

Válaszok az opponensi kérdésekre

Köszönöm mindhárom opponensemnek az érdekes és inspiráló kérdéseket és a nagyon hasznos, hibákra is rávilágító kommenteket. Az alábbiakban egyenként válaszolom meg Winkler István (1. oldaltól), Horváth János (9. oldaltól) és Kovács Ilona (20. oldaltól) kérdéseit.

Válaszok Winkler István opponensi kérdéseire

Válasz az 1. kérdésre

Teljesen egyetértek Winkler István opponens véleményével, hogy nem szabad keverni a különböző fogalmi szinteket. Az előadásaimban én is mindig hangsúlyozom, hogy a pszichológiai és anatómiai/idegtudományi fogalmi rendszerek között ne tegyünk egyenlőségjelet. Továbbá David Marr és Tinbergen megközelítésével értek egyet és próbálom is ezek fényében végezni a kutatásaimat.

Sajnálatos módon egy-egy fejezetben (közzétett cikkemben) megtörtént néha egy-egy részleges keveredés. Ennek egyik oka az volt, hogy megkönnyítsük a kommunikációt az idegtudomány és a kísérleti pszichológia között. Számos cikkem idegtudományi vagy kognitív idegtudományi lapban jelent meg, ahol gyakran még igénylik az ilyen típusú leírásokat, így talán az idegtudósok könnyebben tudják kötni a fogalmakat. Ugyanakkor a terjedelmi korlátok - az idegtudományi lapokban a közlemények hossza általában rövidebb - nem engedik meg a részletesebb magyarázatot. Hangsúlyozom, hogy ez nem szerencsés és nem követendő. Fontos, hogy ragaszkodjunk a kísérleti pszichológia fogalomrendszeréhez és interdiszciplináris lapokban is törekedjünk erre.

Az opponens által idézett részlet viszont tényleg arra vonatkozik, hogy agyi szinten mi történik alvás közben. Általában elmondható, hogy az evolúciósan fiatalabb agyterületeknél jobban érvényesül az alvás hatása.

Válaszolva arra a konkrét kérdésre, hogy az agytörzs alszik-e: igen, alszik, de nem feltétlenül úgy, mint az agy többi része. Az agytörzs neuronjai nem mennek át olyan drasztikus

működésváltozáson, mint az agykéreg sejtjei, amikor alvó üzemmódba váltunk. Továbbá nem jellemző rájuk a talamo-kortikális rendszer lassú hullámú és alvási orsókat produkáló aktivitása. Ilyen lassú oszcillációk nincsenek például hüllőknél, azonban madaraknál és emlősöknél megfigyelhetők (kivétel a hüllőkre: Shein-Idelson et al., 2016). Sajnos arról még nagyon keveset tudunk, hogy a kéreg alatti területeken a szinaptikus plaszticitással mi a helyzet. A kutatások csekély hányada foglalkozik az agytörzsi területeken zajló szinaptikus plaszticitással (Nir et al. 2011)

A cerebellum egy nyitott kérdés ebből a szempontból. Itt még további kutatásoknak kell történniük, hogy érdemleges állításokat tegyünk (Canto et al. 2017).

Válasz a 2. kérdésre

Az egyes fejezetek és publikált cikkeink bevezető részében próbáltam bemutatni a fogalmakat, de egyetértek Winkler Istvánnal, hogy lehet, hogy szerencsésebb lett volna már a bevezetőben tisztázni ezeket. Itt a válaszban most teszek egy rövid kísérletet erre.

A pszichológia emlékezet és tanulás kutatásának két nagyobb fogalma tartozik a disszertáció témájához: 1) az implicit tanulás, 2) a procedurális tanulás.

Az implicit tanulás egy olyan tanulási forma, ahol a tanult anyaghoz és a tanulás folyamatához nincs tudatos hozzáférés. Ezt a tanulási formát figyelem-független tanulásnak is hívjuk.

A procedurális tanulás lehet explicit is és implicit is, és elsősorban az automatizációhoz, proceduralizációhoz köthető. Ez azt jelenti, hogy a tanulási folyamat végére, az adott viselkedés készségszintű lesz.

Mindkettő mérésére alkalmas az implicit probabilsztikus szekvenciatanulás, mely az első kettőhöz képest már szűkebb folyamatokat takar.

A probléma ezekkel a „nagy” fogalmakkal - mint a procedurális vagy implicit tanulás - az, hogy túl komplex folyamatokat fednek le. Ahhoz, hogy megértsük pszichológiai és idegrendszeri szinten a tanulási és emlékezeti működést, le kell menni folyamatszintre. Meg kell próbálni fókuszált folyamatokat vizsgálni (*process level*).

A statisztikai tanulás már közelít ehhez a célhoz, mert relatíve folyamatszintről van szó. Az értekezésben található tanulmányokban kétféle statisztikai tanulási mutatót használok: 1) triplett tanulás és 2) tiszta statisztikai tanulás. Az előbbi a nagyobb gyakoriságú elemek és a kisebb gyakoriságú elemek közötti különbséggel merhető (*high vs. low-frequency triplets*), függetlenül attól, hogy a gyakori triplett random vagy szekvenciapozícióban jelent meg a sorozatban. A tiszta statisztikai tanulást (*pure statistical learning*) úgy mérjük, hogy csak a nagy és a kis gyakoriságú random elemeket vetjük össze (*random high vs. random low*).

Van még egy relatíve folyamatszintű tanulási funkció, amit mérünk: a magasabb szintű alternáló szekvenciatanulás (*higher-order sequence learning*). Itt a gyakorisági információ ki van egyenlítve, és a mintázat vs. random magas gyakoriságú elemek kontrasztjára épül (*random high vs. pattern elemek*).

Fontos megemlíteni, hogy a disszertáció a triplett tanulást állítja a középpontba, és nem tárgya a különböző tanulási folyamatok egymáshoz való viszonya. Csak a 2.2-es fejezetben van szó a többi tanulási típusról. (Egy apró kiegészítés a véleményhez, hogy a 3.5-ös fejezet nem a maximalizált tanulást használtuk, hanem ott is a triplett learning mutatót.) A disszertációban bemutatott vizsgálatok után, csak az utóbbi években kezdtem el kutatócsoportommal azzal foglalkozni, hogy mi a kapcsolat és különbség a statisztikai- és a szekvenciatanulás között. Ezekből az újabb kutatásainkból azt feltételezzük, hogy a statisztikai tanulás és a magasabb szintű szekvencia-tanulás két különböző tanulási folyamat, melyek eltérő tanulási görbével is jellemezhetők. Míg a statisztikai tanulás nagyon hamar megtörténik és stabil marad, addig a magasabb szintű szekvenciatanulás fokozatosan épül ki (Kóbor et al. submitted; Simor et al. submitted).

Azt, hogy ezek a tanulási típusok milyen rendszerbe szerveződnek, van-e hierarchikus szerveződés és ha igen, akkor az milyen, és mindezek hogyan kapcsolhatók esetleg össze a prediktív kódolási elmélettel, még nem tudjuk. Remélem a következő években erre is választ tudunk adni.

Válasz a 3. kérdésre

Köszönöm az opponens felvetését, amivel egyet is értek, miszerint egy hierarchikusan felépített rendszer tényleg segíthet számos felmerült problémát megoldani. Egy ilyen hierarchikus rendszer kidolgozása azonban még sok-sok elméleti és empirikus munkát igényel. A következő években remélem sikerül ezt megvalósítani.

Amit elmondhatunk az eddigi eredmények alapján, hogy a statisztikai tanulás (*triplet learning*) független vagy nagy részben független a munkamemória kapacitástól és az IQ-tól. A *Cortex* folyóiratban megjelent cikkünk (2.7-es fejezet) és a cikkünk indukálta tudományos vita a lap hasábjain szépen felvázolta, hogy mikor és milyen kapcsolat van a munkamemória és a tanulás között. A kettős-terheléses vizsgálatok (*dual-task*) a legtöbb esetben azt mutatják, hogy egy párhuzamosan végzett feladat nem rontja le a triplétt tanulást. Egy új, még nem publikált vizsgálatban azt mutattuk ki, hogy társas helyzetben egyszerre három, különböző hierarchiájú szekvenciát is meg tudunk tanulni párhuzamosan. Úgy tűnik tehát, hogy nagyon markáns tanulásról van szó, ami párhuzamosan működhet más kognitív folyamatok mellett.

Válasz a 4. kérdésre

A disszertáció alapját képező vizsgálatok beválogatásának szempontja volt, hogy relatíve homogén módszertanuk legyen. Azonban fontos megjegyezni, hogy ez csak első látszatra homogenitás. Valójában egy kis változtatás a feladaton, például, ha a válasz és a következő stimulus közti intervallumot (response-to-stimulus interval, RSI) megváltoztatjuk, vagy ha jelezzük a mintázat elemeket, vagy ha eltérő hosszúságú a tanulási fázis, akkor akár teljesen eltérő pszichológiai és idegrendszeri háttérrel rendelkező feladathoz juthatunk. A homogenitás tehát relatív.

Éppen ezért is használjuk ezt az ASRT feladatot, mert különböző folyamatok vannak mögötte, amit más feladattal szemben itt mérni is tudunk. Tehát a 2.2 és 2.9-es fejezetekben bemutatott mutatók a továbbiakban az adott kutatás kérdésétől függően nagyon jól használhatók.

Az ASRT más szekvencia tanulási feladattal vagy más procedurális feladattal szemben jobb reliabilitást mutat (Stark-Inbar, Raza, Taylor, & Ivry, 2017; Hardwicke, Taqi, & Shanks, 2016).

Természetesen számos statisztikai tanulási feladat van. Ezek közötti kapcsolatot a további kutatások fogják majd kimutatni.

Válasz az 5. kérdésre

Winkler István 5. pontban található kérdéseire való válasz nem volt a disszertáció célja, de kétségtelenül fontos és releváns kérdések.

Howard et al. 2007 kimutatta, hogy ha ASRT feladat alatt az ingerek közötti időt manipuláljuk és a kísérlet alatt változtatjuk, akkor romlik a tanulási teljesítmény. Ezek az eredmények összhangban vannak az opponens által hivatkozott Rajendran et al. 2016-os eredményeivel. Tehát a tanulás ritmusa hatással van a mintázatok detekciójára.

Egy újabb még nem publikált vizsgálatunkban kimutattuk, hogy ha az RSI-t 120 ms-ról 850-re növeljük, akkor romlik a teljesítmény az ASRT feladaton. Azonban arra kérdésre, hogy ez „csak” performancia vagy kompetencia probléma-e, a vizsgálatunk azt mutatta, hogy elsősorban performancia. A mögöttes reprezentáció a kétféle tanulás alatt hasonló.

A ritmus kérdése felmerül ott is, hogy ha nem teszünk egy állandó szekvenciát a feladatba, akkor milyen lesz a triplett tanulási teljesítmény. Ebben a szemeszterben kezdtünk el egy vizsgálatssorozatot, melyben összehasonlítjuk a triplett tanulást két feladaton: 1) a klasszikus ASRT feladaton és 2) egy olyan módosított verzió, mely nem tartalmaz állandó szekvenciát, csak a tripleteket. Vajon lesz különbség a teljesítményben a két feladat között? Ebben a vizsgálatssorozatban azt is összehasonlítjuk, hogy a gyerekek és felnőttek eltérnek-e egymástól ezen a két változaton.

Nagyon fontos felvetés, hogy az állatkísérletes vizsgálatok mit mutatnak szekvenciatanulási helyzetben. Míg determinisztikus szekvenciatanulást már több kutatás is vizsgált állatokon, addig probabilisztikus szekvencia tanulást csak nagyon kevés (lásd Conway et al. 2001 összefoglalóját). Ezek azt mutatták csak, hogy majmok is képesek megtanulni bizonyos probabilisztikus szekvenciákat.

A terveimben szerepel óvilági majmokon tesztelni a probabilisztikus szekvenciatanulást. Merész jóslat, de nem lehetetlen, hogy a majmok jobb teljesítményt mutatnak a tiszta statisztikai tanuláson az emberekhez képest. Ezt a végrehajtó funkciók és a statisztikai tanulás negatív

korrelációját mutató vizsgálatok alapján lehet feltételezni. Ezzel szemben, feltevésem szerint a majmok rosszabb teljesítményt mutatnának a magasabb szintű szekvencia tanulásban az emberekhez képest. Nagyon lendítene ezen a kutatási vonalon, ha sikerülne megvalósítani egy ilyen vizsgálatot.

Választ a 6. kérdésre

Köszönöm és elfogadom az opponens kritikai észrevételét, hogy a disszertáció diszkussziójában jobban ki lehetett volna térni az elméleti következtetésekre. A disszertáció 16 elfogadott peer-review nemzetközi közleményt tartalmaz. Ezek mindegyikének diszkussziójában kitértem az elméleti következményekre. Ugyanakkor tudósként akkor helyezek sokkal szélesebb kontextusba eredményeket, ha több oldalról, több empirikus kísérlettel tudom igazolni a felvetéseket.

Azon túl, hogy a 16 fejezet az adott tárgyalta területen önmagukban is új empirikus és elméleti újdonsággal szolgálnak, jelen disszertáció három ponton hoz újat a pszichológia szélesebb kontextusára tekintettel:

- 1) A disszertáció alapvetően kérdőjelezi meg a squire-i klasszikus emlékezeti rendszerek megkülönböztetést, aminek lényege a deklaratív és a nem-deklaratív rendszerek szétválasztása, mind pszichológiai, mind idegtudományi szinten. A disszertáció eredményei azt mutatják, hogy nincs ilyen kategorikus különbség a két rendszer között. A 2.9-es fejezetben például amnesztikus Enyhe Kognitív Zavarban szenvedő személyeknél mutattunk ki károsodott implicit tanulást, ami ellentmond a klasszikus tankönyvi megközelítésnek. A squire-i modell még olyan feladatokra alapozott, amik túl komplexek voltak és számos folyamatot mértek egyszerre, amiket nem tudtak még szétszálazni. Az ellenmondások feloldása és az elméleti továbblépés felé vezető út abban áll, hogy le kell mennünk folyamatszintre, és olyan mérőeljárásokat és elemzési technikákat kell kidolgozni, amik relatív folyamatszintűek (*relatively process level*). Itt szeretném hivatkozni Larry Jacoby munkásságát, aki végig azt hangsúlyozta, hogy nem létezik tisztán folyamatot mérő feladat és ezt számításba kell vennünk, amikor elemzünk vagy elméletet alkotunk. Azt gondolom, hogy a jelen disszertációban elindultunk ezen az úton, mert a

triplett tanulás és tiszta statisztikai tanulás mérőeljárásunk már relatíve folyamatszinten mér (utóbbira még jobban igaz ez). És ha folyamatszinten vizsgálódunk, már nem látszik az emlékezeti rendszereknek ilyen éles elkülönítése, tehát újra kell gondolnunk az emlékezeti folyamatok kategorizációját (lásd még Henke, 2010).

- 2) A disszertáció másik fő elméleti újdonsága, hogy megkérdőjelezi az alvásfüggő konszolidáció jelenségét. Ez semmiképp sem létezik abban a formában, ahogy Stickgold és Walker szerzőpáros állítja. Itt hangsúlyozom, hogy újra kell gondolni az alvás szerepét az emlékezeti konszolidációban. Precíz és megbízható módszertannal kell a jövőben feltérképezni, hogy melyik emlékezeti folyamatnál találhatunk, ha találunk egyáltalán, alvásfüggő konszolidációt és melyeknél nem.
- 3) A harmadik a pszichológia szélesebb kontextusát is érintő megállapítás, hogy negatív korrelációt lehet találni bizonyos esetekben a végrehajtó funkciók és a statisztikai tanulás között. Ezek az eredmények empirikus alátámasztásai az Elissa Newport által is hangsúlyozott „less is more” (kevesebb több) megállapításnak, ami a fejlődéslélektanban hangsúlyozza, hogy sokféle elemi tanulási folyamat gyerekeknél jobb, mint idősebb korban és ennek az az oka, hogy a kontrol és végrehajtó funkciók még nem elég fejlettek. Számos kutatásunk direkt empirikus bizonyítékkal szolgál a „less is more” mellett (lásd újabb kutatásunkat Ambrus et al., 2017). Az opponens felvetésével maximálisan egyetértek, hogy még nem lehetünk biztosak, hogy tényleg versengésről van-e szó. Ehhez új kísérleti paradigmákat kell még kidolgoznunk és szisztematikusan tesztelnünk.

Konkrét kérdés a 2.1-es fejezethez

Az elemzések azt mutatják, hogy a trillek szignifikánsan lassabb, míg az ismétlődések szignifikánsan gyorsabb reakcióidőket eredményeznek. Ezeket ki szokták hagyni az elemzésekben, hogy ne torzítsák a tanulási hatást (lásd Howard et al. 2008).

Nagyon izgalmas felvetés, hogy rá lehetne erősíteni tréninggel bizonyos tripletekre. Azt várnám, hogy így az adott triplette gyorsabb reakcióidőt kapnánk és a tanulást alapvetően befolyásolná egy ilyen manipuláció (*chunk learning* irányba tolná el a tanulási folyamatot).

Konkrét kérdés a 2.3-es fejezethez

A hipnózis vizsgálatunkban nem találtunk különbséget a két kondíció között külön az alacsony gyakoriságú és külön a magas gyakoriságú tripletek között. A tanulási mutatóban (különbség a nagy és kis gyakoriságú tripletek között) azonban szignifikáns különbség volt.

Pontosságú mutatónál jól látható, hogy ha kiépül a tripletekre a tudás, akkor többen hibáznak a személyek az alacsony gyakoriságú tripleteken, mert ott is a magas gyakoriságú ingereket várják.

Konkrét kérdés a 2.6-os fejezethez

Amikor csoportokat vagy kondíciókat hasonlítunk össze, elsősorban a *triplet* $\times$ *group* interakciót vizsgáljuk. A statisztikai tanulás olyan gyorsan megy végbe, hogy már az első epochban megtörténhet a tanulás. Ezért lehet az, hogy sokszor a *triplet* $\times$ *epoch* $\times$ *group* interakció nem olyan informatív.

A tanulási mutatók kondíciókénti összehasonlítására elvégzett ANOVA Bonferroni korrekciós post hoc tesztjében a szó és mondat kondíció különbözik szignifikánsan ($p=0.045$), míg a számolás kondíció nem különbözik sem a mondat ($p=0.305$), sem a szó kondíciótól ($p>0.99$).

Konkrét kérdés a 2.7-os fejezethez

Köszönöm az észrevételt. Egyetértek, hogy a 2015-ös *Cortex* válasz cikkünket is bele lehetett volna venni az értekezésbe. Ez sokkal jobban taglalja a végrehajtó funkciók szerepét.

Köszönöm továbbá, hogy a szerkezeti és formázási problémákra felhívta a figyelmet az opponens!

Összefoglalva köszönöm Winkler István előremutató kommentjeit és problémafelvetéseit!

Válasz Horváth János opponensi kérdéseire

Nagyon köszönöm Dr. Horváth Jánosnak, hogy időt és energiát fordított a disszertáció átolvasására, különösen tekintettel a módszer és eredmények részekre.

Válasz az 1. kérdésre

A kérdés a feladat idői jellemzőire vonatkozott.

A kísérleti pszichológiában a kísérleti elrendezéseket mindig a kutatás kérdéséhez, jellegéhez és az adott mérőeszközhöz kell igazítani. Például egy EEG kutatásnál logikusan nagyon kell figyelni, hogy az ingerbemutató és válasz egységes legyen a különböző vizsgálati személyeknél, ezért nagyon gyakran fix ISI-t (*interstimulus interval*) használnak a kísérleteknél az ingerek prezentációjakor.

A fix ISI azonban problémás lehet fejlődéslélektani vagy idősödést vizsgáló empirikus kutatásoknál. Egy olyan ingerbemutató ütem, ami egy fiatal felnőtt személy ingerfeldolgozásához van optimalizálva, túl gyors lehet egy idős személy vagy egy gyermek esetében. Torzítja a mérést, ha az amúgy lassabb ingerfeldolgozáshoz szokott személyt „kényszerítjük”, hogy gyorsabban dolgozza fel az ingert. Ha viszont lelassítjuk az ütemezést és mondjuk nagyobb ISI-t állítunk be, akkor pedig a fiatal felnőtteknek lesz túl lassú a feladat, ami szintén artefaktumokat eredményezhet (Howard et al. 2007).

Ezért fejlődési vizsgálatokban az önütemezett ingerbemutató a bevett (*RSI – response-to stimulus-intervallum*): ebben az esetben a következő inger akkor jelenik meg, amikor a személy biztos, hogy feldolgozta az aktuális ingert (és ezt az aktuális ingerre adott válaszával jelezte). Így az ingerfeldolgozás garantálva van minden kísérleti személynél. A kísérlet így tisztábban tudja mérni a tanulási folyamatokat, és kevesebb artefaktumot generál, mert nem túl lassú vagy túl gyors az ingerprezentáció, így a személynek nem kell kapkodnia vagy nem kalandozik el a vizsgálat közben. Összefoglalva, ha különböző életkorú személyek tanulását vizsgáljuk reakcióidő-méréssel, akkor a legcélszerűbb kontrollálni, hogy biztosan megtörténjen az ingerfeldolgozás. Ezért az önütemezett (RSI) ingerbemutató a legoptimálisabb.

Még egy érdekes adalék a kérdéshez, ami az opponens azon példájára lehet válasz, hogy mivel idős személyeknél a lassabb ingerfeldolgozás és válaszok miatt az egész kísérlet hosszabb ideig tarthat, ez okozhat artefaktumot. Staub et al. 2014-es tanulmánya rámutat, hogy idősök hosszabb, kitartott figyelmet igénylő feladatoknál ugyanúgy, vagy akár még jobban is teljesítenek, mint a fiatal vizsgálati személyek. Így önmagában a hosszabb kísérlet nem feltétlen vezet rosszabb teljesítményhez idősebb személyeknél.

Válasz a 2. kérdésre

Horváth János teljesen jogosan veti fel az alap reakcióidő problémakörét. Ha különböző alap reakcióidőkkel rendelkező csoportokat hasonlítunk össze, akkor fennáll a lehetősége, hogy artefaktumot kapunk. Egy lassabb alap reakcióidejű csoportnál egy mért változás nagyobb lehet, mint egy gyorsabb reakcióidejű csoportnál. Az eltérő alap reakcióidővel rendelkező csoportok összehasonlítása valóban egy komoly problémakör a kísérleti pszichológiában, de még súlyosabb a probléma a fejlődéslélektani vizsgálatoknál.

Gyakran használt megoldás a z-transzformáció használata. Ami fontos a z-transzformációnál, hogy ez nem korosztályok közötti normalizálásra alkalmas, hanem különböző mérőeljárások normalizálására. Ennek ellenére sokszor ezt kérik (tévesen) a tudományos publikációkban, amikor korosztályok közötti összehasonlításról van szó. Ezért néhány cikkünkben mi is használtunk z-score-okat.

Jelen esetünkben a problémákat tetézi, hogy nem szimpla döntéshozatali vizsgálatokról van szó, hanem tanulási vizsgálatról. Fontos, hogy amikor a tanulást vizsgáljuk, a szórás egy lényeges adat, mert a tanulás „inherens” része a szórás. Köztudott az is, hogy nagyobb szórás a tanulás elején gyakran vezet jobb tanulási teljesítményhez. Tehát ha bármilyen adatkorrekciós eljárással elimináljuk a szórást vagy megváltoztatjuk azt, akkor a kutatás szempontjából egy lényeges adatot veszítünk el. Ezért bármilyen adatredukció más eredményekhez vezethet tanulási kísérleteknél.

A 2.1-es vizsgálatunkban megmutattuk, hogy a lassabb alap reakcióidő nem feltétlenül jár nagyobb tanulási teljesítménnyel. A vizsgálatban a gyerekek és az idősök is lassabb alap

reakcióidőt mutattak, mint a fiatal felnőttek, mégis jobb tanulást csak a gyerekek mutattak, de az idősek nem.

A tudományban fontos az átláthatóság, ezért igyekeztünk mind a nyers, mind a transzformált eredményeket megmutatni, hogy az olvasó maga dönthesse el, melyiket tartja mérvadónak. Ahogy a közlemény és a fejezet diszkussziójában is kifejtettük, mindegyik módszernek vannak előnyei és hátrányai, és nem született még jó megoldás a probléma orvoslására. Transzformálással veszítünk az adatokból és azok eredetiségéből, míg a nyers adatoknál az alap reakcióidő különbség okozhat problémát.

A 2.1-es részben bemutatott vizsgálatunkban személyenként számoltuk ki a z-score-okat minden egyes trial-re, összeöntve az adott személy magas és alacsony gyakoriságú triplettjeit. Utána ezekből a z-score-okból számoltunk epochonként átlagot külön a nagy és az alacsony gyakoriságú triplett elemekre, és ezeket a mutatókat tettük be az ANOVA-ba. Ez a bevett eljárás ezen a területen (lásd Howard és Howard munkásságát).

Csoportszintű z-score-t általában akkor szoktak alkalmazni, ha személyenként 1 mutató van (pl. számterjedelem kapacitás). A mi esetünkben viszont trial szintjén történt a transzformáció, és ezért tartottuk fontosnak, hogy a transzformáció alapjául szolgáló átlag és szórás is az adott személyre legyen meghatározva.

A 2.9-es fejezetben is hasonló módon végeztük el a z-transzformációt, mint a 2.1-es cikknél.

A 3.2 fejezet kutatásában a z-transzformációról korábban leírt kritikák miatt próbáltunk egy másik bevett módszert használni az eltérő reakcióidők kontrollálására. Ebben az esetben az adott személy első epochjának az átlagos reakcióidejével osztottuk le az egyes epochok teljesítményét. Ez a transzformáció már nem az egyes trial-ek szintjén történt, hanem az epochonként kiszámolt magas és alacsony gyakoriságú elemek medián értékei lettek leosztva az első epoch átlagával. Így ez egy relatív mutató lesz, hogy a feladat kezdetéhez képest mennyit gyorsult az adott személy, és mennyivel lett gyorsabb a magas tripletekre az alacsonyakhoz képest. Jelen esetben az eredmény ugyanazt mutatta, mint a nyers RT.

Összefoglalva: fejlődési vizsgálatoknál még nincs megoldva ez a kérdés, és további módszertani kutatások és elemzések szükségesek ahhoz, hogy melyik lehet a megfelelő transzformáció, vagy, hogy melyik esetben milyen transzformáció szükséges.

Ez azért is fontos, mert az alap érvelés ellenére nem minden esetben igaz az, hogy a lassabb reakcióidő nagyobb tanulási mutatóval jár, pl. a 2.1-es cikkben csak a legfiatalabb, 4-6 éves csoportban volt pozitív korreláció az RT és a tanulási mutató között, a többi csoportban viszont nem.

Válasz a 3. kérdésre

Az opponens kérdése arra vonatkozott, hogy az ASRT feladaton a gyakori tripletek „gyorsító” hatása miatt van-e a tanulási hatás.

Minden cikkünkben hangsúlyozzuk, hogy az ASRT tanulási mutató (pontosabban a „triplet learning” mutató) a nagy és a kis gyakoriságú tripletek KÜLÖNBSÉGE, és nem valamelyik triplettípus egyéni változása.

A tanulási mutató abszolút értelemben úgy van definiálva, hogy a tanulás elejéhez képest a nagy gyakoriságú tripletek reakcióideje relatíve jobban csökken, mint az alacsony gyakoriságú tripleteké. Ez természetesen módosulhat a kísérleti manipuláció következtében.

Konkréten a hipnózis vizsgálatunkban nem találtunk különbséget a két kondíció között külön az alacsony gyakoriságú és külön a magas gyakoriságú tripletek között. A tanulási mutatóban (különbség a nagy és kis gyakoriságú tripletek között) azonban szignifikáns különbség volt. Összefoglalva: a tanulási mutató a két típusú triplett különbsége.

Természetesen nagyon izgalmas és érdekes kérdés, hogy a különböző manipulációk eltérően hatnak-e a különböző triplett típusokra. Amikor például más vizsgálatokban pontossági adatokat is elemzünk, akkor látható, hogy a tanulás előrehaladtával pontatlanabbak vagyunk az alacsony gyakoriságú tripleteken. Ez azért van, mert, ahogy alakul ki a szekvencia reprezentációja, egyre jobban a magas gyakoriságú tripleteket várjuk. Ezért nő a hibázás az alacsony gyakoriságú tripleteken.

Válasz a 4. kérdésre

Teljes mértékben egyetértek az opponenssel abban a kérdésben, hogy a vizsgálatok előtt a statisztikai erő elemzése szükséges, hogy a vizsgálati személyek számát optimalizálni tudjuk. A túl kevés vizsgálati személy alacsony statisztikai erőhöz vezet; a feleslegesen sok vizsgálati személy pedig etikai problémákat vet fel (Miért vettük el az idejét feleslegesen X számú embernek?).

Az ASRT vizsgálatok kapcsán, amikor G*Power szoftverrel statisztikai erőelemzést végeztünk, akkor megállapítottuk, hogy a kötelező mintanagyság ahhoz, hogy kimutassunk szignifikáns tanulást az $N=7$ ($p=0,05$ és $\text{erő}=0,80$ -al számolva).

Ahhoz, hogy csoportok közötti különbséget tudjunk kimutatni az elemszámnak $N=10$ -nek kell lennie ($p=0,05$ és $\text{erő}=0,80$ -al számolva). Ha azonban nagyobb tanulási pontszámokkal számolunk, akkor 20 fő is szükséges csoportonként (további power elemzéseket lásd újabb cikkeinkben: Janacsek, K., Borbély-Ipkovich, E., Nemeth, D., & Gonda, X., 2017; Unoka, Z., Vizin, G., Bjelik, A., Radics, D., Nemeth, D., & Janacsek, K., 2017).

Az opponens kérdése elsősorban a 2.8-as fejezetre vonatkozott, ahol autizmussal élő és tipikusan fejlődő gyerekeket hasonlítottunk össze. Az elemszám 13-14 fő volt csoportonként, ami nem optimális a statisztikai erő szempontjából. Azonban ADOS teszt eredménnyel és megbízható diagnózissal rendelkező autizmussal élő gyereket találni 2009 körül sajnos nem volt egyszerű.

A publikálás mellett az az elv is szólt, hogy a mért adatokat mindenképp publikussá kell tenni, különösen, ha speciális vagy relatíve ritka populációról van szó. Így lehetőség van metaanalízisre, ami kulcsfontosságú a megbízhatóság szempontjából. Ez szerencsére a mi esetünkben meg is történt. Obeid és munkatársai 2016-ban elvégeztek egy nagyszabású metaelemzést, amiben 13 kutatás eredményei szerepeltek (a mi adataink is benne voltak). Ez a metaelemzés ép tanulást mutatott autizmussal élő vizsgálati személyeknél. Egy korábbi metaelemzés szintén hasonló eredményekre juttott (Foti et al., 2015).

Összefoglalva elmondhatjuk, hogy eredményeinket számos más kutatás és két publikált metaanalízis is alátámasztja; tehát autizmus esetén ép implicit szekvenciatanulásról beszélhetünk.

Válasz az 5.1-es kérdésre

A kérdés arra vonatkozott, hogy fejlődéslelektani vizsgálatainknál Fisher LSD post-hoc teszteket alkalmaztunk, ami egy kevésbé szigorú post-hoc teszt, és ezért a nullhipotézis téves elutasításának a valószínűsége magasabb lehet. Teljesen egyetértek az opponenssel ebben a kérdéskörben.

A konkrét kérdés a fejlődési vizsgálatunkra vonatkozott. Vajon tényleg van-e eltérés a különböző életkorú csoportok között probabilisztikus szekvenciatanulásban? Fanny Zwart legújabb cikke egy szisztematikus review-ban alaposan összefoglalja a témát (Zwart et al., 2007). A tanulmány tartalmazza az összes releváns cikket, ami a szekvenciatanulás fejlődését vizsgálta, és arra a következtetésre jut, hogy a kutatások többsége a szekvenciatanulás életkori változásainak interpretációját támogatja, vagyis, hogy a különböző életkori csoportok eltérnek egymástól. Tárgyalják azt a módszertani vitát is, ami a *Developmental Science* cikkünk (2.1 fejezet) is felvetett a nyers RT és a z-transzformált RT adatok kapcsán: míg az előbbire támaszkodó elemzések inkább azt mutatják, hogy a szekvenciatanulás jobb gyerekkorban, mint felnőttkorban, addig a z-transzformált RT-re épülő eredmények inkább fordított u-alakú fejlődési görbére utalnak.

Konklúzió: a vitát egyértelműen egy kvantitatív szisztematikus metaanalízis döntené el, vagyis az, hogy ha a konkrét hatásnagyságot és elemszámokat is figyelembe vesszük az egyes kutatásoknál, akkor ezeknek az integrálása vajon melyik fejlődési modellt támogatja. Ilyen kvantitatív metaanalízist azonban, tudomásunk szerint, még nem végeztek.

Válasz az 5.2-es kérdésre

Az opponenssel teljesen egyetértek, hogy aggályos lehet kibontani egy nem szignifikáns ANOVA-t. Mégis 3 esetben megtettük. A fő célunk ezekkel az volt, hogy egy lehetséges kapcsolatra felhívjuk a figyelmet, amit aztán egy későbbi kutatással fókuszáltan és szisztematikusan meg lehet és meg is kell vizsgálni. Vegyük sorra a három említett kutatást!

A 2.3-as fejezetben található hipnózis kutatásban (*Cerebral Cortex* cikk) a következő elemzés található: „Although the TRIPLET x CONDITION x GROUP interaction did not reach significance ($F_{1,10} = 1.72$, $P = 0.219$), the LSD post hoc tests revealed that participants with higher executive functions showed smaller sequence learning in the waking alert state compared

with the hypnotic condition (Fig. 2C; $P = 0.03$, $d = 0.94$), while participants with lower executive functions showed similar extent of sequence learning (Fig. 2E; $P = 0.58$, $d = 0.25$). In addition, the learning performance of the high executive function group was significantly smaller compared with the low executive function group in the waking alert state ($P = 0.04$, $d = 1.31$), while it was similar in the hypnotic state ($P = 0.51$, $d = 0.396$)."

Itt a kutatás fő kérdése a hipnózis vs. éber kondíció összehasonlítása volt, az említett nem szignifikáns interakció csak egy kiegészítő elemzés része volt, amit azért fejtettünk ki a cikkben, hogy azzal felvessük egy olyan kapcsolat lehetőségét a végrehajtó funkciók és szekvenciatanulás között, amit más kutatások célirányosan tesztelhetnek: a gyengébb végrehajtó funkció vezethet jobb tanuláshoz. Egy későbbi kutatásban (2.4-es fejezet, *Experimental Brain Research* cikk) meg is vizsgáltuk ezt a témát egy független mintán. Ismételten kapcsolatot találtunk a végrehajtó funkciók és szekvenciatanulás között éber állapotban, ami összhangban van a nem-szignifikáns interakcióban kifejtett eredményekkel.

A 2.9-es fejezetben az MCI vizsgálatunkban a következőt írtam: "Although the TRIplet $\times$ PART $\times$ GROUP interaction did not reach significance [$F(1, 32) = 2.62$, $p = 0.12$], planned comparisons revealed that the controls showed a similar extent of sequence-specific learning in the first and the second part of the blocks (13 and 14.5 ms, $p = 0.73$). In contrast, the MCI group showed higher sequence-specific learning in the second part of blocks than in the first part (1.7 vs. 9.6 ms, $p = 0.01$). All of these learning measures were significant ($ps < 0.004$), except for the first part of the blocks in the MCI group ($p = 0.68$). Thus, the group difference in sequence learning that we found in the previous analysis was driven mainly by the first part of the blocks (Figure 2), where the extent of sequence-specific learning was different between groups ($p = 0.01$), while they were similar in the second part of the blocks ($p = 0.22$)."

Az említett összehasonlítás a blokkok első és második fele között a kutatás egyik fő kérdését képezte, amelyre apriori hipotézisünk volt, és előre terveztük a csoportok és a blokkok első és második felének páronkénti összehasonlítását. Habár az alapját képező interakció nem lett

szignifikáns, fontosnak tartottuk az eredményeket közölni, hogy azok újabb kutatásokat inspiráljanak. Például egy függetlenül kutatásban Gamble, Howard et al. (2014) kimutatta, hogy Parkinson kórban szenvedő betegeknél fordított mintázat figyelhető meg (blokkok második felében teljesítenek rosszabbul), mint a mi vizsgálatunkban MCI-seknél (akik a blokkok első felében teljesítenek rosszabbul), ami kettős disszociációra utal a két betegcsoport között. Természetesen ezen eredmények alátámasztására további direkt replikációkra van szükség egy olyan vizsgálatban, ami pontosan ugyanazt a paradigmát használja az említett két betegcsoportban, és direkt statisztikai tesztben hasonlítja össze a teljesítményüket.

A 2.2-es fejezetben található fejlődéslélektani vizsgálatnál a következőt lett leírva: "however, there was a trend in the TRIPLET $\times$ AGE GROUP $\times$ CONDITION interaction [$F(1, 278) = 2.00, p = 0.095$], suggesting different learning performance across age groups in implicit vs. explicit conditions." Ezután azt lett megvizsgálva, hogy milyen eredmények vannak külön az implicit és explicit csoportoknál az egyes életkori csoportok között. Ez egy omnibus ANOVA volt, ami nem vette figyelembe a lehetséges életkori és instrukciós különbségeket a statisztikai és alternáló-szekvenciatanulás között (helyette a triplétt faktor szerepelt az ANOVA-ban). Azért tartottuk fontosnak mégis kifejtetni ezt az interakciót, ami csak tendenciaszintű volt hogy a kapott eredményeket össze lehessen hasonlítani korábbi kutatások eredményeivel (pl. ha a korábbi kutatás csak az implicit vagy explicit szekvenciatanulásra vonatkozott). Ami fontosabb, hogy a precízebb ANOVA-ban, ahol már nincs összevonva a kétféle tanulási forma a triplétt faktorba, hanem külön van kezelve (szekvencia vs. random magas gyakoriság vs. random alacsony gyakoriság), ott már a releváns TRIPLET $\times$ AGE GROUP $\times$ CONDITION interakció szignifikáns lett ($p=0.003$). A tanulmány nagyobbik része pedig ezekre az eredményekre fókuszál.

Emellett az opponens valószínűleg arra is felfigyelt, hogy a blokkok első és második felében mért tanulást is összehasonlítottuk ezekben a csoportokban (az MCI és PD cikk által motiválva), és itt valóban nem lett szignifikáns a négyes interakció („TRIPLET $\times$ CONDITION $\times$ PART $\times$ AGE GROUP interaction did not reach significance [$F(4, 278) = 0.962, p = 0.429$]”). Ez feltételezhetően egy gyengébb eredmény, aminél még replikációra van szükség, hogy meggyőződhessünk a megbízhatóságáról.

Összefoglalva: nem szignifikáns ANOVA-t tovább bontani nem szerencsés és ebből komoly állítást megfogalmazni nem szabad. De felvetni lehetséges új vizsgálati lehetőségeket igenis érdemes. Ez is a tudomány feladata. Komoly állítást megfogalmazni pedig csak megfelelő hatásnagysággal és erővel rendelkező, többszörösen replikált eredményekre alapozva lehet.

Válasz az 5.3-as kérdésre

Köszönöm, hogy a bíráló felhívta a figyelmemet erre a pontatlanságra az említett cikkben. A fejezetben közölt statisztikák validak és fontosak lehetnek az olvasók számára, hiszen a külön statisztikai elemzések az egyes kondíciókra rávilágítanak arra, hogy egy-egy feltételben külön-külön megtörtént-e a tanulás (TRIPLÉT főhatás). Mindemellett teljesen egyetértek a bírálóval, hogy ezek a külön elemzések alapján nem lehet következtetéseket levonni a kondíciók közötti különbségekre, és az ehhez kapcsolódó elemzés valóban kimaradt a tanulmányból. A tanulási mutatók kondíciónkénti összehasonlítására elvégzett ANOVA Bonferroni korrekciós post hoc tesztjében a szó és mondat kondíció különbözik szignifikánsan ($p=0.045$), míg a számolás kondíció nem különbözik sem a mondat ($p=0.305$), sem a szó kondíciótól ($p>0.9$).

A tanulmány fő állítása továbbra is megállja a helyét, hogy a szintaxis feldolgozását igénylő mondat kondíció interferál a probabilisztikus szekvenciatanulással.

Természetesen ezekből az eredményekből messzemenő következtetéseket levonni nem szabad (ebben az esetben arra vonatkozóan, hogy specifikusan a nyelvtan - mondat feltétel -, vagy bármilyen szabályszerűséggel rendelkező feladat interferál a szekvenciatanulással), ezért még további vizsgálatok kellenek ezek tesztelésére. A tudomány kumulatív jellegénél fogva a kutatásunk felhasználható lesz egy metaelemzésben, ami független kutatásokat integrálva, nagyobb elemszámú mintán tudja megvizsgálni a nyelvtan és a szekvenciatanulás kapcsolatát.

Válasz az 5.4-es kérdésre

A 2.1-es fejezetben (*Developmental Science* cikk) nincs olyan ANOVA, ahol alkalmazható lenne. Köszönöm az észrevételt! Greenhouse-Geisser említése valószínűleg azért maradt benne a

szövegben, mert egy korábbi elemzési változatban az epoch faktor is benne volt az elemzésben, ahol már lehet Greenhouse-Geisser-t végezni. Ez végül nem került be a végleges cikkbe.

A 2.3-as fejezetben (*Cerebral Cortex* cikk): a blokk főhatás alapján (58. oldal alja) igaz, itt valóban használtunk Greenhouse-Geisser korrekciót és nem jeleztük.

A 2.6-os fejezetben (*PLoS One* cikk): az említett számításnál valóban nem történt korrekció, csak ott, ahol a szfericitás teszt szignifikáns lett (condition x block). Köszönjük, hogy felhívta a figyelmünket a Mauchly-teszt hiányosságaira, a jövőbeli elemzéseknél ezt figyelembe fogjuk venni.

A 2.8-as fejezetben valóban nem történt korrekció a pontosság elemzésen belül az epoch főhatásra, a korrigált érték (eredeti szabadságfokokkal): $F(3,111)=3.130$, $p=0.055$ - tehát az általános pontosság csak tendenciaszinten változik. Nem változtat az eredeti eredményeken és értelmezéseken.

A 2.2-es fejezetben az említett 3-as interakciónál a homogenitás teszt (Mauchly) nem lett szignifikáns, ebben az esetben a Greenhouse Geisser korrekciós statisztika (F és p érték) megegyezik az egyenlő homogenitást feltételező teszt eredményével.

Válasz az 5.5-ös kérdésre

A 2.3-as fejezetben jeleztem, hogy két személynek nem voltak meg a végrehajtó funkció adatai: "Fluency and WCST task was administered once, in a third session in alert state. Two participants did not take part in the third session due to time schedule problems." (57. oldal).

A 2.4-es fejezetben valóban 4,112 a helyes szabadsági fok. Köszönjük az észrevételt!

A 2.5 fejezetben ez a statisztika szerepel: „The 2 (triplet: high and low) 4 (epochs: 1–4) repeated measures analysis of variance with condition (perceptual vs. motor) as the between-subject factor revealed sequence-specific learning [indicated by a significant main effect of the triplet: $F(1,23)=124$, mean square error (MSE)=56.65, $P < 0.001$, partial $\eta^2=0.63$], as well as general motor skill learning [shown by the significant main effect of the epoch: $F(4,20)=8.85$, MSE=32.53, $P < 0.001$, partial $\eta^2=0.72$], thereby suggesting that the more the participants practiced, the faster their responses became (Fig. 2a and b). The two groups (perceptual and motor conditions) did not differ either in sequence-specific or in general motor skill learning ($P > 0.31$).”

Ugyanez helyesen: „The 2 (triplet: high and low) $\times$ 4 (epochs: 1–4) repeated measures analysis of variance with condition (perceptual vs. motor) as the between-subject factor revealed sequence-specific learning [indicated by a significant main effect of the triplet: $F(1,32)=54.165$, mean square error (MSE)=386.57, $P < 0.001$, $\eta^2=0.63$], as well as general motor skill learning [shown by the significant main effect of the epoch: $F(3, 47.832)=82.72$, MSE=2276.77, $P < 0.001$, $\eta^2=0.72$], thereby suggesting that the more the participants practiced, the faster their responses became (Fig. 2a and b). The two groups (perceptual and motor conditions) did not differ either in sequence-specific or in general motor skill learning ($P > 0.434$).”

Köszönöm az opponensnek, hogy felhívta a figyelmem a hibára! Jól látható, hogy a tanulmány eredményei nem módosultak.

A 2.6 fejezetben a helyes szabadsági fokok valóban a 2,50. Köszönöm az észrevételt!

Válasz a 6. kérdésre

Köszönöm az opponens felvetését, hogy az instrukció változtatásával próbáljuk meg befolyásolni a pontossági mutatót. Tesztelni fogjuk mindenképp.

Válasz a 7. kérdésre

Köszönöm az opponens felvetését. Mindenképp a következő explicit ASRT vizsgálatainkban ezt megfogadjuk. Egyetértek, hogy az explicit kondíció egy dual-task helyzet, és ez komplexebbé teszi az eredmények interpretációját.

Válasz a 8. kérdésre

A 2.8.1. táblázatban az „ASRT learning” oszlopban lévő adatok azt jelzik, hogy az adott csoporton belül hány személy mutat szignifikáns tanulást. Például az ASD csoportban 13 résztvevőből 10 mutatott szignifikáns tanulást.

Köszönöm a 9. és 10. pontokban lévő kommenteket és felvetéseket.

Válasz Kovács Ilona kérdéseire

Válasz az 1. kérdésre

Ebben a szemeszterben kezdtünk el egy vizsgálsorozatot, melyben összehasonlítjuk a tripllett tanulást két feladaton: 1) a klasszikus ASRT feladaton és 2) egy olyan módosított verzión, mely nem tartalmaz állandó szekvenciát, csak a tripleteket. Vajon lesz különbség a teljesítményben a két feladat között? Ebben a vizsgálsorozatban azt is összehasonlítjuk, hogy a gyerekek és felnőttek eltérnek-e egymástól ezen a két változaton. Ha van interferencia a tripllett tanulás és a szekvenciatanulás között, akkor én is azt várnám, hogy szekvencia nélküli feladaton nem lesz teljesítményromlás az életkor előrehaladtával. Ha viszont a két tanulási forma egymástól független, akkor nem lesz különbség a szekvencia nélküli és a szekvenciát tartalmazó feladat között. Remélem a választ minél hamarabb megtudjuk!

Válasz a 2. kérdésre

Az értekezés központjában az áll, hogy az automatikus viselkedéseink háttérében milyen tanulási folyamatok állnak. Az opponens kérdése arra vonatkozik, hogy a már meglévő automatizmusainkat, hogyan tudjuk átírni. Vajon ugyanazok a tanulási folyamatok játszanak szerepet az új automatizmus és egy régi átírásában? Nemrég jelent meg egy tanulmányunk (Szegedi-Hallgató et. al., 2017), ahol azt vizsgáltuk, hogy ezt az áttanulást vagy más szóval az áthuzalozást milyen faktorok határozzák meg. Az egyik fő eredmény az volt, hogy kell egy offline, konszolidációs időszak a sikeres áthuzalozáshoz. A másik fő eredmény pedig az, hogy a sikeres áthuzalozás ellenére, a régi tudás is még elérhető (habár gyengébb). Az általunk kidolgozott módszer alkalmas arra, hogy további pszichológiai és idegtudományi vizsgálatokban tudjuk vizsgálni a kérdést.

Összességében köszönöm Kovács Ilona inspiráló kérdéseit, melyek új vizsgálatok kivitelezésére motiváltak!

Irodalom

- Ambrus, G. G., Janacsek, K., Trimborn, A. B., Kovacs, G., & Nemeth, D. (2017). When Less is More: Enhanced Statistical Learning After Disruption of Bilateral DLPFC. *bioRxiv*, 198515.
- Canto, C. B., Onuki, Y., Bruinsma, B., van der Werf, Y. D., & De Zeeuw, C. I. (2017). The Sleeping Cerebellum. *Trends in Neurosciences*.
- Conway, C. M., & Christiansen, M. H. (2001). Sequential learning in non-human primates. *Trends in cognitive sciences*, 5(12), 539-546.
- Hardwicke, T. E., Taqi, M., & Shanks, D. R. (2016). Postretrieval new learning does not reliably induce human memory updating via reconsolidation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(19), 5206-5211.
- Henke, K. (2010). A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, 11(7), 523-532.
- Howard Jr, J. H., Howard, D. V., Dennis, N. A., & Yankovich, H. (2007). Event timing and age deficits in higher-order sequence learning. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 14(6), 647-668.
- Howard, J. H., Jr., Howard, D. V., Dennis, N. A., & Kelly, A. J. (2008). Implicit learning of predictive relationships in three-element visual sequences by young and old adults. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 34, 1139-1157.
- Foti, F., De Crescenzo, F., Vivanti, G., Menghini, D., & Vicari, S. (2015). Implicit learning in individuals with autism spectrum disorders: a meta-analysis. *Psychological Medicine*, 45(5), 897-910.
- Gamble, K. R., Cummings Jr, T. J., Lo, S. E., Ghosh, P. T., Howard Jr, J. H., & Howard, D. V. (2014). Implicit sequence learning in people with Parkinson's disease. *Frontiers in human neuroscience*, 8.
- Janacsek, K., Borbély-Ipkovich, E., Nemeth, D., & Gonda, X. (2018). How can the depressed mind extract and remember predictive relationships of the environment? Evidence from implicit probabilistic sequence learning. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 81, 17-24.
- Nir, Y., Staba, R. J., Andrillon, T., Vyazovskiy, V. V., Cirelli, C., Fried, I., & Tononi, G. (2011). Regional slow waves and spindles in human sleep. *Neuron*, 70(1), 153-169.
- Obeid, R., Brooks, P. J., Powers, K. L., Gillespie-Lynch, K., & Lum, J. A. G. (2016). Statistical Learning in Specific Language Impairment and Autism Spectrum Disorder: A Meta-Analysis. *Frontiers in Psychology*, 7, 1245. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01245>

- Rajendran, V. G., Harper, N. S., Abdel-Latif, K. H., & Schnupp, J. W. (2016). Rhythm facilitates the detection of repeating sound patterns. *Frontiers in neuroscience*, 10.
- Shein-Idelson, M., Ondracek, J. M., Liaw, H. P., Reiter, S., & Laurent, G. (2016). Slow waves, sharp waves, ripples, and REM in sleeping dragons. *Science*, 352(6285), 590-595.
- Stark-Inbar, A., Raza, M., Taylor, J. A., & Ivry, R. B. (2017). Individual differences in implicit motor learning: task specificity in sensorimotor adaptation and sequence learning. *Journal of neurophysiology*, 117(1), 412-428.
- Staub, B., Doignon-Camus, N., Bacon, E., & Bonnefond, A. (2014). Investigating sustained attention ability in the elderly by using two different approaches: inhibiting ongoing behavior versus responding on rare occasions. *Acta psychologica*, 146, 51-57.
- Szegedi-Hallgató, E., Janacsek, K., Vékony, T., Tasi, L. A., Kerepes, L., Hompoth, E. A., ... & Németh, D. (2017). Explicit instructions and consolidation promote rewiring of automatic behaviors in the human mind. *Scientific Reports*, 7(1), 4365.
- Unoka, Z., Vizin, G., Bjelik, A., Radics, D., Nemeth, D., & Janacsek, K. (2017). Intact implicit statistical learning in borderline personality disorder. *Psychiatry Research*, 255, 373-381.
- Zwart, F. S., Vissers, C. T. W., Kessels, R. P., & Maes, J. H. (2017). Procedural learning across the lifespan: A systematic review with implications for atypical development. *Journal of Neuropsychology*.