

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
PEDAGÓGIAI ÉS PSZICHOLÓGIAI KAR



A doktori disszertáció tézisei

Brezóczki Bianka

**NEUROKOGNITÍV MECHANIZMUSOK AZ OBSZESSZÍV-KOMPULZÍV
TENDENCIÁK SPEKTRUMÁN: A STATISZTIKAI TANULÁS SZEREPE**

DOI: 10.15476/ELTE.2026.466

Pszichológiai Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Urbán Róbert, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Klinikai Pszichológia és Addiktológia Program

Vezető: Prof. Dr. Demetrovics Zsolt, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Témavezetők:

Prof. Dr. Németh Dezső, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Dr. Vékony Teodóra, kutató, Universidad del Atlántico Medio

Budapest, 2026

A disszertációban szereplő publikációk listája:

Brezóczki, B., Vékony, T., Pesthy, O., Tóth-Fáber, E., Csigó, K., Farkas, K., & Nemeth, D. (2023). Unraveling sequence learning in obsessive–compulsive disorder. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 54, 101326.

<https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2023.101326>

Brezóczki, B., Farkas, B. C., Hann, F., Pesthy, O., Tóth-Fáber, E., Farkas, K., Csigó, K., Németh, D., & Vékony, T. (2025). Individual differences in probabilistic learning and updating predictive representations in individuals with obsessive-compulsive tendencies. *BMC Psychiatry*, 25, 368. <https://doi.org/10.1186/s12888-025-06786-4>

Brezóczki, B., Vékony, T., Farkas, B. C., Hann, F., & Németh, D. (2026). Obsessive-compulsive tendencies shift the balance between competitive neurocognitive functions. *iScience*, 29(8), 116851. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.116851>

A tanulmányok összesített impakt faktora: 13.5

Mindhárom tanulmány Q1-es besorolású folyóiratban jelent meg.

Általános bevezetés

Obszesszív-kompulzív zavar: Klinikai jellemzők

Az obszesszív-kompulzív zavar (OCD) krónikus pszichiátriai állapot, amelyet tartós és betolakodó gondolatok, kényszerítések vagy képek, valamint a distressz enyhítése vagy a vélt veszély megelőzése érdekében végzett ismétlődő és merev viselkedéses vagy mentális cselekvések jellemeznek (American Psychiatric Association, 2022). Az obszessziók különböző témákhoz kapcsolódhatnak, többek között a szennyeződéshez, a károkozásért érzett felelősséghez, a szimmetriához vagy elfogadhatatlan betolakodó gondolatokhoz, míg a kompulziók magukban foglalhatnak nyílt viselkedéseket, például mosakodást, ellenőrzést és rendezgetést, valamint rejtett mentális rituálékat is. A tünetek tartalma és súlyossága jelentősen eltérhet, és különböző mértékben akadályozhatják a mindennapi működést (American Psychiatric Association, 2013, 2022).

A kategorikus diagnózistól az OCD dimenzionális konceptualizációjáig

A pszichiátriai zavarok jelentős heterogenitása egyre inkább megkérdőjelezi azt a hagyományos szemléletet, amely ezeket élesen elkülönülő diagnosztikai kategóriákként kezeli (Krueger et al., 2018). Emellett a pszichopatológiai tünetek gyakran átlépik a diagnosztikai határokat, és a diagnosztikai küszöböt el nem érő mértékben is jelen lehetnek (Buchweitz et al., 2026; Mataix-Cols et al., 2005). Mindez hozzájárult a dimenzionális megközelítések előtérbe kerüléséhez, amelyek a pszichopatológiai jellemzőket nem kizárólag elkülönülő kategóriák mentén, hanem folytonos dimenziók részeként értelmezik. Ezen belül a spektrumszemlélet lehetővé teszi a kapcsolódó pszichopatológiai jellemzők vizsgálatát a súlyosság teljes tartományában, a nem klinikai szinttől a klinikai megjelenésig (Fullana et al., 2010; Mataix-Cols et al., 2005). A fentiek alapján disszertációmban az OC-tendenciákat spektrumszemléletben vizsgálom, vagyis olyan jellemzőkként, amelyek súlyossága és mértéke egy kontinuum mentén változhat.

Ebben a spektrum szemléletben központi kérdés, hogy a kognitív és neurokognitív működés miként kapcsolódik az OC-tendenciák variabilitásához. Az OCD kognitív idegtudományi modelljei egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek a tanulás és a viselkedéses kontroll eltéréseire mint az OCD alapvető tüneteinek kialakulásában és fennmaradásában szerepet játszó lehetséges mechanizmusokra (Ahmari & Rauch, 2022; Gillan, Apergis-Schoute, et al., 2015; Gillan et al., 2011, 2014; Graybiel & Rauch, 2000; Hansmeier et al., 2018; Kathmann et al., 2005). Számos modell a célirányos és habituális kontrollrendszerek közötti egyensúly felborulását hangsúlyozza, amely szerint a kompulzív viselkedés hátterében a csökkent célirányos kontroll és a habituális válaszadás relatív túlsúlya állhat (Banca et al., 2024; Gillan et al., 2011; Gillan & Robbins, 2014; Yu et al., 2024). Ezzel párhuzamosan más kutatási irányok az implicit tanulási és emlékezeti folyamatok szerepét is felvetették az OCD tünettáiban (Deckersbach et al., 2002; Exner et al., 2014; Goldman et al., 2008; Graybiel & Rauch, 2000; Hansmeier et al., 2018; Kathmann et al., 2005; Kelmendi et al., 2016; Marker et al., 2006; Soreff et al., 2018, 2021; Vloet et al., 2010; Zetsche et al., 2015). A következőkben ezt a két kutatási irányt a felügyelt és a felügyelet nélküli tanulás keretében tekintem át.

Felügyelt tanulás

A felügyelt tanulás tág értelemben olyan tanulást jelent, amelyben a viselkedést külső információ, például visszajelzés, megerősítés vagy jutalom alakítja (Gillan et al., 2011; Zhong et al., 2025). Az OCD-kutatásban a felügyelt tanulási paradigmák fontos szerepet játszottak a célirányos és habituális kontroll közötti egyensúly, valamint a valószínűségi inger-kimenetel összefüggések elsajátításának vizsgálatában (Exner et al., 2014; Gillan et al., 2011; Hansmeier et al., 2018).

A mindennapi életben a hatékony adaptív működés a habituális és célirányos viselkedés összehangolt egyensúlyára támaszkodik, amely lehetővé teszi, hogy az egyén hatékonyan cselekedjen, miközben rugalmasan reagál a változó környezeti követelményekre (Balleine & O'Doherty, 2010). A célirányos viselkedést a végrehajtó funkciók (EF) támogatják; ezek olyan magasabb rendű, összetett kognitív funkciók, amelyek összehangolják a figyelmet, a flexibilitást, a gátlást és a munkamemóriát, ezáltal lehetővé téve a viselkedés aktuális céloknak megfelelő rugalmas megvalósítását (Diamond, 2013; Friedman & Robbins, 2022; Miyake et al., 2000). Ezzel szemben a habituális viselkedés hagyományosan ismételt megerősítés révén alakul ki, és fokozatosan érzéketlenné válik a kimenetel értékére (Anthony Dickinson, 1985; Balleine & O'Doherty, 2010; Carden & Wood, 2018; Gillan, Otto, et al., 2015). Az OCD szokáshipotézise ennek megfelelően azt feltételezi, hogy a kompulzív viselkedés e rendszerek közötti egyensúly megbomlásából ered, amelyet a csökkent célirányos kontroll és a habituális válaszadás relatív túlsúlya jellemez (Gillan, Apergis-Schoute, et al., 2015; Gillan et al., 2011, 2014, 2020; Robbins et al., 2019). A felügyelt tanulás kutatásának másik irányát a probablisztikus kategorizációs tanulás jelenti, amelyet gyakran az Időjós feladattal (Weather Prediction Task; WPT; Knowlton et al., 1994) vizsgálnak. A kutatások OCD-ben általában intakt teljesítményről számolnak be, bár bizonyos alcsoportokban károsodásra utaló eredmények is születtek (Exner et al., 2014; Hansmeier et al., 2018; Kelmendi et al., 2016; Zetsche et al., 2015).

Mivel a felügyelt tanulási feladatokban nyújtott teljesítmény külső visszajelzéstől vagy megerősítéstől függ, egyszerre tükrözi az asszociációk elsajátítását és azok kimeneteleinek feldolgozását. A felügyelt tanulási paradigmákban megfigyelt viselkedéses különbségek ezért nem feltétlenül tulajdoníthatók magának az asszociatív tanulásnak, mivel a visszajelzés, a jutalom vagy a kimenetek feldolgozásának eltéréseit is tükrözhetik.

Felügyelet nélküli tanulás

Az említett korlátok rámutatnak a felügyelet nélküli tanulás vizsgálatának fontosságára, amely explicit instrukció, visszajelzés vagy megerősítés hiányában teszi lehetővé a környezetben rejlő szabályszerűségek elsajátítását (Aslin, 2017; Castro et al., 2018; Conway, 2020; Love, 2002; Zhong et al., 2025). Ez a tanulási forma alapvető szerepet játszhat a készségek, szokások és automatikus viselkedések kialakulásában (Conway, 2020; Horváth et al., 2022; Kaufman et al., 2010), amelyek ismételt tapasztalat és gyakorlás révén, jutalomtól, visszajelzéstől vagy tudatos irányítástól függetlenül is létrejöhetnek (Horváth et al., 2022; Kaufman et al., 2010). Ennek egyik alapvető mechanizmusa a statisztikai tanulás (SL), vagyis a környezetben előforduló szabályszerűségek, valamint determinisztikus és probablisztikus struktúrák elsajátítása (Conway, 2020; Fiser & Aslin, 2005; Pedraza et al., 2024; Theeuwes et al., 2022).

A felügyelet nélküli tanulási mechanizmusok empirikus vizsgálatában gyakran alkalmaznak vizuomotoros tanulási paradigmákat, különösen a Szeriális Reakcióidő Feladatot (Serial Reaction Time, SRT; Nissen & Bullemer, 1987). A determinisztikus SRT-paradigmákat alkalmazó vizsgálatok OCD-ben általában sérült vagy csökkent teljesítményről számoltak be (Deckersbach et al., 2002; Goldman et al., 2008; Kathmann et al., 2005; Marker et al., 2006; Soref et al., 2018; Vloet et al., 2010; kivételeként lásd: Rauch et al., 1997, 2007), ami a determinisztikus tanulás lehetséges deficitjére utal. Bár a determinisztikus paradigmák fontos információval szolgálnak a felügyelet nélküli tanulásról, rögzített struktúrájuk elsősorban kiszámítható szekvenciák elsajátítását ragadja meg, így csak részben tükrözheti a változó és zajos környezetben zajló tanulást. A mindennapi környezetben a szabályszerűségek, összefüggések és mintázatok elsajátítása gyakran zaj jelenlétében, szándékos erőfeszítés nélkül és implicit módon, probablisztikus tanulás révén történik. Alapvető szerepe ellenére a felügyelet nélküli probablisztikus tanulás OCD-ben mindeddig nagyrészt feltáratlan terület.

Módszertani szempontból a klasszikus SRT-feladat ugyan csökkenti a jutalom és a visszajelzés szerepét a felügyelt paradigmákhoz képest, azonban korlátozottan teszi lehetővé a tanulás-specifikus folyamatok elkülönítését (Janacsek et al., 2012; Szegedi-Hallgató et al., 2019). Mivel a szekvencia elemeinek ismételt gyakorlását nem szakítják meg random vagy zajos próbák, a reakcióidő javulása egyaránt tükrözheti a szekvenciatanulást és az általános vizuomotoros teljesítmény javulását. További korlátot jelent, hogy a determinisztikus SRT-feladatok elősegíthetik az ismétlődő szekvencia explicit tudatosulását (Remillard, 2003, 2014). OCD-vel diagnosztizált személyeknél ez a tudatosság az implicit tanuláson túlmutató stratégiák alkalmazását eredményezheti (Soreff et al., 2018, 2021). Ezek az elméleti és módszertani szempontok együttesen egy olyan probabilisztikus paradigma alkalmazását indokolják, amely specifikusabban képes megragadni az implicit SL-t, miközben lehetővé teszi a tanulás-specifikus hatások elkülönítését az általános vizuomotoros teljesítményváltozásoktól.

Tanulás a zajban: Alternáló Szeriális Reakcióidő Feladat

A determinisztikus SRT-paradigmák elméleti és módszertani korlátainak áthidalására az Alternáló Szeriális Reakcióidő Feladat (Alternating Serial Reaction Time feladat, ASRT; Farkas et al., 2023; Howard & Howard, 1997) ígéretes alternatívát kínál. Az ASRT egy négyválasztásos vizuomotoros tanulási feladat, amelyben a szekvenciális szabályszerűségek random elemekkel váltakozva probabilisztikus struktúrát hoznak létre (Farkas et al., 2023; Howard & Howard, 1997). Ez a struktúra csökkenti az explicit tudatosulás lehetőségét, és lehetővé teszi az implicit SL szelektívebb mérését (Horváth et al., 2022; Vékony et al., 2022). Az SL-paradigmák között az ASRT viszonylag tisztán méri a probabilisztikus tanulást, miközben csökkenti a tanulástól független folyamatok hatását (Janacsek et al., 2012; Nemeth & Tóth-Fáber, 2026). Probabilisztikus struktúrája emellett jobban közelíti a mindennapi tanulási helyzeteket, amelyekben a szabályszerűségeket gyakran változó környezeti információból, nem pedig teljesen kiszámítható mintázatokból kell kinyerni.

Az adaptív viselkedés szempontjából azonban nemcsak a környezeti szabályszerűségek elsajátítása fontos, hanem az is, hogy a kialakult reprezentációk miként módosulnak a környezet megváltozásakor. A tanulás többkomponensű folyamat, amely az információ kezdeti elsajátításán túl annak fenntartását és az új tapasztalatoknak megfelelő frissítését is magában foglalja. A korábban megszerzett tudás rugalmas módosítása különösen releváns lehet OCD-ben. A felügyelt tanulási paradigmák eredményei arra utalnak, hogy OCD-ben csökkenhet a viselkedés alkalmazkodása, amikor a korábban megtanult asszociációk megváltoznak (Gillan et al., 2011, 2014; Vaghi et al., 2019). Ezek az eredmények felvetik, hogy az OCD-hez kapcsolódó eltérések nemcsak az információ elsajátítását érinthetik, hanem azt is, hogy a korábban megszerzett tudás miként módosul és irányítja a viselkedést a környezeti feltételek változásakor. Ugyanakkor továbbra sem világos, hogy hasonló eltérések jellemzik-e a felügyelet nélküli tanulás során kialakult statisztikai reprezentációk frissítését.

Milyen áron? – az interaktív memóriarendszerek keretrendszere

A statisztikai szabályszerűségek elsajátításán és frissítésén túl az adaptív viselkedés szempontjából az is lényeges, hogy az automatikus tanulási folyamatok miként lépnek kölcsönhatásba a célirányos kontrollal. Az SL és az EF párhuzamosan működnek, részben átfedő neurokognitív erőforrásokra támaszkodnak, és versenghetnek a viselkedés kontrolljáért (Ambrus et al., 2020; Pedraza et al., 2024; Poldrack et al., 2001; Vékony, Brezóczi, et al., 2025). Az interaktív memóriarendszerek elmélete szerint az automatikus tanulási folyamatok erőteljesebb bevonódása gyakran a végrehajtó kontroll kisebb mértékű igénybevételével jár együtt, így az adaptív viselkedés ezeknek a rendszereknek a dinamikus és rugalmas egyensúlyára épül (Horváth et al., 2022, 2025; Pedraza et al., 2024; Poldrack et al., 2001).

Az SL és az EF kapcsolatának OCD-ben történő vizsgálatakor fontos kérdés, hogy a végrehajtó kontroll mely komponensei lehetnek különösen relevánsak. Ezek közül a kognitív flexibilitás különösen releváns végrehajtó funkció, amelynek csökkent működése az OCD és az OC-tendenciák egyik következetesen leírt kognitív jellemzője (Chamberlain et al., 2007; Tomiyama et al., 2019; Vaghi et al., 2017). Mindezek alapján fontos kérdés, hogy a kognitív flexibilitás miként kapcsolódik az SL-hez, tágabb értelemben pedig az automatikus és célirányos kontroll közötti egyensúlyhoz az OC tendenciák tekintetében.

A vizsgálatok céljai és kutatási kérdések

A disszertáció célja a felügyelet nélküli tanulás és a célirányos kontroll vizsgálata az OC-tendenciák teljes spektrumán, az OCD neurokognitív modelljeire és a tanuláselméleti megközelítésekre alapozva. A tanulás és a frissítés önálló vizsgálata mellett a disszertáció arra is kitér, hogyan kapcsolódik a tanulás a végrehajtó kontrollhoz, és hogyan függnek össze ezek a folyamatok az OC-tendenciák mértékével.

Ennek megfelelően a disszertáció a következő kutatási kérdésekre keresi a választ:

- I. Mit tudunk jelenleg a felügyelet nélküli tanulásról OCD-ben? – 1. tanulmány
- II. Hogyan befolyásolják a nem klinikai OC-tendenciák a felügyelet nélküli statisztikai tanulás és a prediktív reprezentációk frissítésének egyéni különbségeit? – 2. tanulmány
- III. Hogyan modulálják a nem klinikai OC-tendenciák a statisztikai tanulás és a kognitív flexibilitás közötti dinamikus kölcsönhatást? – 3. tanulmány

I. 1. tanulmány: Mit tudunk jelenleg a felügyelet nélküli tanulásról OCD-ben?

Publikáció:

Brezóczki, B., Vékony, T., Pesthy, O., Tóth-Fáber, E., Csigó, K., Farkas, K., & Nemeth, D. (2023). Unraveling sequence learning in obsessive–compulsive disorder. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 54, 101326. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2023.101326>

Az obszesszív-kompulzív zavar neurobiológiai modelljei

Az OCD jelenlegi neurobiológiai modelljei a frontostriális régiók strukturális és funkcionális eltéréseit hangsúlyozzák, beleértve a putament (Choi et al., 2007; Luo et al., 2019; Pujol et al., 2004; Radua et al., 2010; Tao et al., 2023; Zarei et al., 2011), a nucleus caudatust (Choi et al., 2007; Radua et al., 2010; Robinson, 1995; Scarone et al., 1992), a globus pallidust (Chen et al., 2022; Szeszko et al., 2004), a kisagyat (Narayanaswamy et al., 2016; Pujol et al., 2004; Shobeiri et al., 2023; Tang et al., 2016; Tao et al., 2023), valamint az orbitofrontális és más prefrontális kérgi területeket (Ahmari & Rauch, 2022; Kang et al., 2004; Whiteside et al., 2004). Ezek az agyterületek egy alapvető kognitív folyamatban, a szekvenciatanulásban is kulcsszerepet játszanak (Janacsek et al., 2020). Az szekvenciatanulás a környezetben megjelenő sorrendiségi és szabályszerűségi információk elsajátítását támogatja (Conway, 2020), implicit vagy explicit módon. Az OCD és az SL részben átfedő neurális háttere ezért felveti a kérdést, hogy a szekvenciatanulás működése milyen eltéréseket mutat OCD-ben.

Az OCD-ben zajló szekvenciatanulást számos vizsgálat tanulmányozta a Szeriális Reakcióidő Feladat (Serial Reaction Time, SRT; Nissen & Bullemer, 1987) különböző változataival. Az SRT-feladat teljesítménye három fő komponens mentén jellemezhető: a szekvencia-specifikus tanulás, a gyakorlás során bekövetkező általános vizuomotoros teljesítményjavulás, valamint az általános RT. Míg a szekvenciaspecifikus tanulás a szekvenciális mintázatok elsajátítását tükrözi, a vizuomotoros teljesítményjavulás a gyakorlás hatására bekövetkező általános gyorsulást ragadja meg (Pedraza et al., 2023). A korábbi, OCD-ben SRT-paradigmát alkalmazó vizsgálatok ugyanakkor nem különítették el következetesen ezt a három, részben eltérő szubkortikális hálózatokhoz kapcsolódó teljesítménymutatót (Goldman et al., 2008; Marker et al., 2006; Rauch et al., 1997, 2007). Az első tanulmányban ezért az SRT-irodalom eredményeit az említett három komponens mentén tekintettük át, azzal a céllal, hogy pontosabb képet kapjunk az OCD-hez kapcsolódó tanulási eltérések funkcionális és neurobiológiai hátteréről.

Szekvenciatanulás obszesszív-kompulzív zavarban

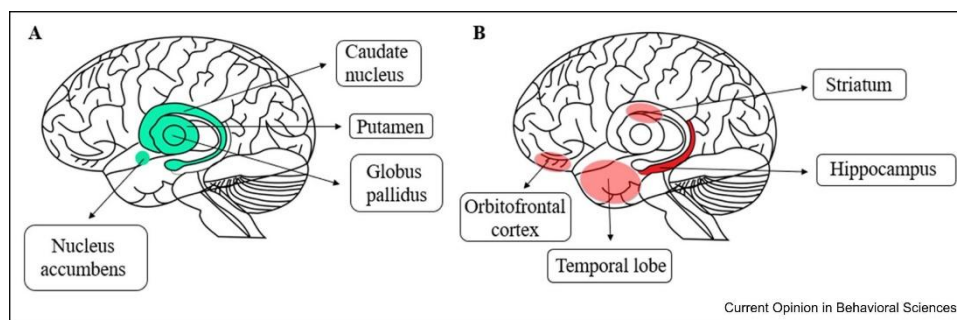
A szekvenciaspecifikus tanulásra vonatkozó eredmények OCD-ben nem mutatnak egységes képet. Három vizsgálat az SRT-feladat különböző adaptációival intakt teljesítményt mutatott OCD-ben (Rauch et al., 1997, 2007; Soref et al., 2018). Összességében a vizsgálatok ellentmondásos eredményeket adtak az OCD-ben megfigyelhető szekvenciaspecifikus tanulásról: intakt (Rauch et al., 1997, 2007; Soref et al., 2018), csökkent (Goldman et al., 2008; Kathmann et al., 2005; Marker et al., 2006; Soref et al., 2018), vagy akár sérült teljesítményt (Deckersbach et al., 2002; Vloet et al., 2010). Az eltéréseket olyan feladattervezési tényezők befolyásolják, mint az egy- vagy kétfeladatos helyzet alkalmazása, a válasz-inger intervallum hossza, illetve mindenekelőtt a szekvencia tudatosulásának mértéke. A jövőbeli vizsgálatoknak ezekre a tényezőkre szisztematikusan kontrollálniuk kell a szekvenciatanulás és az OCD kapcsolatának mélyebb megértése érdekében.

A szekvencia-specifikus tanulás mellett kevesebb ismeret áll rendelkezésre az OCD-vel diagnosztizált személyek vizuomotoros teljesítményének javulásáról. Egyes vizsgálatok hasonló vizuomotoros teljesítményjavulást találtak OCD-vel élő személyek és kontrollszemélyek között (Deckersbach et al., 2002; Goldman et al., 2008; Kathmann et al.,

2005). Mindazonáltal az összesített eredmények arra utalnak, hogy az OCD-vel diagnosztizált személyek vizuomotoros teljesítményjavulása intakt lehet. Az eredmények értelmezésekor kulcsfontosságú figyelembe venni a különböző befolyásoló tényezőket, például a kísérleti elrendezést, a feladatinstrukciókat és az egyéni jellemzőket.

A harmadik teljesítménymutató, amely kiegészítheti a vizuomotoros teljesítményjavulás eredményeinek jobb megértését, a résztvevő feladat alatti általános RT-je. Az OCD-vel diagnosztizált személyek általános RT-jére vonatkozó összesített eredmények vegyesek voltak. Az általános RT-teljesítményt a szekvenciaspecifikus tanulás és a vizuomotoros teljesítményjavulás kiegészítő mutatójaként célszerű értelmezni, figyelembe véve annak többtényezős jellegét és az egyéni variabilitást.

A viselkedéses eredmények mellett az SRT-feladat során végzett képalkotó vizsgálatok sem rajzolnak ki egyértelmű neurobiológiai képet. Míg neurotipikus személyeknél a bazális ganglionok különböző alrégióinak részvétele figyelhető meg az (implicit) SRT-feladat során (Janacsek et al., 2020), OCD-vel élő személyeknél a feladat alatt elsősorban a hippocampus, a kétoldali mediotemporális régiók és az orbitofrontális kéreg aktivációját találták (Rauch et al., 1997, 2007) (1. ábra). Ezeket az agyterületeket korábban explicit, deklaratív emlékezeti folyamatokhoz kapcsolták (Rauch et al., 1997, 2007; Squire, 1992), ezért felmerült az explicit stratégiák bevonódása az OCD-ben zajló szekvenciatanulás során (Deckersbach et al., 2002; Kathmann et al., 2005; Rauch et al., 1997, 2007; Soreff et al., 2018). Ezek az eredmények további kérdéseket vetnek fel e fundamentális tanulási folyamat mögöttes mechanizmusával kapcsolatban OCD-vel diagnosztizált személyeknél.



1. ábra. Az agyi régiók eltéréseinek sematikus ábrázolása (a) egészséges kontrollszemélyek (Janacsek et al., 2020) és (b) OCD-vel diagnosztizált személyek (Rauch et al., 1997, 2007) között az SRT-feladat során. Fontos megemlíteni, hogy újabb vizsgálatok neurotipikus személyeknél is kimutatták a mediális temporális lebeny és a hipokampális régiók bevonódását az SRT-feladat során (Albouy et al., 2013).

Elméleti megfontolások

A három viselkedéses mutató és a képalkotó eredmények egyaránt heterogén képet mutatnak, ami megnehezíti az OCD-ben zajló SL-re vonatkozó egyértelmű következtetések levonását. Ezen eltérések értelmezéséhez neurobiológiai és viselkedéses szempontok egyaránt hozzájárulhatnak. Az egyik lehetséges magyarázatot a deklaratív memória hipotézise kínálja (Ullman & Pullman, 2015). Eszerint egy viszonylag jól működő deklaratív memóriarendszer képes lehet kompenzálni a bazális ganglionokhoz kötődő folyamatok, köztük az SL károsodását különböző zavarokban, így OCD-ben is (Ullman, 2004; Ullman & Pullman, 2015). OCD-ben több vizsgálat is intakt deklaratív emlékezeti működésről számolt be (Deckersbach et al., 2002; Goldman et al., 2008; Kathmann et al., 2005; Marker et al., 2006), ami lehetőséget teremthet arra, hogy a deklaratív rendszer kompenzálja az implicit tanulási folyamatok eltéréseit (Deckersbach et al., 2002; Goldman et al., 2008; Hart et al., 2014). A viselkedéses teljesítményt így a neurokognitív rendszerek kölcsönhatása is meghatározhatja, kettős feladathelyzetben pedig az egyik rendszer fokozottabb bevonódása a másik háttérbe szorulásával járhat (Ambrus et al., 2020; Nemeth et al., 2013; Pedraza et al., 2024; Virag et al., 2015).

A vizsgálatok közötti eltérésekhez ugyanakkor a módszertani különbségek mellett az egyéni jellemzők is hozzájárulhatnak, beleértve a tüneti altípusokat és a tünetek súlyosságát (Goldman et al., 2008; Leckman et al., 2007; Leopold & Backenstrass, 2015; Mataix-Cols et al., 2005; Rauch et al., 2007). Az OCD jelentős heterogenitását figyelembe véve (Bragdon et al., 2018; Leckman et al., 2007; Mataix-Cols et al., 2002, 2004, 2005), a különböző tüneti dimenziók és súlyossági szintek részben eltérő neurobiológiai folyamatokhoz is kapcsolódhatnak (Mataix-Cols et al., 2004; van den Heuvel et al., 2008).

Jövőbeli irányok

Az áttekintés elsődleges célja az OCD és a szekvenciatanulás kapcsolatának pontosabb megértése volt három különböző tanulási teljesítménymutató elkülönítésével. Ezt azonban nehezítette, hogy csak kevés vizsgálat kísérleti elrendezése tette lehetővé mindhárom mutató egyidejű vizsgálatát. Az eredményeket óvatosan kell értelmezni, különösen azért, mert a klasszikus SRT-paradigma nem teszi lehetővé a szekvenciaspecifikus tanulás és a vizuomotoros teljesítményjavulás egyértelmű elkülönítését. A klasszikus SRT-feladat módszertani korlátainak áthidalására az Alternáló Szeriális Reakcióidő Feladat (Alternating Serial Reaction Time, ASRT; Howard & Howard, 1997) kínálhat megfelelő alternatívát. A klasszikus SRT-feladattól eltérően az ASRT-ben előre meghatározott szekvenciális elemek random elemekkel váltakoznak, ezáltal probabilisztikus struktúrát hozva létre. A feladat így lehetővé teszi a szekvencia-specifikus tanulás mérését a bejósolhatóbb és kevésbé bejósolható ingerekre adott válaszok különbsége alapján, miközben a vizuomotoros teljesítményjavulás és az általános RT ettől elkülönítve vizsgálhatók (Szegedi-Hallgató et al., 2019). Az ASRT során megfigyelhető tanulás implicit jellegét (Horváth et al., 2022; Vékony et al., 2022), valamint a feladat magas megbízhatóságát (Farkas et al., 2023) korábbi vizsgálatok is alátámasztották. Módszertani szempontból ezért az ASRT alkalmas lehet az OCD és a szekvenciatanulás kapcsolatának pontosabb vizsgálatára. Emellett az OCD-hez kapcsolódó tanulási sajátosságok átfogóbb megértéséhez fontos lehet a kutatások kiterjesztése a szubklinikai populációra is.

II. 2. tanulmány: Hogyan befolyásolják az OC-tendenciák a felügyelet nélküli statisztikai tanulás és a prediktív reprezentációk frissítésének egyéni különbségeit?

Publikáció:

Brezóczki, B., Farkas, B. C., Hann, F., Pesthy, O., Tóth-Fáber, E., Farkas, K., Csigó, K., Németh, D., & Vékony, T. (2025). Individual differences in probabilistic learning and updating predictive representations in individuals with obsessive-compulsive tendencies. *BMC Psychiatry*, 25, 368. <https://doi.org/10.1186/s12888-025-06786-4>

Bevezetés

Az OCD-t a betolakodó gondolatok (obszessziók) és a merev, ismétlődő cselekvések (kompulziók) túlzott, a mindennapi működést akadályozó jelenléte jellemzi (American Psychiatric Association, 2022). A kompulzív cselekvéseket az érintettek gyakran irracionálisnak érzik, és bár szeretnék abbahagyni őket, nehezen képesek kontrollálni a hozzájuk kapcsolódó késztetéseket (American Psychiatric Association, 2022; Gillan & Robbins, 2014). Az OCD tanulási folyamatainak vizsgálata ezért elsősorban olyan helyzetekre összpontosított, amelyekben a résztvevők explicit tudást szerezhetnek a megtanult összefüggésekről. Ennek megfelelően a korábbi kutatások túlnyomórészt determinisztikus kontingenciákat, illetve visszajelzést vagy jutalmat alkalmazó felügyelt tanulási paradigmákat vizsgáltak (Banca et al., 2015; Exner et al., 2014; Gillan et al., 2011, 2014, 2015, 2016; Hansmeier et al., 2018; Joel et al., 2005; Kelmendi et al., 2016; Vaghi et al., 2019; Zetsche et

al., 2015). A mindennapi környezetben ugyanakkor számos szabályszerűséget szándékos tanulás és külső visszajelzés nélkül, implicit módon sajátítunk el a változékonny és zajos környezeti információból (Aslin, 2017; Conway, 2020; Horváth et al., 2022; Pedraza et al., 2024). Ez a probabilisztikus tanulási folyamat OCD és OC-tendenciák esetében különösen releváns lehet, mivel hozzájárulhat a habituális, ismétlődő viselkedések kialakulásához és fennmaradásához (Conway, 2020, Horváth et al., 2022). A felügyelet nélküli probabilisztikus tanulás működéséről azonban továbbra is keveset tudunk az OCD és az OC-tendenciák vonatkozásában, ezért a jelen vizsgálat egyik célja ennek részletesebb feltárása volt.

A környezet folyamatos változása miatt ugyanakkor nemcsak a statisztikai szabályszerűségek elsajátítása, hanem a kialakult prediktív reprezentációk fenntartása és új információk alapján történő frissítése is fontos. Felügyelt tanulási paradigmák eredményeire épülő elméletek szerint OCD-ben fokozott lehet a korábban megtanult információkhoz való ragaszkodás, és csökkenhet a viselkedés új környezeti feltételekhez való rugalmas igazítása (Banca et al., 2024; Gillan et al., 2011, 2014). Továbbra is kérdés azonban, hogy az OC-tendenciák miként kapcsolódnak a korábban kialakult prediktív reprezentációk fenntartásához és frissítéséhez, amikor a környezeti szabályszerűségek felügyelet nélküli tanulási helyzetben megváltoznak.

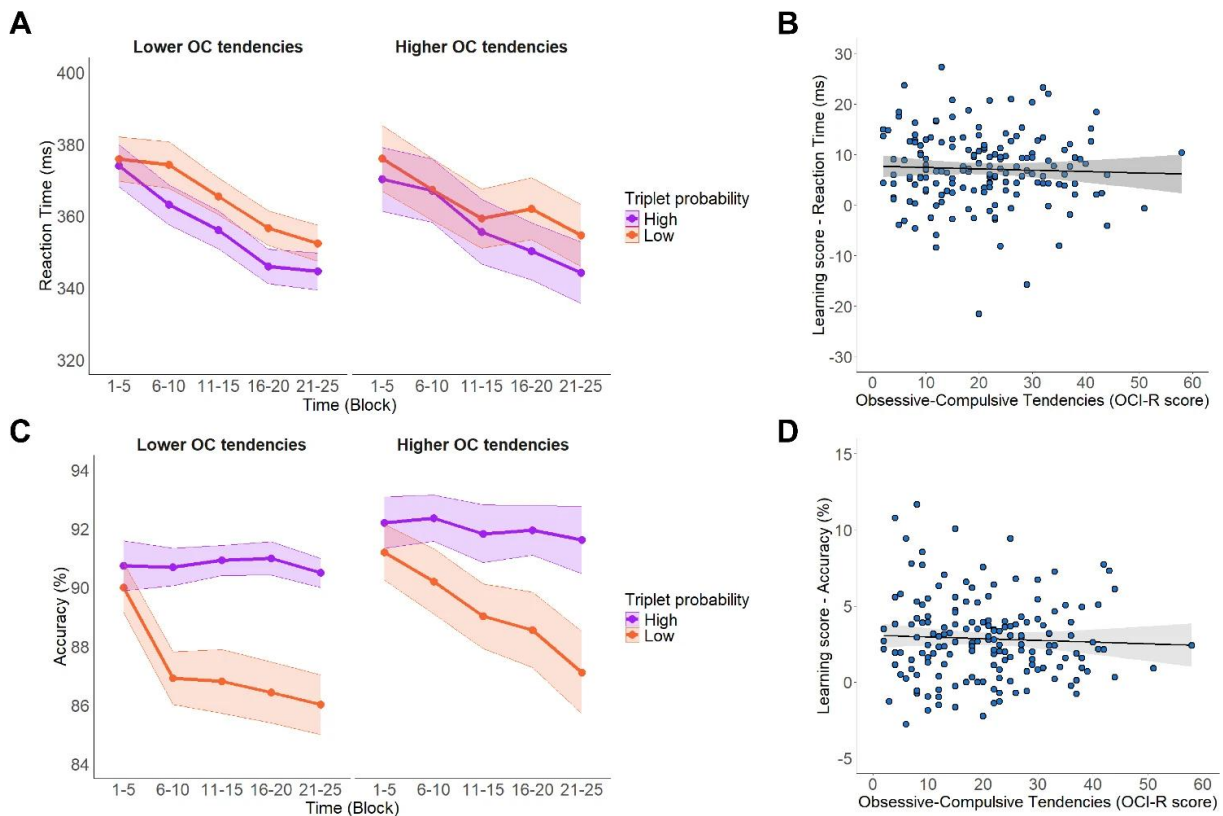
Módszerek

A kutatás két, egymástól független mintán végzett vizsgálatból állt ($N_{\text{Study1}} = 164$, $N_{\text{Study2}} = 256$), amelyekben diagnózissal nem rendelkező fiatal felnőttek vettek részt. Az OC-tendenciákat folyamatos változóként mértük a 18 tételes Obszesszív-Kompulzív Kérdőív – Módosított változatával (OCI-R; Foa et al., 2002). A probabilisztikus tanulás mérésére egy vizuomotoros tanulási paradigmát, az Alternáló Szeriális Reakcióidő (ASRT) feladatot alkalmaztuk (Farkas et al., 2023; Howard & Howard, 1997). Az 1. vizsgálatban az ASRT-feladat 25 blokkból állt, amelyek egy nyolcelemű szekvencia 10 ismétlését tartalmazzák, így blokkonként összesen 80 ingert. A 2. vizsgálatban ugyanezt a feladatstruktúrát alkalmaztuk, de módosítottuk a feladat elrendezését. A Tanulási fázisban a résztvevők egy előre meghatározott probabilisztikus szekvenciát tanultak és gyakoroltak (A szekvencia: pl. 2-r-4-r-3-r-1-r). A 21–25. blokkban előzetes figyelmeztetés nélkül megváltoztattuk a szekvenciastruktúrát (Interferencia fázis), és az eredeti szekvencia fordított változatát mutattuk be (pl. A szekvencia: 2-r-4-r-3-r-1-r; B szekvencia: 1-r-3-r-4-r-2-r). A 26–30. blokkban ismét az eredeti (A) szekvenciát alkalmaztuk. Ezzel az elrendezéssel a probabilisztikus tanulás és a vizuomotoros teljesítményjavulás mellett az interferáló információra való érzékenységet is vizsgálni tudtuk. Az ingerhármasokat a Tanulási és az Interferencia fázisban fennálló valószínűségük alapján kategorizáltuk: az első betű a Tanulási, a második az Interferencia fázisban fennálló valószínűséget jelöli (H = magas, L = alacsony). Ennek megfelelően a 'H L' ingerhármasok, vagyis tripletek a Tanulási fázisban magas, az Interferencia fázisban alacsony valószínűségűek, az LH tripletek pedig kezdetben alacsony, majd az Interferencia fázisban magas valószínűségűek voltak, míg az 'L L' tripletek mindkét fázisban alacsony valószínűségűek maradtak. Horváth et al. (2022) alapján a 'H L' és 'L L' ingerhármasokon nyújtott teljesítmény különbsége a korábban elsajátított információ interferenciával szembeni fennmaradását tükrözi („Régi tudás”). Ezzel szemben az 'L H' és 'L L' tripletek nyújtott teljesítmény különbsége az Interferencia fázisban megjelenő új statisztikai szabályszerűségek elsajátítását jelzi („Új tudás”; Horváth et al., 2022). Az RT elemzésére lineáris kevert modelleket (LMM), a pontosság elemzésére pedig generalizált lineáris kevert modelleket (GLMM) alkalmaztunk. A modellek fix hatásként tartalmazzák az időt, a tripletek típusát, az OC-tendenciákat (OCI-R pontszám), valamint ezek magasabb rendű interakcióit.

Eredmények

Probabilisztikus tanulás

Az 1. vizsgálatban az OC-tendenciák sem az implicit probabilisztikus tanulás mértékével, sem annak időbeli lefutásával nem mutattak összefüggést RT tekintetében (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(1, 159.45)} = 0.11, p = .736$; Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(4, 243622.68)} = 1.66, p = .157$), lásd 2A, B ábra.. Az RT-modellhez hasonlóan, az OCI-R pontszámot tartalmazó egyik interakció sem volt statisztikailag szignifikáns a pontossági teljesítménymutató tekintetében, ami arra utal, hogy az OC-tendenciák a pontosság alapján sem mutatnak kapcsolatot a probabilisztikus tanulás mértékével vagy dinamikájával (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(1) = 0.27, p = .605$; Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(4) = 6.11, p = .191$), ahogy a 2C és D ábra is mutatja.

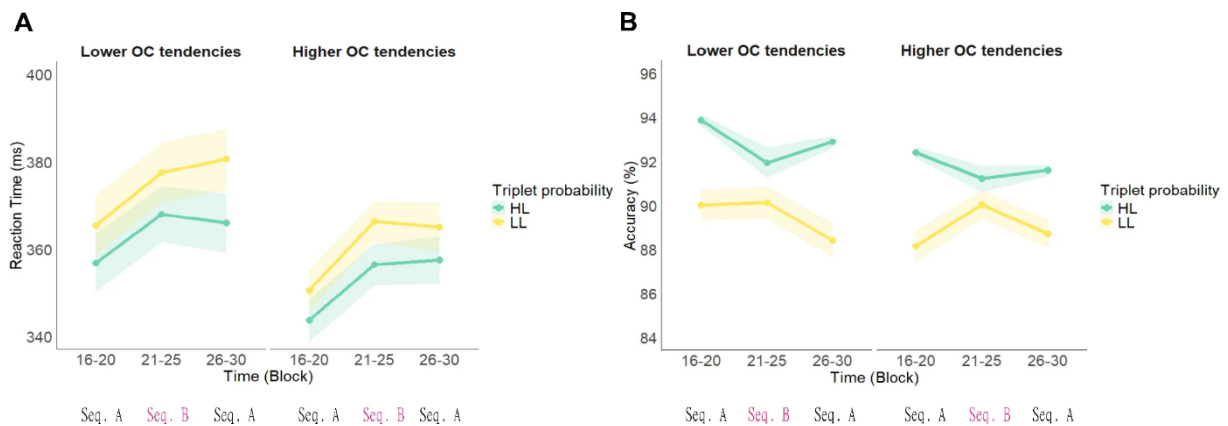


2. ábra. A probabilisztikus tanulási teljesítménymutatók az OC-tendenciák függvényében az 1. vizsgálatban. A. A probabilisztikus tanulási teljesítmény időbeli lefutása (blokkonkénti) reakcióidő alapján. A narancssárga vonal az alacsony valószínűségű tripletekre, a lila vonal a magas valószínűségű tripletekre adott válaszokat jelöli. Megjegyzendő, hogy az OCI-R pontszámmal mért OC-tendenciákat az elemzésekben folytonos változóként kezeltük, de a szemléletesebb adatábrázolás érdekében az eredményeket a középértéktől számított szórás alapján alacsonyabb OC-tendenciák (OCI-R pontszám: 20.73–11.33, balra) és magasabb OC-tendenciák (OCI-R pontszám: 20.73 + 11.33, jobbra) mellett ábrázoltuk. Az x-tengely az időt, az y-tengely az RT-t (ms-ban) jelöli. A résztvevők implicit SL-t is mutattak, mivel a feladat előrehaladtával egyre gyorsabbá váltak a magas valószínűségű tripletekre, mint az alacsony valószínűségűekre. Az OC-tendenciák azonban sem a tanulás mértékét, sem annak lefutását nem befolyásolták. Minden ábrán a pontok az átlagokat, a hibasávok a SEM-et jelölik. B. Az OC-tendenciák és a teljes feladatra számított, alacsony és magas valószínűségű tripletek reakcióideje alapján képzett különbségi tanulási pontszámok közötti korreláció. A probabilisztikus tanulás és az OC-tendenciák közötti korreláció reakcióidőben nem volt szignifikáns ($r(162) = -.029, p = .709$), ami azt jelzi, hogy az OC-tendenciák nem állnak kapcsolatban a reakcióidővel mért probabilisztikus tanulással. C. A probabilisztikus tanulási teljesítmény időbeli lefutása (blokkonkénti) átlagos pontosság alapján. A narancssárga vonal az alacsony valószínűségű, a lila vonal a magas valószínűségű tripletekre adott válaszokat jelöli. Megjegyzendő, hogy az OC-tendenciákat az elemzésekben folytonos változóként kezeltük, de a szemléletesebb adatábrázolás érdekében az eredményeket a középértéktől számított szórás alapján alacsonyabb OC-tendenciák (OCI-R pontszám: 20.73–11.33, balra) és magasabb OC-tendenciák (OCI-R pontszám: 20.73 + 11.33, jobbra) mellett mutattuk be. Az x-

tengely az időt, az y-tengely az átlagos pontosságot (%-ban) jelöli. A résztvevők implicit probabilisztikus tanulást mutattak, mivel a feladat előrehaladtával egyre pontosabbak lettek a magas valószínűségű tripletekre, mint az alacsony valószínűségűekre. Az OC-tendenciák azonban sem a tanulás mértékét, sem annak lefutását nem befolyásolták. Minden ábrán a pontok az átlagokat, a hibásávok a SEM-et jelölik. **D.** Az OC-tendenciák és a teljes feladatra számított, magas és alacsony valószínűségű tripletek pontossága alapján képzett különbségi tanulási pontszámok közötti korreláció. A probabilisztikus tanulás és az OC-tendenciák közötti korreláció pontosságban nem volt szignifikáns ($r(162) = -.035$; $p = .653$), ami azt jelzi, hogy az OC-tendenciák nem állnak kapcsolatban a pontossággal mért probabilisztikus tanúlással.

Régi tudás

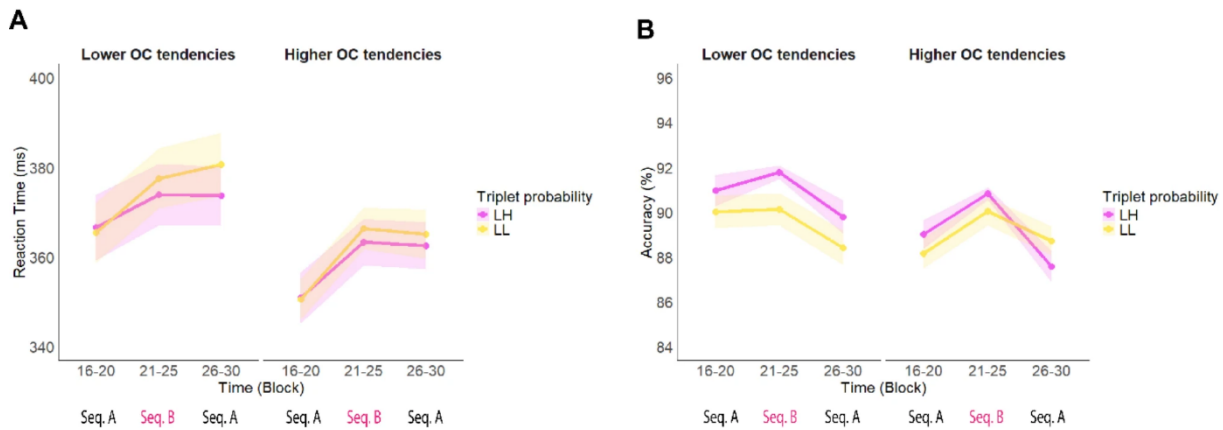
Az OC-tendenciák az RT alapján nem modulálták a korábban elsajátított probabilisztikus információ ellenállását (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(1, 275.18)} = 0.03$, $p = .857$), sem annak időbeli lefutását (Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(2, 109590.66)} = 0.63$, $p = .534$, 3A ábra.). A Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám interakció hiánya azt jelzi, hogy az OC-tendenciák a pontosság alapján sem modulálták a korábban elsajátított valószínűségi információ ellenállását (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(1) = 0.17$, $p = .677$), sem a tanulás előrehaladását (Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(2) = 1.42$, $p = .491$, 3B ábra.).



3. ábra. A résztvevők teljesítménye a 2. vizsgálat Interference fázisában a Régi tudás tekintetében. A. Reakcióidő. A zöld vonal a 'H L' valószínűségű tripletekre (a Tanulási fázisban magas valószínűségű, az Interferencia fázisban alacsony valószínűségű tripletek), a sárga vonal pedig az 'L L' valószínűségű tripletekre (mindkét fázisban alacsony valószínűségű tripletek) adott válaszokat jelöli. Az x-tengely az időt (Block 16–20, Block 21–25, Block 26–30), az y-tengely az átlagos reakcióidőt (ms-ban) jelöli. A tripleteket itt az A és B szekvencia közötti prediktabilitásváltozás alapján kategorizáltuk. A résztvevők a korábban elsajátított implicit tudás interferenciával szembeni ellenállását mutatták, mivel a B szekvenciának való kitettség után is fennmaradt a teljesítménykülönbség a 'H L' és 'L L' tripletek között. **B. Pontosság.** A zöld vonal a 'H L' valószínűségű, a sárga vonal az 'L L' valószínűségű tripletekre adott válaszokat jelöli. Az x-tengely az időt (Block 16–20, Block 21–25, Block 26–30), az y-tengely az átlagos pontosságot (%-ban) jelöli. A résztvevők pontosság tekintetében is a korábban elsajátított implicit tudás interferenciával szembeni ellenállását mutatták. Megjegyzendő, hogy az OC-tendenciákat az elemzésekben folytonos változóként kezeltük, de a szemléletesebb adatábrázolás érdekében alacsonyabb OC-tendenciák (OCI-R = 14.24–11.73, balra) és magasabb OC-tendenciák (OCI-R = 14.24 + 11.73, jobbra) mellett ábrázoltuk. Minden ábrán a pontok az átlagokat, a hibásávok a SEM-et jelölik.

Új tudás

Az OC-tendenciák az RT alapján nem modulálták az új implicit tudás elsajátítását (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(1, 276.32)} = 1.80$, $p = .180$), sem annak időbeli lefutását (Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $F_{(2, 109860.25)} = 1.21$, $p = .299$, 4A ábra.). Hasonlóképpen, az OC-tendenciák a pontosság alapján sem befolyásolták az új probabilisztikus információ elsajátítását (Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(1) = 1.26$, $p = .261$), sem annak időbeli lefutását (Idő $\times$ Triplet valószínűség $\times$ OCI-R pontszám: $\chi^2(2) = 1.01$, $p = .603$), ahogyan a 4B ábra is mutatja.



4. ábra. A résztvevők teljesítménye a 2. vizsgálat Interferencia fázisában az Új tudás tekintetében. A. Reakcióidő. A rózsaszín vonal az 'L H' valószínűségű tripletekre (a Learning fázisban alacsony valószínűségű, az Interference fázisban magas valószínűségűvé váló tripletek), a sárga vonal pedig az 'L L' valószínűségű tripletekre adott válaszokat jelöli. Az x-tengely az időt (Block 16–20, Block 21–25, Block 26–30), az y-tengely az átlagos reakcióidőt (ms-ban) jelöli. A tripleteket az A és B szekvencia közötti prediktabilitásváltozás alapján kategorizáltuk. A résztvevők sikeresen sajátítottak el új implicit tudást, mivel a B szekvenciában elkezdtek különbséget tenni az 'L H' és 'L L' tripletek között; ezt azonban az OC-tendenciák szintje nem modulálta. **B.** Pontosság. A rózsaszín vonal az 'L H', a sárga vonal az 'L L' valószínűségű tripletekre adott válaszokat jelöli. Az x-tengely az időt (Block 16–20, Block 21–25, Block 26–30), az y-tengely az átlagos pontosságot (%-ban) jelöli. A résztvevők sikeresen sajátítottak el új implicit tudást, mivel a B szekvenciában elkezdtek különbséget tenni az 'L H' és 'L L' tripletek között; ezt azonban az OC-tendenciák súlyossága nem modulálta. Megjegyzendő, hogy az OC-tendenciákat az elemzésekben folytonos változóként kezeltük, de a szemléletesebb adatábrázolás érdekében alacsonyabb OC-tendenciákat (OCI-R = 14.24–11.73, balra) és magasabb OC-tendenciákat (OCI-R = 14.24 + 11.73, jobbra) mellett ábrázoltuk. Az ábrákon a pontok az átlagokat, a hibaszívek a SEM-et jelölik.

Diszkusszió

Ebben a tanulmányban azt vizsgáltuk, hogy az OC-tendenciák mértéke összefügg-e a probabilisztikus tanulásban, illetve a prediktív reprezentációk frissítésében mutatkozó egyéni különbségekkel klinikai diagnózissal nem rendelkező, felnőtt populációban. Eredményeink alapján a nem klinikai OC-tendenciákkal rendelkező személyek hatékonyan képesek probabilisztikus információt elsajátítani, valamint azt, a változékony környezeti helyzetekben megfelelően frissíteni. Eredményeink nem állnak összhangban a korábbi elméletekkel, hiszen mind a tanulás, mind a prediktív reprezentációk incidentális frissítése ép maradt az OC-tendenciák függvényében. Eredményeink és a korábbi elméletek közötti eltérés abból fakadhat, hogy azok felügyelt tanulási folyamatokat mértek, amelyekben a jutalomhoz társított viselkedés a résztvevőknél még azután is fennmaradt, hogy azt leértékelték vagy explicit előzetes figyelmeztetéseket követően csökkentették (Banca et al., 2024; Gillan et al., 2011, 2014). Vizsgálatunkban nem adtunk figyelmeztetéseket, így a résztvevők nem voltak tudatában annak sem, hogy tanulási helyzetben vannak, illetve hogy az inger struktúrája megváltozott. Ez lehetővé tette egy sokkal implicitabb, figyelmeztetésmentes és nem jutalomvezérelt frissítési mechanizmus megragadását. Megközelítésünk új perspektívát kínál a probabilisztikus tanulás és frissítés szerepéről és kiegészíti a korábbi megközelítéseket azzal, hogy megmutatja: a szubklinikai OC-tendenciákkal rendelkező személyek ép információelsajátítás mellett, előzetes figyelmeztetés nélkül is képesek alkalmazkodni új helyzetekhez, miközben a korábbi információt megtartják és az újat beépítik.

III. 3. tanulmány: Hogyan modulálják a nem klinikai OC-tendenciák a statisztikai tanulás és a kognitív flexibilitás közötti dinamikus kölcsönhatást?

Publikáció:

Brezóczki, B., Vékony, T., Farkas, B. C., Hann, F., & Németh, D. (2026). Obsessive-compulsive tendencies shift the balance between competitive neurocognitive functions. *iScience*, 29(8), 116851. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.116851>

Bevezetés

Az emberi kogníció egyik alapvető kihívása az automatikus és a rugalmas, célirányos folyamatok közötti dinamikus egyensúly fenntartása, amely elengedhetetlen az adaptív viselkedéshez. Ennek az egyensúlynak a felborulása viselkedéses nehézségekhez vezethet, ahogyan az obszesszív-kompulzív zavarban (OCD) is megfigyelhető, ahol az automatikus folyamatok túlsúlya a célirányos kontrollal szemben merev, ismétlődő gondolatokban (obszessziók) és viselkedésekben (kompulziók) nyilvánulhat meg (American Psychiatric Association, 2022; Gillan et al., 2011, 2014, 2015, 2016; Yu et al., 2024). Meghatározó elméleti modellek szerint az OCD és a kompulzív tendenciák ismétlődő tünetei a csökkent célirányos kontrollhoz és a habituális válaszadás ezzel együtt járó túlsúlyához kapcsolódhatnak (Banca et al., 2015, 2024; Gillan et al., 2011, 2014, 2015, 2016; Graybiel & Rauch, 2000; Yu et al., 2024). Ezt az elképzelést nagyrészt olyan komplex paradigmák eredményei támasztják alá, amelyek során jelentősebb kognitív terhelés növelése egy adott feladaton belül eltolhatja az automatikus és kontrollált folyamatok közötti egyensúlyt. Bár ezek az eredmények rámutatnak a két rendszer kölcsönhatására, elsősorban a feladaton belüli dinamikáról adnak információt. Továbbra sem tisztázott, hogy hasonló kapcsolat figyelhető-e meg olyan különálló feladatok között, amelyek eltérő mértékben támaszkodnak ezekre a folyamatokra. A feladaton belüli megközelítések mellett ez az egyensúly funkcionális szinten is vizsgálható, különböző neurokognitív funkciók, például a felügyelet nélküli tanulás és a végrehajtó működés kapcsolatán keresztül.

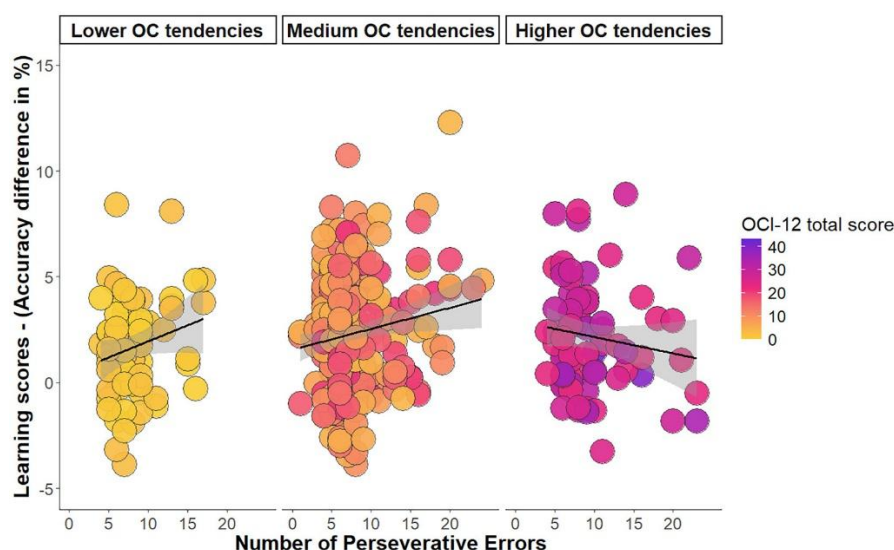
A felügyelet nélküli tanulás egyik alapvető mechanizmusa a statisztikai tanulás (SL), amely a környezetben rejlő probabilisztikus szabályszerűségek incidentális elsajátításán keresztül támogatja a készségek és szokások kialakulását (Aslin, 2017; Conway, 2020; Horváth et al., 2022; Theeuwes et al., 2022). Az interaktív memóriarendszerek keretében egyes neurokognitív funkciók, mint például az SL is, ritkán működnek elszigetelten; ehelyett dinamikus és gyakran versengő kölcsönhatásokba lépnek a célirányos funkciókkal (Ambrus et al., 2020; Pedraza et al., 2024; Poldrack et al., 2001). A jelen vizsgálat célja az SL és a kognitív flexibilitás, mint kulcsfontosságú végrehajtó funkció közötti kapcsolat feltárása, valamint az interakciójukban megjelenő egyéni különbségek vizsgálata volt az OC-tendenciák különböző szintjeivel jellemezhető egyetemi hallgatók körében. A szakirodalom alapján antagonisztikus kapcsolatot feltételeztünk az SL és a kognitív flexibilitás között. Feltételeztük továbbá, hogy az OC-tendenciák modulálják ezt a kapcsolatot, vagyis az SL és a kognitív flexibilitás közötti összefüggés az OC-tendenciák szintjének függvényében változik, és magasabb OC-tendenciák esetén eltérhet a tipikusan megfigyelhető versengő mintázattól.

Módszerek

A vizsgálatban 404, egyetemi kurzusokon keresztül toborzott felnőtt vett részt, akik online végezték el a kísérletet. Az SL-t az ASRT-feladattal mértük, amely egy felügyelet nélküli probabilisztikus tanulási paradigma, így a tanulás explicit visszajelzés vagy megerősítés nélkül történik (Farkas et al., 2023; Howard & Howard, 1997). Az SL mértékét a magas és alacsony valószínűségű ingerhármason nyújtott teljesítmény különbsége adta. A kognitív flexibilitást a Card Sorting Task (CST) segítségével vizsgáltuk, és a feladat során elkövetett perszeveratív hibák számával operacionalizáltuk, amely a kognitív flexibilitás széles körben alkalmazott mutatója (Fox et al., 2013). Az OC-tendenciákat dimenzionálisan az Obszesszív-Kompulzív Kérdőív 12 tételes változatával mértük (OCI-12; Abramovitch et al., 2021). Az SL, a kognitív flexibilitás és az OC-tendenciák kapcsolatát lineáris kevert modellekkel vizsgáltuk.

Eredmények

AZ RT tekintetében nem mutatkozott szignifikáns összefüggés a vizsgált változók között. A pontosság esetében a szignifikáns Triplet valószínűség $\times$ Perszeveratív hiba interakció antagonisztikus kapcsolatot tárt fel a statisztikai tanulás és a kognitív flexibilitás között ($F(1, 400.52) = 4.48, p = .035$) a jobb statisztikai tanulás csökkent kognitív flexibilitással, azaz több perszeveratív hibával társult ($b_{\text{Alacsony perszeveratív hiba}} = 1.95, 95\% \text{ CI } [1.59, 2.30]$; $b_{\text{Átlag perszeveratív hiba}} = 2.22, 95\% \text{ CI } [1.97, 2.47]$; $b_{\text{Magas perszeveratív hiba}} = 2.50, 95\% \text{ CI } [2.13, 2.86]$). A páronkénti összehasonlítások azt mutatták, hogy a statisztikai tanulás a perszeveratív hibák számának növekedésével szignifikánsan nőtt ($b_{\text{Alacsony perszeveratív hiba}} - \text{Átlag perszeveratív hiba}} = -0.28, 95\% \text{ CI } [-0.53, -0.02], p = .034$; $b_{\text{Alacsony perszeveratív hiba}} - \text{Magas perszeveratív hiba}} = -0.55, 95\% \text{ CI } [-1.06, -0.04], p = .034$; $b_{\text{Átlag perszeveratív hiba}} - \text{Magas perszeveratív hiba}} = -0.28, 95\% \text{ CI } [-0.53, -0.02], p = .034$). A Triplet valószínűség $\times$ OCI-12 pontszám $\times$ Perszeveratív hiba interakció statisztikailag szignifikáns interakciót mutatott ($F(1, 400.30) = 6.21, p = .013$). A post hoc elemzés, amely az SL trendjét vizsgálta a perszeveratív hibák különböző szintjein (M-SD, M, M + SD), azt mutatta, hogy az alacsonyabb OC-tendenciákkal rendelkező személyeknél a CST-n elkövetett perszeveratív hibák pozitív kapcsolatban álltak a statisztikai tanulással, szignifikáns meredekséggel ($b = 0.145, SE = 0.048, z = 2.97, 95\% \text{ CI } [0.050, 0.242], p = .002$). Hasonló, de gyengébb pozitív kapcsolat volt megfigyelhető az OC-tendenciák közepes szintjén ($b = 0.069, SE = 0.032, z = 2.11, 95\% \text{ CI } [0.005, 0.134], p = .034$), ami arra utal, hogy az alacsonyabb és közepes OC-tendenciák mellett a gyengébb kognitív flexibilitás jobb statisztikai tanulással társult. Ezzel szemben magasabb OC-tendenciák mellett ez az összefüggés eltűnt, a meredekség nem volt statisztikailag szignifikáns ($b = -0.006, SE = 0.040, z = -0.17, 95\% \text{ CI } [-0.086, 0.072], p = .862$), ahogyan az 5. ábra is mutatja. Összességében a statisztikai tanulás a perszeveratív hibák számának növekedésével emelkedett az alacsonyabb és közepes OC-tendenciákkal rendelkező személyeknél, antagonisztikus mintázatot tükrözve, amelyben a csökkent kognitív flexibilitást jobb statisztikai tanulás kísérte. Ez az antagonisztikus mintázat a magas OC-tendenciákkal rendelkező résztvevőknél gyengült, ahol a statisztikai tanulás a kognitív flexibilitástól függetlenül mérsékelt maradt.



5. ábra. A kognitív flexibilitás és a pontosság alapú statisztikai tanulás kapcsolata az OCI-12 pontszámok mentén. Az ábra a kognitív flexibilitás – amelyet a Kártyaszortozási Feladat során elkövetett perszeveratív hibák száma mér az x-tengelyen – és a statisztikai tanulási teljesítmény kapcsolatát mutatja; utóbbit a magas és alacsony valószínűségű tripletek pontosságkülönbségeként operacionalizáltuk az y-tengelyen. Minden pont egy résztvevőt jelöl, a szín pedig a teljes OCI-12 pontszám értékét kódolja az alacsony (sárga), közepes (rózsaszín) és magas (lila) obszesszív-kompulzív tendenciák folytonos gradiensén. A fekete lineáris regressziós vonalhoz 95%-os konfidenciaintervallum tartozik. Bár az OCI-12 pontszám értékét minden statisztikai elemzésben folytonos

változóként kezeltük, a vizualizáció céljából az adatokat az OC-tendenciák szintjei szerint bontottuk. Ezek a szintek az OCI-12 pontszám különböző értékeit képviselik, megközelítőleg az átlag alatt egy szórással (lower OC tendencies), az átlagnál (medium OC tendencies), illetve az átlag felett egy szórással (higher OC tendencies). A színgradiens (sárgától a rózsaszínen át a liláig) vizuálisan tükrözi az OC-tendenciák szintjének növekedését. Az ábra kiemeli az OC-tendenciák moderáló szerepét a statisztikai tanulás és a kognitív flexibilitás antagonisztikus kapcsolatában.

Diszkusszió

Ebben a vizsgálatban a célirányos és automatikus viselkedés kapcsolatának megértésében fennálló kulcsfontosságú kérdést vizsgáltuk azáltal, hogy feltártuk, miként lép interakcióba a felügyelet nélküli SL a kognitív flexibilitással, és hogyan változik ez a kapcsolat az OC-tendenciák függvényében egy nem klinikai mintában. Eredményeink alátámasztják azokat a korábbi elméleteket, amelyek versengő kölcsönhatást feltételeznek az SL és a végrehajtó funkciók között (Ambrus et al., 2020; Pedraza et al., 2024; Poldrack et al., 2001). Fontos azonban, hogy ez a kapcsolat nem volt egységes az egyének között: az SL és a kognitív flexibilitás közötti fordított összefüggés az OC-tendenciák növekedésével fokozatosan gyengült. Ez a mintázat arra utal, hogy az OC-tendenciák egyéni különbségei alapvetően módosíthatják azt, ahogyan az automatikus és kontrollált folyamatok különböző feladatok között interakcióba lépnek. A megfigyelt eltérés nem egyszerű dominanciaeltolódást tükröz, mint feladaton belüli helyzetben, amelyben az egyik rendszer csökkent működése a másik fokozott működésével jár (Gillan et al., 2011, 2014, 2015). Inkább arra utal, hogy magasabb OC-tendenciák mellett megbomlik a két rendszer összehangolt interakciója, aminek következtében az automatikus és kontrollált folyamatok egymástól függetlenebbül működnek, a közöttük jellemző antagonisztikus kapcsolat pedig gyengül. Ebből a perspektívából az OC-tendenciák pontosabban jellemezhetők a kognitív rendszerek közötti koordináció megváltozásával, mint valamely önálló kognitív funkció zavarával.

Általános diszkusszió

Összességében a három tanulmány eredményei azt mutatják, hogy mind a felügyelet nélküli tanulási mechanizmusok, mind a nem klinikai OC-tendenciák vizsgálata fontos szerepet játszhat az OCD mélyebb megértésében. Külön-külön is sajátos szempontokkal járulnak hozzá a zavar megismeréséhez, együttes vizsgálatuk azonban átfogóbb képet adhat a háttérben álló neurokognitív folyamatokról (Abramowitz et al., 2014). A korábbi megközelítések módszertani korlátaira reflektálva az 1. tanulmányban összefoglaltuk az OCD-ben megfigyelhető felügyelet nélküli tanulásra vonatkozó ismereteinket, valamint ezek alapján további kutatási irányokat fogalmaztunk meg. Ezekre építve a 2. tanulmány eredményei azt mutatták, hogy a felügyelet nélküli SL a nem klinikai OC-tendenciák magasabb szintje mellett is intakt marad, és ugyanez jellemzi a prediktív reprezentációk frissítését is. Míg azonban a 2. tanulmányban nem találtunk OC-tendenciákhoz kapcsolódó eltérést ezekben a folyamatokban, a 3. tanulmány eredményei arra utalnak, hogy az egyes funkciók intakt működése mellett az SL és a kognitív flexibilitás közötti kapcsolat az OC-tendenciák mértékének függvényében megváltozhat.

A disszertációban bemutatott vizsgálatok egyik kulcsfontosságú elméleti implikációja, hogy az OCD-kutatás figyelmét a tanulás egyik alapvető mechanizmusára, a felügyelet nélküli tanulásra, azon belül is az SL-re irányítja (Zhong et al., 2025). Történetileg az OCD modelljei nagyrészt a felügyelt, jutalomvezérelt tanulást hangsúlyozták (Exner et al., 2014; Gillan et al., 2011, 2015; Hansmeier et al., 2018; Zetsche et al., 2015). Bár ezek a modellek értékes eredményeket nyújtanak, megnehezítik a tiszta tanulási folyamatok elkülönítését a jutalmazástól és egyéb, tanulási mechanizmust befolyásoló tényezőktől. Ennek az elsődleges, felügyelet nélküli tanulási mechanizmusnak a vizsgálata különösen fontos volt OCD-ben és OC-tendenciákkal rendelkező személyeknél, mivel a zavar a jutalomfeldolgozási nehézségekkel is együtt jár (Alves-Pinto et al., 2019; Figee et al., 2011; Kaufmann et al., 2013),

ami befolyásolhatta a tanulási teljesítmény korábbi értelmezéseit OCD-ben. A felügyelet nélküli tanulásra helyezve a hangsúlyt, eredményeink kiterjesztik a meglévő modelleket azáltal, hogy megmutatják, hogy az elsődleges tanulási mechanizmus intakt marad az OC-tendenciák spektrumán (Zhong et al., 2025). A felügyelet nélküli tanulás megőrzöttsége arra utal, hogy a környezeti szabályszerűségek pusztán kitettség útján történő kinyerésének alapvető képessége fennmarad, és potenciálisan támogatja a későbbi készségek, szokások és rutinok hatékony elsajátítását (Arciuli, 2018; Bogaerts et al., 2022; Conway, 2020; Horváth et al., 2022).

A 2. tanulmányban megfigyelt intakt frissítési képesség különösen releváns azoknak a korábbi OCD-eredményeknek a fényében, amelyek a változó környezeti feltételekhez való alkalmazkodás nehézségeit és a korábban elsajátított viselkedéshez való fokozott ragaszkodást hangsúlyozzák (Gillan et al., 2011, 2014; Vaghi et al., 2019). Eredményeink azzal egészítik ki ezeket a megközelítéseket, hogy azt mutatják: amikor a prediktív reprezentációk incidentálisan, SL révén alakulnak ki, a korábban elsajátított szabályszerűségek az új információ megjelenése mellett is fennmaradhatnak, miközben az újonnan megjelenő szabályszerűségek ezzel párhuzamosan elsajátíthatók az OC-tendenciák spektrumán. Lényeges, hogy ezek az eredmények olyan statisztikai szabályszerűségekre vonatkoznak, amelyeket a résztvevők explicit instrukció, a mögöttes struktúrára vonatkozó tájékoztatás és pecifikus megerősítés nélkül sajátítottak el, és amelyek megváltozásához szintén incidentálisan alkalmazkodtak. Az eredmények együttesen arra utalnak, hogy az OCD-ben korábban leírt, a megtanult viselkedés rugalmas adaptálásával kapcsolatos nehézségek nem feltétlenül maguknak a reprezentációknak a frissítéséből erednek. Elképzelhető, hogy ezek az eltérések inkább olyan további folyamatokban jelennek meg, amelyek az elsajátított információ viselkedésben történő felhasználásában vesznek részt.

Ugyanakkor, ahogy a neurocompetition hipotézis is feltételezi, az SL nem elszigetelten működik, hanem több neurokognitív rendszerrel lép kölcsönhatásba (Ambrus et al., 2020; Nemeth et al., 2013; Pedraza et al., 2024). A jelen és a korábbi eredmények közötti eltérés egyik lehetséges magyarázata a vizsgálatok módszertani különbségeiben rejlik. A korábbi kutatások túlnyomórészt kimenetel-leértékelési paradigmákra támaszkodtak (Gillan et al., 2011, 2014, 2020; Yu et al., 2024), amelyek kiterjedt instrumentális tréninget követően, egyetlen kísérleti keretben, folyamatszinten mérték a habituális és célirányos kontrollt. Ezzel szemben a jelen vizsgálat külön feladatokkal mérte az SL-t és a kognitív flexibilitást, így a közöttük fennálló, feladatokon átívelő kapcsolat viszonylag stabil, vonásszerű egyéni különbségeit célozta (Horváth et al., 2025). Fontos továbbá, hogy a jelen vizsgálat ezt az egyensúlyt komponenseken keresztül vizsgálta, nem pedig közvetlenül a habituális és célirányos viselkedést. Míg a szokásalapú paradigmák a habituális és célirányos viselkedéses kontrollt állítják szembe, a jelen vizsgálat az SL-re mint az automatikus viselkedés elsajátításához hozzájáruló mechanizmusra (Horváth et al., 2022; Kaufman et al., 2010), valamint a kognitív flexibilitásra mint a célirányos kontrollt támogató végrehajtó komponensre (Friedman & Robbins, 2022) összpontosított. Így a jelen eredmények nem feltétlenül mondanak ellent a szokáshipotézisnek, hanem betekintést nyújthatnak az általa feltételezett tágabb egyensúlytalanság mögötti folyamatokba, és arra utalnak, hogy ez az egyensúly függhet attól a szinttől, amelyen a kölcsönhatást vizsgáljuk (Gillan et al., 2011, 2014, 2015). A jelen mintázat felveti annak lehetőségét, hogy a feladaton belüli és a feladatok közötti interakciók az automatikus és célirányos folyamatok egyensúlyának részben eltérő aspektusait ragadják meg. Az SL-t és a végrehajtó kontrollt ugyanazon paradigmában integráló jövőbeli vizsgálatok szükségesek annak meghatározásához, hogy ez a megváltozott feladatok közötti kapcsolat akkor is megjelenik-e, amikor a két folyamat közvetlenül verseng a viselkedés során, és végső soron hogyan kapcsolódnak ezek a folyamatszintű kölcsönhatások az OCD-ben a habituális és célirányos kontroll tágabb egyensúlyához (Gillan, 2021; Gillan et al., 2011, 2014, 2015; Robbins et al., 2019).

Implikációk

Eredményeink felhívják a figyelmet arra, hogy a kognitív folyamatokat ne elszigetelten, hanem egymással dinamikus kölcsönhatásban vizsgáljuk. Az OC-tendenciák jövőbeli kutatásában ezért az egyes kognitív funkciók vizsgálata mellett szisztematikusan figyelembe kell venni azt is, hogy egy adott funkció működését miként alakíthatják más folyamatokkal fennálló kölcsönhatásai. A dimenzionális megközelítés emellett olyan elméleti keretet kínál, amely alkalmas lehet az egyéni különbségek megragadására az olyan jelentős heterogenitást mutató zavarok esetében, mint az OCD (Abramowitz et al., 2014; Colzato et al., 2025; De Bruijn et al., 2010; Fineberg et al., 2013). Eredményeink ezt a szemléletet erősítik, és a spektrumalapú megközelítés jelentőségét hangsúlyozzák azáltal, hogy rámutatnak, hogy a neurokognitív folyamatokat nemcsak akkor érdemes vizsgálni, amikor a maladaptív viselkedés klinikai szintet ér el, hanem a kapcsolódó vonások és fenomenológiai dimenziók teljes spektrumán, a klinikai küszöb alatti tartományban is (Mataix-Cols et al., 2005).

A disszertáció központi módszertani hozzájárulása a probabilisztikus, implicit paradigmák alkalmazása, amelyek lehetővé teszik a felügyelet nélküli tanulás pontosabb mérését, miközben csökkentik a korábbi OCD-kutatások egyes módszertani korlátainak hatását. Empirikus vizsgálataink további módszertani erőssége az online kísérleti elrendezések alkalmazása. Az online módszerek hosszú távon jelentősen átalakíthatják a pszichiátriai és idegtudományi kutatásokat, mivel lehetővé teszik nagy és demográfiailag változatos minták toborzását, növelhetik a statisztikai erőt, valamint támogatják a standardizált és megbízható feladatbemutatót és adatgyűjtést, ezáltal hozzájárulva a reprodukálhatósághoz (Donegan & Gillan, 2022; Gillan & Rutledge, 2021). A dimenzionális méréssel kombinálva az online kísérletezés különösen hasznos módszertani megközelítést kínálhat a neurokognitív folyamatok olyan finom egyéni különbségeinek feltárására, amelyek a hagyományos csoportszintű összehasonlításokban rejtve maradhatnak (Gillan & Rutledge, 2021). Eredményeink alkalmazott jelentősége ennek megfelelően abban rejlik, hogy rámutatnak az implicit tanulási mechanizmusok és a végrehajtó kontrollal fennálló kölcsönhatásaik vizsgálatának lehetséges jelentőségére a diagnosztika hagyományos tünetalapú és kognitív megközelítései mellett. Ez a szemlélet hosszabb távon hozzájárulhat az egyéni neurokognitív sajátosságokhoz jobban igazodó diagnosztikus és terápiás megközelítések kialakításához.

IV. Referenciák

- Abramovitch, A., Abramowitz, J. S., & McKay, D. (2021). The OCI-12: A syndromally valid modification of the obsessive-compulsive inventory-revised. *Psychiatry Research*, 298, 113808. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2021.113808>
- Abramowitz, J. S., Fabricant, L. E., Taylor, S., Deacon, B. J., McKay, D., & Storch, E. A. (2014). The relevance of analogue studies for understanding obsessions and compulsions. *Clinical Psychology Review*, 34(3), 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2014.01.004>
- Ahmari, S. E., & Rauch, S. L. (2022). The prefrontal cortex and OCD. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 211–224. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01130-2>
- Albouy, G., King, B. R., Maquet, P., & Doyon, J. (2013). Hippocampus and striatum: Dynamics and interaction during acquisition and sleep-related motor sequence memory consolidation. *Hippocampus*, 23(11), 985–1004. <https://doi.org/10.1002/hipo.22183>
- Alves-Pinto, A., Rus, O. G., Reess, T. J., Wohlschläger, A., Wagner, G., Berberich, G., & Koch, K. (2019). Altered reward-related effective connectivity in obsessive-compulsive disorder: an fMRI study. *Journal of Psychiatry and Neuroscience*, 44(6), 395–406. <https://doi.org/10.1503/jpn.180195>
- Ambrus, G. G., Vékony, T., Janacsek, K., Trimborn, A. B. C., Kovács, G., & Nemeth, D. (2020). When less is more: Enhanced statistical learning of non-adjacent dependencies

- after disruption of bilateral DLPFC. *Journal of Memory and Language*, 114, 104144. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2020.104144>
- American Psychiatric Association. (2022). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*. American Psychiatric Association Publishing. <https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425787>
- Arciuli, J. (2018). Reading as statistical learning. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 49(3S), 634–643. https://doi.org/10.1044/2018_LSHSS-STLT1-17-0135
- Aslin, R. N. (2017). Statistical learning: a powerful mechanism that operates by mere exposure. *WIREs Cognitive Science*, 8(1–2). <https://doi.org/10.1002/wcs.1373>
- Balleine, B. W., & O'Doherty, J. P. (2010). Human and Rodent Homologies in Action Control: Corticostriatal Determinants of Goal-Directed and Habitual Action. *Neuropsychopharmacology*, 35(1), 48–69. <https://doi.org/10.1038/npp.2009.131>
- Banca, P., Herrojo Ruiz, M., Gonzalez-Zalba, M. F., Biria, M., Marzuki, A. A., Piercy, T., Sule, A., Fineberg, N. A., & Robbins, T. W. (2024). Action sequence learning, habits, and automaticity in obsessive-compulsive disorder. *ELife*, 12. <https://doi.org/10.7554/eLife.87346.4>
- Banca, P., Voon, V., Vestergaard, M. D., Philippiak, G., Almeida, I., Pocinho, F., Relvas, J., & Castelo-Branco, M. (2015). Imbalance in habitual versus goal directed neural systems during symptom provocation in obsessive-compulsive disorder. *Brain*, 138(3), 798–811. <https://doi.org/10.1093/brain/awu379>
- Bogaerts, L., Siegelman, N., Christiansen, M. H., & Frost, R. (2022). Is there such a thing as a 'good statistical learner'? In *Trends in Cognitive Sciences* (Vol. 26, Number 1, pp. 25–37). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.10.012>
- Bragdon, L. B., Gibb, B. E., & Coles, M. E. (2018). Does neuropsychological performance in OCD relate to different symptoms? A meta-analysis comparing the symmetry and obsessing dimensions. *Depression and Anxiety*, 35(8), 761–774. <https://doi.org/10.1002/da.22785>
- Buchweitz, C., Viduani, A., Herrman, H., Kohrt, B. A., McGorry, P., Salum, G., Sartor, C., Saxena, S., & Kieling, C. (2026). Transdiagnostic stage-based monitoring of public mental health. *Nature Reviews Psychology*, 5(2), 120–135. <https://doi.org/10.1038/s44159-025-00527-w>
- Carden, L., & Wood, W. (2018). Habit formation and change. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 117–122. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2017.12.009>
- Castro, L., Wasserman, E. A., & Lauffer, M. (2018). Unsupervised learning of complex associations in an animal model. *Cognition*, 173, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.12.015>
- Chamberlain, S. R., Fineberg, N. A., Menzies, L. A., Blackwell, A. D., Bullmore, E. T., Robbins, T. W., & Sahakian, B. J. (2007). Impaired Cognitive Flexibility and Motor Inhibition in Unaffected First-Degree Relatives of Patients With Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 164(2), 335–338. <https://doi.org/10.1176/ajp.2007.164.2.335>
- Chen, J., Tian, C., Zhang, Q., Xiang, H., Wang, R., Hu, X., & Zeng, X. (2022). Changes in Volume of Subregions Within Basal Ganglia in Obsessive–Compulsive Disorder: A Study With Atlas-Based and VBM Methods. *Frontiers in Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.890616>
- Choi, J. S., Kim, S. H., Yoo, S. Y., Kang, D. H., Kim, C. W., Lee, J. M., Kim, I. Y., Kim, S. I., Kim, Y. Y., & Kwon, J. S. (2007). Shape deformity of the corpus striatum in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research - Neuroimaging*, 155(3), 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2007.02.004>

- Colzato, L., Zhang, H., Roessner, V., Beste, C., & Hommel, B. (2025). Non-bivalent psychopathology: Rethinking mental disorders through metacontrol. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 176, 106297. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2025.106297>
- Conway, C. M. (2020). How does the brain learn environmental structure? Ten core principles for understanding the neurocognitive mechanisms of statistical learning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 112, 279–299. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.01.032>
- De Bruijn, C., Beun, S., De Graaf, R., Ten Have, M., & Denys, D. (2010). Subthreshold symptoms and obsessive-compulsive disorder: evaluating the diagnostic threshold. *Psychological Medicine*, 40(6), 989–997.
- Deckersbach, T., Savage, C. R., Curran, T., Bohné, A., Wilhelm, S., Baer, L., Jenike, M. A., & Rauch, S. L. (2002). A Study of Parallel Implicit and Explicit Information Processing in Patients With Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 159(10), 1780–1782. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.159.10.1780>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Dickinson, A. (1985). Actions and habits: the development of behavioural autonomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 308(1135), 67–78. <https://doi.org/10.1098/rstb.1985.0010>
- Donegan, K. R., & Gillan, C. M. (2022). New principles and new paths needed for online research in mental health: Commentary on Burnette et al. (2021). *International Journal of Eating Disorders*, 55(2), 278–281. <https://doi.org/10.1002/eat.23670>
- Exner, C., Zetsche, U., Lincoln, T. M., & Rief, W. (2014). Imminent Danger? Probabilistic Classification Learning of Threat-Related Information in Obsessive-Compulsive Disorder. *Behavior Therapy*, 45(2), 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.beth.2013.09.006>
- Farkas, B. C., Krajcsi, A., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2023). The complexity of measuring reliability in learning tasks: An illustration using the Alternating Serial Reaction Time Task. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-02038-5>
- Figeé, M., Vink, M., de Geus, F., Vulink, N., Veltman, D. J., Westenberg, H., & Denys, D. (2011). Dysfunctional Reward Circuitry in Obsessive-Compulsive Disorder. *Biological Psychiatry*, 69(9), 867–874. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.12.003>
- Fineberg, N. A., Hengartner, M. P., Bergbaum, C., Gale, T., Rössler, W., & Angst, J. (2013). Lifetime comorbidity of obsessive-compulsive disorder and sub-threshold obsessive-compulsive symptomatology in the community: impact, prevalence, socio-demographic and clinical characteristics. *International Journal of Psychiatry in Clinical Practice*, 17(3), 188–196. <https://doi.org/10.3109/13651501.2013.777745>
- Foa, E. B., Huppert, J. D., Leiberg, S., Langner, R., Kichic, R., Hajcak, G., & Salkovskis, P. M. (2002). The Obsessive-Compulsive Inventory: Development and validation of a short version. *Psychological Assessment*, 14(4), 485–496. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.14.4.485>
- Fox, C. J., Mueller, S. T., Gray, H. M., Raber, J., & Piper, B. J. (2013). Evaluation of a Short-Form of the Berg Card Sorting Test. *PLoS ONE*, 8(5), e63885. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063885>
- Friedman, N. P., & Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, 47(1), 72–89. <https://doi.org/10.1038/s41386-021-01132-0>
- Fullana, M. A., Vilagut, G., Rojas-Farreras, S., Mataix-Cols, D., de Graaf, R., Demyttenaere, K., Haro, J. M., de Girolamo, G., Lépine, J. P., Matschinger, H., & Alonso, J. (2010). Obsessive-compulsive symptom dimensions in the general population: Results from an epidemiological study in six European countries. *Journal of Affective Disorders*, 124(3), 291–299. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2009.11.020>

- Fulop, F., Demeter, G., Honbolygó, F., & Csigo, K. (2024). Assessing obsessive-compulsive symptoms in a subclinical and clinical sample: the development of the Hungarian version of the OCI-R. *Hungar Assoc Psychopharmacol*, 26(3), 144–152.
- Gillan, C. M. (2021). Recent developments in the habit hypothesis of OCD and compulsive disorders. *The Neurobiology and Treatment of OCD: Accelerating Progress*, 147–167. https://doi.org/10.1007/7854_2020_199
- Gillan, C. M., Apergis-Schoute, A. M., Morein-Zamir, S., Urcelay, G. P., Sule, A., Fineberg, N. A., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2015). Functional Neuroimaging of Avoidance Habits in Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 172(3), 284–293. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2014.14040525>
- Gillan, C. M., Kalanthroff, E., Evans, M., Weingarden, H. M., Jacoby, R. J., Gershkovich, M., Snorrason, I., Campeas, R., Cervoni, C., Crimmarco, N. C., Sokol, Y., Garnaat, S. L., McLaughlin, N. C. R., Phelps, E. A., Pinto, A., Boisseau, C. L., Wilhelm, S., Daw, N. D., & Simpson, H. B. (2020). Comparison of the Association Between Goal-Directed Planning and Self-reported Compulsivity vs Obsessive-Compulsive Disorder Diagnosis. *JAMA Psychiatry*, 77(1), 77. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2019.2998>
- Gillan, C. M., Kosinski, M., Whelan, R., Phelps, E. A., & Daw, N. D. (2016). Characterizing a psychiatric symptom dimension related to deficits in goal-directed control. *ELife*, 5. <https://doi.org/10.7554/eLife.11305>
- Gillan, C. M., Morein-Zamir, S., Urcelay, G. P., Sule, A., Voon, V., Apergis-Schoute, A. M., Fineberg, N. A., Sahakian, B. J., & Robbins, T. W. (2014). Enhanced Avoidance Habits in Obsessive-Compulsive Disorder. *Biological Psychiatry*, 75(8), 631–638. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.02.002>
- Gillan, C. M., Papmeyer, M., Morein-Zamir, S., Sahakian, B. J., Fineberg, N. A., Robbins, T. W., & de Wit, S. (2011). Disruption in the Balance Between Goal-Directed Behavior and Habit Learning in Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 168(7), 718–726. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.10071062>
- Gillan, C. M., & Robbins, T. W. (2014). Goal-directed learning and obsessive-compulsive disorder. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1655), 20130475. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0475>
- Gillan, C. M., & Rutledge, R. B. (2021). Smartphones and the Neuroscience of Mental Health. *Annual Review of Neuroscience*, 44(1), 129–151. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-101220-014053>
- Goldman, B. L., Martin, E. D., Calamari, J. E., Woodard, J. L., Chik, H. M., Messina, M. G., Pontarelli, N. K., Marker, C. D., Riemann, B. C., & Wiegartz, P. S. (2008). Implicit learning, thought-focused attention and obsessive-compulsive disorder: A replication and extension. *Behaviour Research and Therapy*, 46(1), 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2007.10.004>
- Graybiel, A. M., & Rauch, S. L. (2000). Toward a Neurobiology of Obsessive-Compulsive Disorder. *Neuron*, 28(2), 343–347. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)00113-6)
- Hansmeier, J., Exner, C., Zetsche, U., & Jansen, A. (2018). The Neural Correlates of Probabilistic Classification Learning in Obsessive-Compulsive Disorder: A Pilot Study. *Frontiers in Psychiatry*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2018.00058>
- Hart, H., Chantiluke, K., Cubillo, A. I., Smith, A. B., Simmons, A., Brammer, M. J., Marquand, A. F., & Rubia, K. (2014). Pattern classification of response inhibition in ADHD: Toward the development of neurobiological markers for ADHD. *Human Brain Mapping*, 35(7), 3083–3094. <https://doi.org/10.1002/hbm.22386>
- Horváth, K., Nemeth, D., & Janacsek, K. (2022). Inhibitory control hinders habit change. *Scientific Reports*, 12(1), 8338. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11971-6>

- Horváth, K., Nemeth, D., Janacsek, K., & Kóbor, A. (2025). *Cooperative interaction between statistical learning and inhibitory control*. https://doi.org/10.31234/osf.io/ptdkr_v2
- Howard, J. H., & Howard, D. V. (1997). Age differences in implicit learning of higher order dependencies in serial patterns. *Psychology and Aging*, 12(4), 634–656. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.12.4.634>
- Janacsek, K., Fiser, J., & Nemeth, D. (2012). The best time to acquire new skills: age-related differences in implicit sequence learning across the human lifespan. *Developmental Science*, 15(4), 496–505. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2012.01150.x>
- Janacsek, K., Shattuck, K. F., Tagarelli, K. M., Lum, J. A. G., Turkeltaub, P. E., & Ullman, M. T. (2020). Sequence learning in the human brain: A functional neuroanatomical meta-analysis of serial reaction time studies. *NeuroImage*, 207. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116387>
- Joel, D., Zohar, O., Afek, M., Hermesh, H., Lerner, L., Kuperman, R., Grossisseroff, R., Weizman, A., & Inzelberg, R. (2005). Impaired procedural learning in obsessive-compulsive disorder and Parkinson's disease, but not in major depressive disorder. *Behavioural Brain Research*, 157(2), 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2004.07.006>
- Kang, D.-H., Kim, J.-J., Choi, J.-S., Il Kim, Y., Chi-Won Kim, M., Tak Youn, M., Hee Han, M., Chang, K.-H., & Soo Kwon, J. (2004). Volumetric Investigation of the Frontal-Subcortical Circuitry in Patients With Obsessive-Compulsive Disorder. In *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* (Vol. 16, Number 3).
- Kathmann, N., Rupertseder, C., Hauke, W., & Zaudig, M. (2005). Implicit Sequence Learning in Obsessive-Compulsive Disorder: Further Support for the Fronto-Striatal Dysfunction Model. *Biological Psychiatry*, 58(3), 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.03.045>
- Kaufman, S. B., DeYoung, C. G., Gray, J. R., Jiménez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. (2010). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116(3), 321–340. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2010.05.011>
- Kaufmann, C., Beucke, J. C., Preuß, F., Endrass, T., Schlagenhauf, F., Heinz, A., Juckel, G., & Kathmann, N. (2013). Medial prefrontal brain activation to anticipated reward and loss in obsessive-compulsive disorder. *NeuroImage: Clinical*, 2, 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2013.01.005>
- Kelmendi, B., Adams, T., Jakubowski, E., Hawkins, K. A., Coric, V., & Pittenger, C. (2016). Probing implicit learning in obsessive-compulsive disorder: Moderating role of medication on the weather prediction task. *Journal of Obsessive-Compulsive and Related Disorders*, 9, 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.jocrd.2016.03.003>
- Knowlton, B. J., Squire, L. R., & Gluck, M. A. (1994). Probabilistic classification learning in amnesia. *Learning & Memory*, 1(2), 106–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/lm.1.2.106>
- Krueger, R. F., Kotov, R., Watson, D., Forbes, M. K., Eaton, N. R., Ruggero, C. J., Simms, L. J., Widiger, T. A., Achenbach, T. M., Bach, B., Bagby, R. M., Bornovalova, M. A., Carpenter, W. T., Chmielewski, M., Cicero, D. C., Clark, L. A., Conway, C., DeClercq, B., DeYoung, C. G., ... Zimmermann, J. (2018). Progress in achieving quantitative classification of psychopathology. *World Psychiatry*, 17(3), 282–293. <https://doi.org/10.1002/wps.20566>
- Leckman, J. F., Rauch, S. L., & Mataix-Cols, D. (2007). Symptom Dimensions in Obsessive-Compulsive Disorder: Implications for the DSM-V. *CNS Spectrums*, 12(5), 376–387. <https://doi.org/10.1017/S1092852900021179>
- Leopold, R., & Backenstrass, M. (2015). Neuropsychological differences between obsessive-compulsive washers and checkers: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Anxiety Disorders*, 30, 48–58. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2014.12.016>

- Lieberman, M. D. (2000). Intuition: A social cognitive neuroscience approach. *Psychological Bulletin*, 126(1), 109–137. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.126.1.109>
- Love, B. C. (2002). Comparing supervised and unsupervised category learning. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9(4), 829–835. <https://doi.org/10.3758/BF03196342>
- Luo, X., Mao, Q., Shi, J., Wang, X., & Li, C.-S. R. (2019). Putamen gray matter volumes in neuropsychiatric and neurodegenerative disorders. *World Journal of Psychiatry and Mental Health Research*, 3(1).
- Marker, C. D., Calamari, J. E., Woodard, J. L., & Riemann, B. C. (2006). Cognitive self-consciousness, implicit learning and obsessive–compulsive disorder. *Journal of Anxiety Disorders*, 20(4), 389–407. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2005.03.003>
- Mataix-Cols, D., do Rosario-Campos, M. C., & Leckman, J. F. (2005). A Multidimensional Model of Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 162(2), 228–238. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.162.2.228>
- Mataix-Cols, D., Marks, I. M., Greist, J. H., Kobak, K. A., & Baer, L. (2002). Obsessive-compulsive symptom dimensions as predictors of compliance with and response to behaviour therapy: results from a controlled trial. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 71(5), 255–262.
- Mataix-Cols, D., Wooderson, S., Lawrence, N., Brammer, M. J., Speckens, A., & Phillips, M. L. (2004). Distinct neural correlates of washing, checking, and hoarding symptom dimensions in obsessive-compulsive disorder. *Archives of General Psychiatry*, 61(6), 564–576.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Narayanaswamy, J. C., Jose, D., Kalmady, S. V., Agarwal, S. M., Venkatasubramanian, G., & Janardhan Reddy, Y. C. (2016). Cerebellar volume deficits in medication-naïve obsessive compulsive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 254, 164–168. <https://doi.org/10.1016/j.psychresns.2016.07.005>
- Nemeth, D., Janacsek, K., Polner, B., & Kovacs, Z. A. (2013). Boosting Human Learning by Hypnosis. *Cerebral Cortex*, 23(4), 801–805. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs068>
- Nemeth, D., & Tóth-Fáber, E. (2026). *Resolving Fundamental Debates in Statistical Learning: The Power of Process Dissociation*. https://doi.org/10.31234/osf.io/uwa35_v1
- Nissen, M. J., & Bullemer, P. (1987). Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures. *Cognitive Psychology*, 19(1), 1–32. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(87\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0010-0285(87)90002-8)
- Pedraza, F., Farkas, B. C., Vékony, T., Haesebaert, F., Phelipon, R., Mihalecz, I., Janacsek, K., Anders, R., Tillmann, B., Plancher, G., & Németh, D. (2024). Evidence for a competitive relationship between executive functions and statistical learning. *Npj Science of Learning*, 9(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41539-024-00243-9>
- Pedraza, F., Vékony, T., & Nemeth, D. (2023). Nomen est omen: Serial reaction time task is not a motor but a visuomotor learning task. *European Journal of Neuroscience*, 58(4), 3111–3115.
- Poldrack, R. A., Clark, J., Paré-Blagoev, E. J., Shohamy, D., Creso Moyano, J., Myers, C., & Gluck, M. A. (2001). Interactive memory systems in the human brain. *Nature*, 414(6863), 546–550. <https://doi.org/10.1038/35107080>
- Pujol, J., Soriano-Mas, C., Alonso, P., Cardoner, N., Menchón, J. M., Deus, J., & Vallejo, J. (2004). Mapping Structural Brain Alterations in Obsessive-Compulsive Disorder. *Archives of General Psychiatry*, 61(7), 720. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.61.7.720>

- Radua, J., van den Heuvel, O. A., Surguladze, S., & Mataix-Cols, D. (2010). Meta-analytical Comparison of Voxel-Based Morphometry Studies in Obsessive-Compulsive Disorder vs Other Anxiety Disorders. *Archives of General Psychiatry*, 67(7). <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2010.70>
- Rauch, S. L., Savage, C. R., Alpert, N. M., Dougherty, D., Kendrick, A., Curran, T., Brown, H. D., Manzo, P., Fischman, A., & Jenike, M. A. (1997). Probing striatal function in obsessive-compulsive disorder: a PET study of implicit sequence learning. *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 9(4), 568–573. <https://doi.org/https://doi.org/10.1176/jnp.9.4.568>
- Rauch, S. L., Wedig, M. M., Wright, C. I., Martis, B., McMullin, K. G., Shin, L. M., Cannistraro, P. A., & Wilhelm, S. (2007). Functional Magnetic Resonance Imaging Study of Regional Brain Activation During Implicit Sequence Learning in Obsessive–Compulsive Disorder. *Biological Psychiatry*, 61(3), 330–336. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.12.012>
- Remillard, G. (2003). Pure perceptual-based sequence learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(4), 581. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.4.581>
- Remillard, G. (2014). The study of sequence learning in individuals with schizophrenia: A critical review of the literature. *Journal of Neuropsychology*, 8(2), 231–245. <https://doi.org/10.1111/jnp.12022>
- Robbins, T. W., Vaghi, M. M., & Banca, P. (2019). Obsessive-Compulsive Disorder: Puzzles and Prospects. *Neuron*, 102(1), 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.01.046>
- Robinson, D. (1995). Reduced Caudate Nucleus Volume in Obsessive-compulsive Disorder. *Archives of General Psychiatry*, 52(5), 393. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.1995.03950170067009>
- Scarone, S., Colombo, C., Livian, S., Abbruzzese, M., Ronchi, P., Locatelli, M., Scotti, G., & Smeraldi, E. (1992). Increased right caudate nucleus size in obsessive-compulsive disorder: Detection with magnetic resonance imaging. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 45(2), 115–121. [https://doi.org/10.1016/0925-4927\(92\)90005-O](https://doi.org/10.1016/0925-4927(92)90005-O)
- Shaqiri, A., Anderson, B., & Danckert, J. (2013). Statistical learning as a tool for rehabilitation in spatial neglect. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 224. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00224>
- Shobeiri, P., Hosseini Shabanian, S., Haghshomar, M., Khanmohammadi, S., Fazeli, S., Sotoudeh, H., & Kamali, A. (2023). Cerebellar Microstructural Abnormalities in Obsessive–Compulsive Disorder (OCD): a Systematic Review of Diffusion Tensor Imaging Studies. *The Cerebellum*. <https://doi.org/10.1007/s12311-023-01573-x>
- Smalle, E. H. M., Daikoku, T., Szmalec, A., Duyck, W., & Möttönen, R. (2022). Unlocking adults' implicit statistical learning by cognitive depletion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(2), e2026011119.
- Soref, A., Dar, R., Argov, G., & Meiran, N. (2008). Obsessive–compulsive tendencies are associated with a focused information processing strategy. *Behaviour Research and Therapy*, 46(12), 1295–1299. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2008.09.001>
- Soref, A., Liberman, N., Abramovitch, A., & Dar, R. (2018). Explicit instructions facilitate performance of OCD participants but impair performance of non-OCD participants on a serial reaction time task. *Journal of Anxiety Disorders*, 55, 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2018.02.003>
- Soref, A., Liberman, N., Abramovitch, A., Poznanski, Y., & Dar, R. (2021). Intact capacity for implicit learning in obsessive-compulsive disorder. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 73, 101667. <https://doi.org/10.1016/j.jbtep.2021.101667>

- Squire, L. R. (1992). Declarative and Nondeclarative Memory: Multiple Brain Systems Supporting Learning and Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4(3), 232–243. <https://doi.org/10.1162/jocn.1992.4.3.232>
- Szegedi-Hallgató, E., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2019). Different levels of statistical learning - Hidden potentials of sequence learning tasks. *PLOS ONE*, 14(9), e0221966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221966>
- Szeszko, P. R., MacMillan, S., McMeniman, M., Chen, S., Baribault, K., Lim, K. O., Ivey, J., Rose, M., Banerjee, S. P., Bhandari, R., Moore, G. J., & Rosenberg, D. R. (2004). Brain Structural Abnormalities in Psychotropic Drug-Naive Pediatric Patients With Obsessive-Compulsive Disorder. *American Journal of Psychiatry*, 161(6), 1049–1056. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.6.1049>
- Tang, W., Zhu, Q., Gong, X., Zhu, C., Wang, Y., & Chen, S. (2016). Cortico-striato-thalamo-cortical circuit abnormalities in obsessive-compulsive disorder: A voxel-based morphometric and fMRI study of the whole brain. *Behavioural Brain Research*, 313, 17–22. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2016.07.004>
- Tao, Q., Dang, J., Niu, X., Gao, X., Zhang, M., Yang, Z., Xu, Y., Yu, M., Cheng, J., Han, S., & Zhang, Y. (2023). White matter microstructural abnormalities and gray matter volume alterations in obsessive-compulsive disorder: A coordinate-based meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 320, 751–761. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.09.035>
- Theeuwes, J., Bogaerts, L., & van Moorselaar, D. (2022). What to expect where and when: how statistical learning drives visual selection. *Trends in Cognitive Sciences*, 26(10), 860–872. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.06.001>
- Tomiya, H., Nakao, T., Murayama, K., Nemoto, K., Ikari, K., Yamada, S., Kuwano, M., Hasuzawa, S., Togao, O., Hiwatashi, A., & Kanba, S. (2019). Dysfunction between dorsal caudate and salience network associated with impaired cognitive flexibility in obsessive-compulsive disorder: A resting-state fMRI study. *NeuroImage: Clinical*, 24, 102004. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.102004>
- Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model. *Cognition*, 92(1–2), 231–270. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.008>
- Ullman, M. T., & Pullman, M. Y. (2015). A compensatory role for declarative memory in neurodevelopmental disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 51, 205–222. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.01.008>
- Vaghi, M. M., Cardinal, R. N., Apergis-Schoute, A. M., Fineberg, N. A., Sule, A., & Robbins, T. W. (2019). Action-Outcome Knowledge Dissociates From Behavior in Obsessive-Compulsive Disorder Following Contingency Degradation. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 4(2), 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2018.09.014>
- Vaghi, M. M., Vértes, P. E., Kitzbichler, M. G., Apergis-Schoute, A. M., van der Flier, F. E., Fineberg, N. A., Sule, A., Zaman, R., Voon, V., Kundu, P., Bullmore, E. T., & Robbins, T. W. (2017). Specific Frontostriatal Circuits for Impaired Cognitive Flexibility and Goal-Directed Planning in Obsessive-Compulsive Disorder: Evidence From Resting-State Functional Connectivity. *Biological Psychiatry*, 81(8), 708–717. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2016.08.009>
- van den Heuvel, O. A., Remijnse, P. L., Mataix-Cols, D., Vrenken, H., Groenewegen, H. J., Uylings, H. B. M., van Balkom, A. J. L. M., & Veltman, D. J. (2008). The major symptom dimensions of obsessive-compulsive disorder are mediated by partially distinct neural systems. *Brain*, 132(4), 853–868. <https://doi.org/10.1093/brain/awn267>
- Vékony, T., Ambrus, G. G., Janacsek, K., & Nemeth, D. (2022). Cautious or causal? Key implicit sequence learning paradigms should not be overlooked when assessing the role

- of DLPFC (Commentary on Prutean et al.). *Cortex*, 148, 222–226. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2021.10.001>
- Vékony, T., Brezóczi, B., Csifcsák, G., Németh, D., & Simor, P. (2025). *A functional trade-off between executive control and implicit statistical learning is dynamically gated by mind wandering*. <https://doi.org/10.1101/2025.08.05.668618>
- Virag, M., Janacsek, K., Horvath, A., Bujdoso, Z., Fabo, D., & Nemeth, D. (2015). Competition between frontal lobe functions and implicit sequence learning: evidence from the long-term effects of alcohol. *Experimental Brain Research*, 233(7), 2081–2089. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4279-8>
- Vloet, T. D., Marx, I., Kahraman-Lanzerath, B., Zepf, F. D., Herpertz-Dahlmann, B., & Konrad, K. (2010). Neurocognitive Performance in Children with ADHD and OCD. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 38(7), 961–969. <https://doi.org/10.1007/s10802-010-9422-1>
- Whiteside, S. P., Port, J. D., & Abramowitz, J. S. (2004). A meta-analysis of functional neuroimaging in obsessive-compulsive disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 132(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2004.07.001>
- Yu, Q., Gao, F., Li, C., Xia, J., Cao, Y., Wang, X., Xiao, C., Lu, J., Liu, Q., Fan, J., & Zhu, X. (2024). Compulsion is associated with impaired goal-directed and habitual learning and responding in obsessive-compulsive disorder. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 24(4), 100531. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2024.100531>
- Zarei, M., Mataix-Cols, D., Heyman, I., Hough, M., Doherty, J., Burge, L., Winmill, L., Nijhawan, S., Matthews, P. M., & James, A. (2011). Changes in Gray Matter Volume and White Matter Microstructure in Adolescents with Obsessive-Compulsive Disorder. *Biological Psychiatry*, 70(11), 1083–1090. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.06.032>
- Zetsche, U., Rief, W., Westermann, S., & Exner, C. (2015). Cognitive deficits are a matter of emotional context: Inflexible strategy use mediates context-specific learning impairments in OCD. *Cognition and Emotion*, 29(2), 360–371. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.911144>
- Zhong, L., Baptista, S., Gattoni, R., Arnold, J., Flickinger, D., Stringer, C., & Pachitariu, M. (2025). Unsupervised pretraining in biological neural networks. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09180-y>