthető, feltételeztük, hogy az egyedi ingerek közötti diszkriminációs döntés nem csak az epizodikus memóriához köthető élményszerű emlékezés (rekollekció) alapján hozható meg, hanem egy inger ismerősségi (familiaritás) szintje mentén is. Mind viselkedéses, mind pupillometriás adataink megerősítették ezt az elképzelésünket.

Folyóirat közlemények

Szöllősi, Á., Bencze, D., & Racsmány, M. (2020). Behavioural pattern separation is strongly associated with familiarity-based decisions. *Memory*, 28, 337-347. <http://dx.doi.org/10.1080/09658211.2020.1714055>

Pajkossy, P., Szöllősi, Á., & Racsmány, M. (2020). Pupil size changes signal hippocampus-related memory functions. *Scientific Reports*, 10, 16393. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-73374-9>

Konferenciák

Pajkossy, P., Szöllősi, Á., Demeter, G., & Racsmány, M. (2019). Using pupil size and eye-blink rate to investigate brain processes underlying cognitive flexibility. 20th European Conference on Eye Movements. Alicante, Spain.

Szöllősi, Á., Bencze, D., & Racsmány, M. (2019). Behavioral pattern separation is determined by familiarity decision. Annual Meeting of the Psychonomic Society. Montreal, Canada.

e, Egy új vizsgáló eljárás fejlesztése

Reprezentatív mintán ($n = 385$) kifejlesztettünk egy olyan emlékezeti tesztet, ami alkalmas különböző tanulási és emlékezeti folyamatok vizsgálatára (például diszkriminációs döntés, interferencia feloldása, rövid- és hosszútávú felejtés, az előhívás különböző formáinak hatékonysága stb.) különböző életkorokban, kezdve a fiatal felnőttkortól egészen az időskorig.

Folyóirat közlemény

Racsmány, M., Pajkossy, P., László, S., & Szöllősi, Á. (2022). A Verbális Epizodikus Memória Teszt. *Ideggyógyászati Szemle*, in press.

3, A tanulás és előhívás körülményeinek hatása az előhívási teljesítményre: Funkcionális agyi képzéssel szerzett adatok

A mindennapi életben számos tényező elősegítheti a megjegyzendő információ hatékony és precíz megtartását. Az információ előhívással való gyakorlása mellett egy hasonlóan jelentős faktor a tanulás és az előhívás körülményeinek egyezése/változása. Az információval mindig valamilyen környezeti kontextuson belül találkozunk, ezen környezet visszaállítása pedig befolyásolja az emlékezeti előhívást. Régóta ismert, hogy a kontextuális információ előhívás alatt történő visszaállítása elősegítheti a felidézést. Kutatócsoportunk két korábbi kutatása (Racsmány, Bencze, Pajkossy, Szöllősi, & Marián, 2021; Szöllősi, Pajkossy, Bencze, Marián, & Racsmány, 2022) azonban felhívta a figyelmet a kontextus visszaállításának esetleges negatív hatásaira is. Eredményeink azt mutatták, hogy incidentális tanulási helyzetben kódolt emlékek esetében az információ irreleváns háttérkontextusának újbóli megjelenése előhíváskor ugyan segíti az eredeti inger felismerését, azonban negatívan befolyásolja a tanult és hasonló ingerek közötti interferencia feloldását.

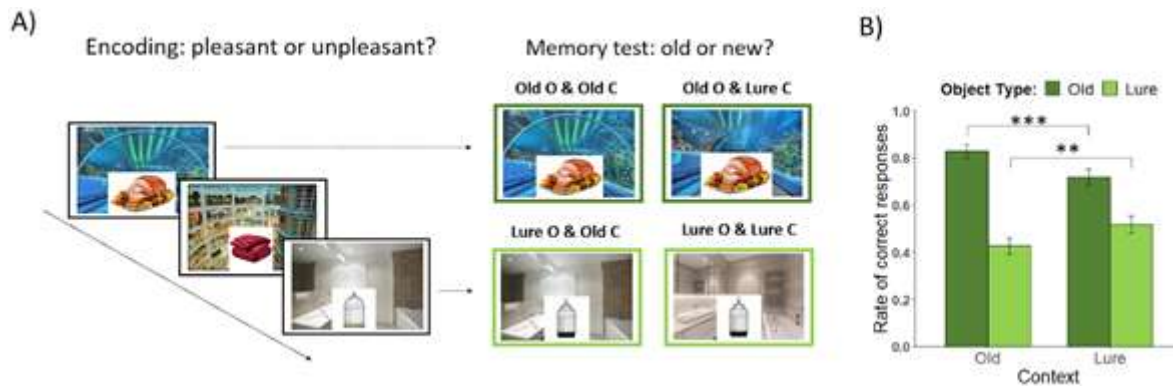
A kutatás következő lépéseként a környezeti kontextus interferencia-feloldásra gyakorolt hatásának idegrendszeri hátterét funkcionális agyi képalkotással vizsgáltuk. Előzetes eredményeink szerint sikeres felismerés és emlékezeti diszkrimináció esetén a parahippokampális terület specifikusan az eredeti kontextus visszaállítása által generált interferencia feldolgozásában érintett.

Kísérleti elrendezés

Kísérletünk két szakaszból állt, melyek közül az első, kódolási szakasz során a résztvevők hétköznapi tárgyak képeit (pl. labda, táska) látták tereket (pl. mező, könyvtár) ábrázoló háttereken (kontextusban). Mindegyik tárgy egyedi kontextusban jelent meg. A résztvevők feladata az volt, hogy megítéljék, a látott kép "Kellemes" vagy "Kellemetlen" érzést kell bennük. Az instrukció célja az volt, hogy a kísérleti személyek ne a tárgyak képeinek memorizálására törekedjenek, ez csupán incidentális módon történjen. A kísérlet második, felismerési szakaszában a résztvevőknek a korábban bemutatott tárgyak, valamint azokhoz vizuálisan hasonló, de nem azonos (lure) tárgyak képeit mutattuk be. A tárgyak kontextusa ezúttal vagy megegyezett azzal, amelyen a kódolási szakaszban mutattuk be őket (lure tárgyak esetén a hozzájuk tartozó megfelelő eredeti tárgyat), vagy hasonló volt hozzá (lure háttér). A résztvevők feladata a felismerési szakaszban "Régi"/"Új" döntések meghozása volt a tárgyakra vonatkozóan, azaz meg kellett ítélniük, hogy a látott tárgy azonos-e a korábban látottak valamelyikével, vagy eltér azoktól. Viselkedéses szinten mért változóink a helyesen azonosított korábban látott elemek találati aránya, valamint a hasonló, lure elemek sikeres elkülönítési, diszkriminációs aránya.

Mindkét kísérleti szakasz alatt funkcionális mágneses rezonancia képalkotó módszer (functional magnetic resonance imaging, fMRI) segítségével felvételeket készítettünk az agy aktivitásáról, Siemens Magnetom Prisma 3T MRI szkennel segítségével.

A kutatásunk szempontjából releváns agyi régiókat egy funkcionális "localizer" feladat segítségével azonosítottuk: ezek a parahippokampális terület (parahippocampal place area, PPA), és a laterális okcipitális kéreg (lateral occipital cortex, LOC). A PPA korábbi kutatások eredményei alapján érzékeny a fokális elemeket körülvevő kontextus változásaira, azonban a tárgyak tulajdonságaira nem mutat szenzitivitást, míg az LOC esetében fordított aktivitás mintázat jellemző.



1. ábra. (A) Kísérleti design: incidentális kódolási szakasz és felismerési teszt (B) Viselkedéses eredmények. A hibaszövegek a standard hibát jelölik. ** $p < .01$; *** $p < .001$.

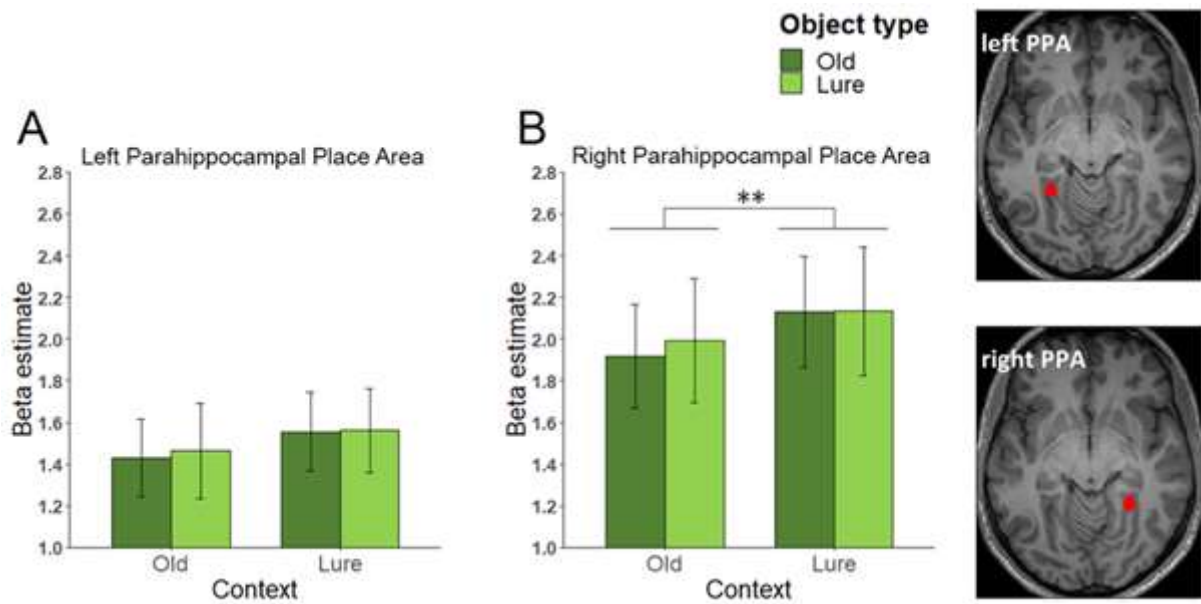
Kutatás állása

Mivel a kutatás tervezett adatgyűjtési időszaka egybeesett a kialakult vírushelyzettel, így a személyes adatfelvétel nehézségei miatt az adatok feldolgozása és a kutatás közzéadásra való előkészítése a tervezetthez képest később zajlott le. Jelenleg az adatgyűjtés sikeresen lezajlott 30 kísérleti személy bevonásával, az adatok feldolgozása és statisztikai elemzése megtörtént. Eredményeink publikálása előkészületben van, a kézirat beadás előtt áll a Cerebral Cortex folyóiratba.

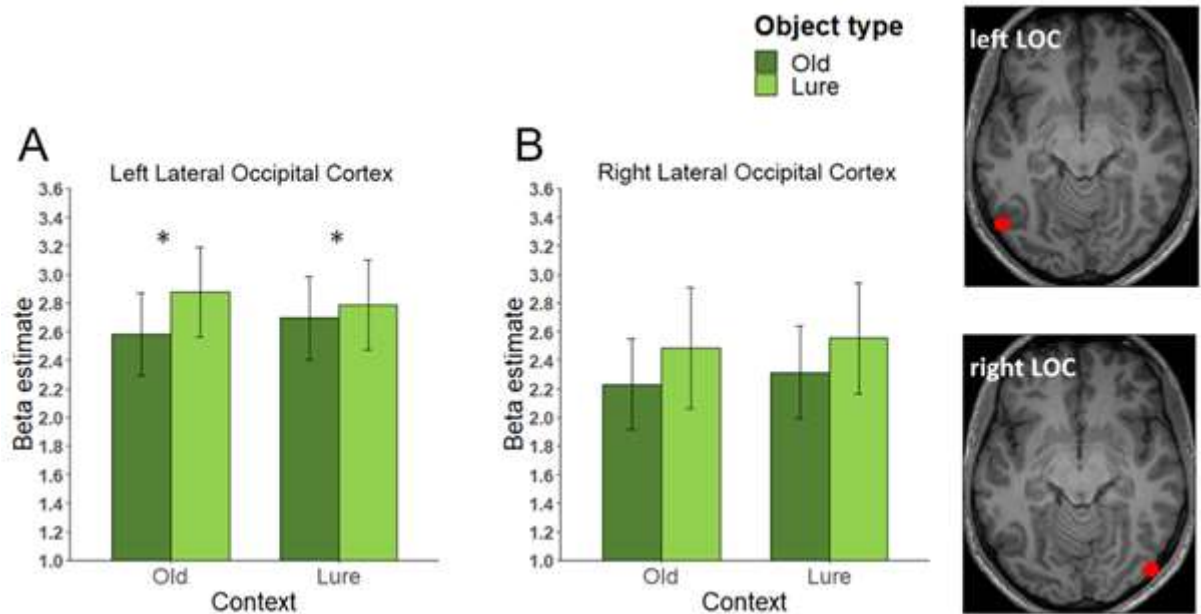
Eredmények

Viselkedéses eredményeink összhangban vannak a csoportunk korábbi kutatási eredményeivel. A felismerési feladat során a kódolási időszak eredeti kontextusának visszaállítása növelte a régi tárgyakra adott helyes "Régi" válaszok számát, azonban csökkentette a hasonló lure tárgyakra adott helyes "Új" válaszok számát ahhoz képest, amikor a tárgyak egy az eredetihez nagyon hasonló, de új kontextuson kerültek bemutatásra (1./B ábra). Összefoglalva az eredeti kontextus visszaállítása felidézés alatt még egy nagyon hasonló új háttérkontextushoz képest is növelte a felismerési teljesítményt, azonban megnehezítette a tanultakhoz hasonló elemek elkülönítését.

A PPA aktivitását vizsgáló fMRI eredményeink azt mutatják, hogy a felismerési feladat alatt a helyesen felismert régi tárgyak és a helyesen elkülönített lure tárgyak esetében is a jobb PPA magasabb aktivitást mutatott abban az esetben, amikor a tárgyak hasonló új kontextuson lettek bemutatva ahhoz képest, amikor a tárgyak az eredeti kontextusukkal együtt voltak láthatók (2. ábra). Az LOC esetében az aktivitás már a bemutatott tárgyakkal volt összefüggésben: a bal LOC magasabb aktivitást mutatott a helyesen elkülönített lure tárgyak bemutatása során a helyesen felismert régi tárgyakhoz képest a háttérkontextustól függetlenül (3. ábra). Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a helyszínek és jelenetek feldolgozásával összefüggésbe hozható PPA kifejezetten a kontextus változására érzékeny a kontextusban elhelyezkedő célinger változásától függetlenül. A komplex tárgyak feldolgozásáért felelős LOC esetében azonban az aktivitást csak a bemutatott tárgyak változása határozza meg.



2. ábra. A bal (A) és jobb (B) parahippokampális helyterület (PPA) átlagos aktivitása a felismerési teszt során a régi és lure tárgyakra adott helyes válaszok alatt ("Régi" és "Új" válaszok). A hibásávok a standard hibát jelölik. ** $p < .01$.



3. ábra. A bal (A) és jobb (B) laterális occipitális kéreg (LOC) átlagos aktivitása a felismerési teszt során a régi és lure tárgyakra adott helyes válaszok alatt ("Régi" és "Új" válaszok). A hibásávok a standard hibát jelölik. * $p < .05$.