

EGYÉNI KÜLÖNBSÉGEK AZ ÚJDONSÁG SPONTÁN TANULÁSÁBAN

A modern idegtudományban egyre több helyet kap az egyének közti különbségek vizsgálata. Ez egy kibontakozóban lévő tudományterület, a személyiség idegtudomány tárgya (DeYoung, 2013). Az, hogy számos hasonlóság mellett többé-kevésbé különbözünk más emberektől egy mindenki által elfogadott és megtapasztalt tény. A tudomány jelen állása szerint a viselkedés és a gondolatvilág különbségei együttjárást mutathatnak az agy strukturális és/vagy funkcionális különbségeivel. Az eltérések pontos felderítése az orvoslás nagy hasznára válhat, hiszen ezek a különbségek valószínűleg az intervenciók hatásait is befolyásolják. Fontosnak tartjuk tehát, hogy a kognitív és viselkedési aspektus mellett, részletesen tárgyaljuk a neurobiológiai adatokat és modelleket is. Ez a megközelítés jellemzi a személyiség idegtudományt, hiszen a törekvés célja a személyiségpszichológia és az idegtudomány ismereteinek szintézise, a kognitív szemlélet segítségével.

„A személyiség azon pszichológiai jellemzők és mechanizmusok (személyiségjegyek) halmaza, amelyek szervezettek és viszonylag állandók és befolyásolják az egyén interakcióit és alkalmazkodását a mentális, fizikai és szociális környezethez (fordított idézet: Larsen & Buss : Personality Psychology 3rd Ed, 2008).” A személyiség tehát az egyénre jellemző viselkedési motívumok összességét jelenti, míg egy személyiségjegy egy adott interakció típusát ír le. A vonásméleleti megközelítés szerint a személyiségjegyek univerzálisak és kvantitatív különbségeik tükrözik az emberek személyiségbeli eltéréseit. A biológiai sajátosságok bizonyos szintig meghatározzák az interakciókat, viszont az egyedi események is formálják a későbbi viselkedést, tehát a tanulás szerepe is alapvető a személyiség formálásában. A szándékosság szerint elkülöníthetünk akaratlagos (intencionális) és spontán (incidentális) tanulást. Spontán tanulás alatt azt a tanulást értjük, ami nem akaratlagosan történik. Bár tudásunk jelentős részét így szerezzük életünk során, memóriánk mégsem terjed ki minden eseményre amit átélünk, vagyis szelektív. Ez valószínűleg megkönnyíti és gazdaságossá teszi az előhívást, mivel jelentősen lecsökkenti az emlékek számát. Ha csak kevesebb emlékünkhöz lehet hozzáférni, akkor viszont érdemes kiválasztani azokat, amelyek fontosabb eseményeket érintenek. Az adaptív

memória modellje szerint a válogatás elvégzésében a mezolimbikus dopaminerg rendszer központi szerephez jut (Shohamy & Adcock, 2010).

A mezolimbikus dopaminerg rendszer egy a középgagyban található, neurotranszmitterként főleg dopamint kibocsájtó magcsoport és az ezekkel kapcsolatban lévő limbikus (pl.: hippocampus) területek funkcionális egysége. A mezolimbikus dopaminerg rendszer kívánatos, kellemetlen és új stimulusokra adott válaszairól gazdag irodalom áll rendelkezésre (Bromberg-Martin et al., 2010; Lisman & Grace, 2011; Schultz, 2016). Az ilyen stimulusok megközelítése, elkerülése és felfedezése élet vagy halál kérdése lehet az élőlények számára, így minden ezekkel kapcsolatos epizód igen fontosnak tekinthető. Az emlékezeti kísérletek jellemzően azt mutatták ki, hogy az emberek jobban emlékeznek az újdonságra, mint ismerős stimulusok újra bemutatására (van Kesteren et al., 2010). A jelenség magyarázatára több elmélet született. A prediktív kódolás koncepciója azt mondja, hogy az agy folyamatosan igyekszik bejósolni a minket érő stimulusokat. Amikor ez nem sikerül, egy ún. predikciós hiba keletkezik (den Ouden et al., 2012). Ez történhet újdonság észlelésekor is. A predikciós hiba a jóslás pontosítását szolgálja, tehát a tanulás fontos összetevője. Egy modell szerint az újdonság észlelése explorációs bónuszt ad, ami egyrészt fokozza az élőlény motivációját a felfedezésre, másrészt segíti a potenciálisan fontos észlelet raktározását a memóriában (Düzel et al., 2010). Ezek az elképzelések nem mondanak ellent egymásnak, és mindkettő fiziológiai alapjai közt megjelenhet a dopamin, mivel dopaminerg sejtekben mutattak ki először predikciós hiba kódolást (den Ouden et al., 2012) és a motivációt is klasszikusan ehhez a transzmitterhez kötik (Bromberg-Martin et al., 2010).

A viselkedés szabályozásában is fontos szerepe van az említett kiemelten fontos stimulusoknak, hiszen a jelentős eseményekre nem csak emlékezni kell, hanem cselekedni is bekövetkezésükkor. Ez a gondolat köti össze a mezolimbikus dopaminerg rendszert a személyiséggel. A középgagy dopaminerg magcsoport más idegrendszeri struktúrákkal is kapcsolatban van a hippocampus mellett, például a prefrontális kéreggel (PFC) és a bazális ganglionokkal. Az irodalmi adatok alapján több személyiségjegy is dopamin-függő lehet (DeYoung, 2013). A kísérleti paradigma és személyiségtesztek együttes felvételével arra keresünk bizonyítékot, hogy a mezolimbikus rendszer működésének egyéni különbségei az általa befolyásolt emlékezeti teljesítményen is megmutatkoznak. Később fiziológiai mérésekkel

(funkcionális mágneses rezonanciavizsgálat, elektroencefalográfia), és a dopaminerg neurotranszmissziót befolyásoló gyógyszerekkel kezelt betegpopulációk bevonásával szeretnénk bővíteni a kutatást.

1. ÚJDONSÁG ÉS EMLÉKEZET

Az újdonság fogalma mindannyiunk számára jól ismert, mégis fontos tudományos igényességgel definiálni. Az újdonság olyan észlelet lehet, ami az észlelő hosszú távú memóriájában nem tárolt, vagy nem lehetséges a felismerése. Az újdonságot fontos elhatárolni a meglepetéstől és a devianciától. Meglepetést egyaránt okozhat ismerős és új stimulus is, a lényeg, hogy váratlanul jelenjen meg. Deviancia jellemez egy olyan stimulust, ami eltér a többitől, de nem feltétlenül okoz meglepetést, mert várható a megjelenése és nem is feltétlenül új. Az újdonságot továbbá érdemes kategorizálni, ugyanis különbségek vannak az egyes alfajai által kiváltott kognitív és neurális hatások között. Így elkülönítünk új stimulust, kontextuális újdonságot, illetve téri újdonságot. Az új stimulus különbözik mindentől, amit addig tapasztalt az adott személy. A kontextuális újdonság egy ismert stimulus, ami csak az adott kontextusban számít újnak. A téri újdonság egy terület lehet, aminek térbeli viszonyai ismeretlenek felfedezője számára (Schomaker & Meeter, 2015).

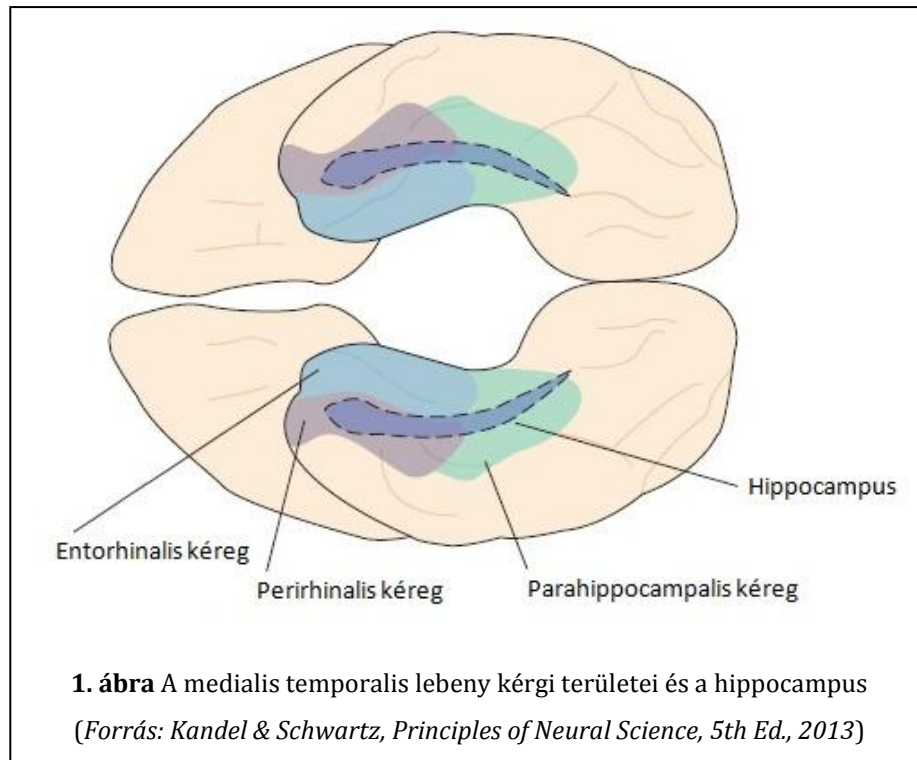
Az újdonság kognitív hatásai közül a legszembeötlőbb a már Pavlov által is leírt orientációs válasz, ami, ahogy azt a neve is sejteti, a figyelem önkéntelen újdonságra irányulását takarja (Schomaker & Meeter, 2015). Az újdonság preferált feldolgozását az teszi szükségsszerűvé, hogy potenciálisan fontos, jelenthet jutalmat, de büntetést is. Az újdonság feldolgozása tehát az adaptív viselkedés egy alapvető eleme. Az ún. újdonság kódolási hipotézis szerint az újdonság határozza meg az adott észlelet memorizálását, a tanulás szükségességét jelezheti (Tulving & Kroll, 1995). Több kísérletben, több paradigmával is kimutatták, hogy új elemekre jobban emlékeznek a résztvevők, mint ismerősekre (Tulving & Kroll, 1995; Tulving et al., 1996; Wittmann et al., 2007), de új elem konfigurációk is hasonló hatást váltottak ki (Schott et al., 2004), sőt a tanulást megelőzően bemutatott irreleváns újdonság is javította a későbbi felismerési teljesítményt (Fenker et al., 2008).

A medialis temporalis lebeny kérgi területeinek aktiválódását az újdonság minden típusára sikerült kimutatni funkcionális mágneses rezonanciavizsgálatot (functional magnetic resonance imaging, fMRI) alkalmazó kísérletekben, és az amygdala

aktiválódását is többen írták le, nem csak érzelmi kontextusban (áttekintésért lásd Schomaker & Meeter, 2015). Újdonság hatására aktiválódik a hippocampus (Lisman & Grace, 2005), és a mezolimbikus dopaminerg rendszer közepagi magvaival szinkronizált aktivációját is többen kimutatták, szintén újdonság hatására (Schott et al., 2004; Wittmann et al., 2007). A hippocampust beidegzik a közepagi dopaminerg idegsejtek és az általuk felszabadított dopamin hatással van a hippocampus plaszticitására (Lisman & Grace, 2005). Ez lehet az újdonság emlékezeti hatásának neurobiológiai alapja. A hippocampus emlékezésben játszott szerepének gazdag irodalmát tekintjük át a következő fejezetben, csak a legalapvetőbb adatokat említve. Ezután a mezolimbikus dopaminerg rendszer működésével és a két rendszer kapcsolatával foglalkozunk, ahol elemezzük az újdonság emlékezeti hatásának lehetséges magyarázatait.

1.1. A HIPPOCAMPUS SZEREPE AZ EMLÉKEZÉSBEN

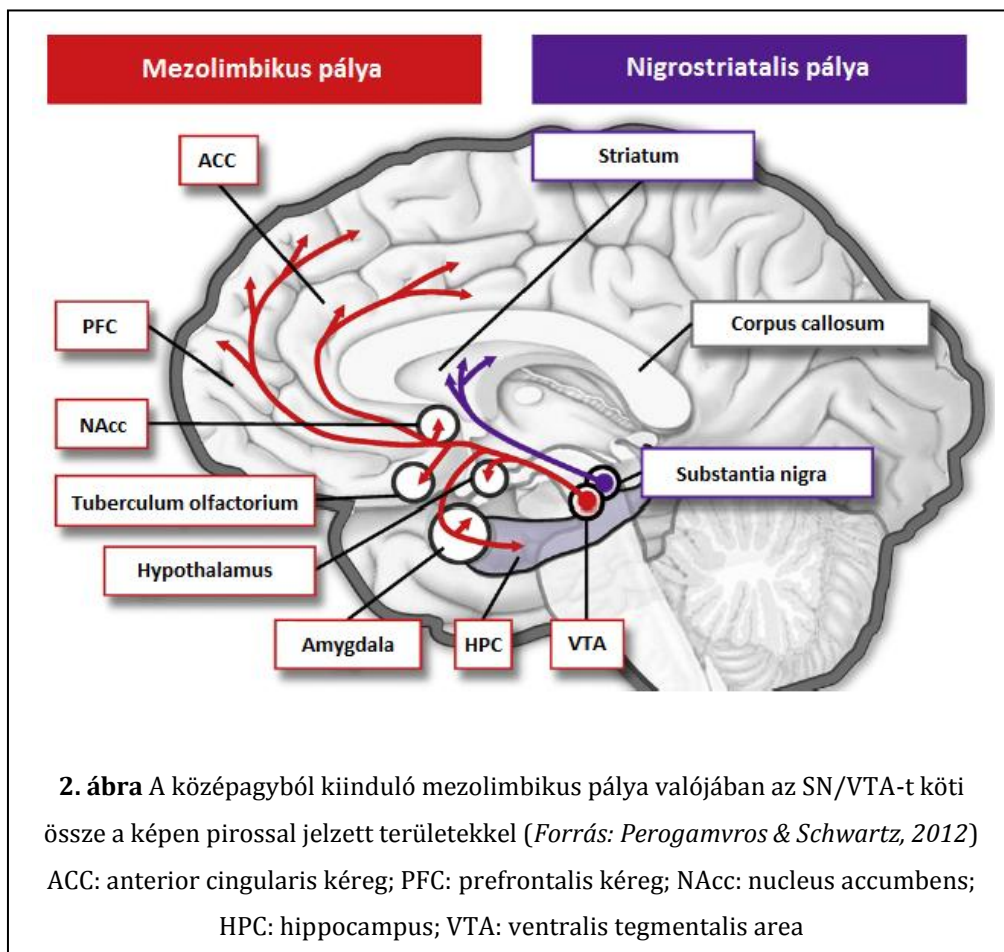
A hippocampus a temporális lebeny mélyén elhelyezkedő struktúra, a közelében lévő kérgi területekkel alkotja a medialis temporalis lebenyt. Ezek az entorhinalis, perirhinalis és parahippocampalis kérgék (lásd az 1. ábrát). A medialis temporalis lebeny és az epizodikus memória kapcsolata az emlékezetkutatás egyik klasszikus kérdésköre. A neuropszichológia egyik leghíresebb esettanulmánya, HM esete, jól példázza az említett struktúra és funkció elválaszthatatlanságát (Milner et al., 1968). A memória mérésére gyakran használnak felismerési teszteket: ezeken a tanult elemeket nem tanultakkal keverten mutatják be a résztvevőknek a teszt fázisban. Az ilyen teszteken nyújtott teljesítmény a felidézés (rekollekció) és az ismerősség (familiaritás) folyamatain alapul (Yonelinas, 2002). A rekollekció egy emlék újra átélése, ami tehát több-kevesebb kontextuális információ felidézését is feltételezi; erre akkor van lehetőség, ha epizodikus emlékünkből van az adott elemről. A familiaritás az adott elem ismerőségén alapul. Az ismerőség érzése jellemzően hirtelen tör az emberre, változó bizonyossággal. A két folyamat elkülönülését viselkedéses vizsgálatok, kiváltott potenciál (event-related potential, ERP) kísérletek, funkcionális képalkotás és állatkísérletek támasztják alá (áttekintésért lásd Eichenbaum, Yonelinas, & Ranganath, 2007). Ezek alapján a medialis temporalis lebenynek fontos szerepe van mindkét folyamatban.



A medialis temporalis lebenyt a rendelkezésre álló anatómiai adatok alapján 4 fő funkcionális egységre szokás osztani (Eichenbaum, Yonelinas, & Ranganath, 2007), ezek a már említett kérgi egységek és a hippocampus. A neocortex objektum tulajdonságokat feldolgozó területei a perirhinalis kéreggel vannak kapcsolatban, míg a multimodális, térbeli elhelyezkedésre vonatkozó információkat feldolgozó területek a parahippocampalis cortexbe projektálnak. Mind a perirhinalis, mind a parahippocampalis kéreg az entorhinalis kéregbe küld axonokat, pontosabban annak lateralis és medialis részébe. Az entorhinalis kéreg sejtjei a tractus perforanson keresztül küldik axonjaikat a hippocampusba, ahol feltételezhetően a kétféle információ összegződik. A perirhinalis és lateralis entorhinalis kéregben objektumok reprezentációi tárolódhatnak (reprezentáció alatt a neuronhálózatok aktivitási mintázatait értjük), amik később a familiaritás érzését váltják ki újraaktiválódásukkal. A hippocampus ezeket a reprezentációkat a parahippocampalis és medialis entorhinalis kéregből érkező téri információval asszociálva kontextuális reprezentációt hoz létre, melynek későbbi reaktiválódása lehet a rekollekció neurobiológiai mechanizmusa (Eichenbaum, Yonelinas, & Ranganath, 2007). A fentiek alapján elképzelhető, hogy a perirhinalis kéreg a stimulus újdonságát, a parahippocampalis kéreg a téri újdonságát, míg a hippocampus ezek bármelyikét és a kontextuális újdonságát jelezheti (Lisman et al., 2011).

1.2. A MEZOLIMBIKUS DOPAMINERG RENDSZER MŰKÖDÉSE

A mezolimbikus dopaminerg rendszer egyike az agy azon funkcionális egységeinek, melyek neurotranszmitterként főleg dopamint használnak. A közepagy substantia nigrában és ventralis tegmentalis areában (SN/VTA) helyezkednek el a dopaminerg neuronok sejttestei, melyek a PFC mellett az ún. limbikus területekbe (amygdala, hippocampus, ventralis striatum) projektálnak (lásd 2. ábra) (Björklund & Dunnett, 2007). A dopaminerg idegsejtek fiziológiásan 3 féle állapotban lehetnek. Az első a passzív állapot, ilyenkor a hiperpolarizált neuronok nem generálnak akciós potenciált. A második a tónusos állapot, amikor az akciós potenciál (AP) frekvencia 2-10 Hz körül mozog. A harmadik a fázisos állapot, amikor rövid ideig (100-500 ms) jelentősen megnő az AP frekvencia (Grace et al., 2007).



A nucleus accumbens (NAcc) is kap axonokat az SN/VTA dopaminerg neuronjaitól és ebben a struktúrában részben ismertek a tónusos és fázisos tüzelés hatásai (Grace et al., 2007). A fázisos tüzelés csak azokra a posztszinaptikus neuronokra hat, amelyekkel direkt kapcsolata van az adott dopaminerg sejtnek, mivel a magas affinitású dopamin transzporter hatékonyan gátolja a diffúziót az extraszinaptikus térbe. Ezzel szemben a

tónusos dopamin aktivitás az extraszinaptikus dopamin-szintet növeli a posztszinaptikus struktúrákban, így több idegsejtre hathat, ráadásul akár 20-40 percig is fennmaradhat (De Leonibus et al., 2006), mivel erre már nincsenek hatással a szinapszisokban működő eltávolító folyamatok.

A tónusos tüzelést kapcsolatba hozták már a motivációval, hatását feltételezhetően a viselkedés energizálása révén éri el. (Düzel et al., 2010). A motiváció továbbá az emlékezetre is hatással lehet. Egy kísérletben azt kapták, hogy a magas pénzjutalmat ígérő próbák során bemutatott váratlan deviáns képekre jobban emlékeztek a kísérleti személyek, mint az alacsony értékűeknél felvillanókra (Adcock & Murty, 2014). Jellemző, hogy a bizonytalan jelzőingerek megjelenése után tónusos aktivitás jelentkezik, ami annál nagyobb, minél bizonytalanabb a jóslott jutalom érkezése (Fiorillo et al., 2003). Patkányokon végzett kísérletek támasztják alá, hogy újdonság hatására az SN/VTA-val kapcsolatban lévő posztszinaptikus struktúrák extraszinaptikus dopamin-szintje megnövekszik (De Leonibus et al., 2006). Erre emberből nincs direkt bizonyíték, de több fMRI kísérlet mutatta ki az SN/VTA aktivációját újdonságra (Schott et al., 2004; Wittmann et al., 2007), ami részint tükrözheti a dopaminerg neuronok tónusos aktivitását (Shohamy & Adcock, 2010; Düzel et al., 2010).

A fázisos tüzelést először jutalom hatására sikerült kimutatni, s később kiderült, hogy a sejtek tüzelési mintázata egy bonyolultabb komputáció eredményét, az ún. jutalom predikciós hibát tükrözi (Schultz et al., 1997). A sejtek a jutalmat jelző ingerekre aktiválódnak, magára a jutalomra csak akkor, ha az váratlanul érkezik vagy nagyobb, mint amire számítani lehetett. Emellett a várt jutalom elmaradása vagy kevesebb jutalom csökkent aktivitást okoz. Úgy tűnik tehát, hogy a sejtek a várt és a kapott jutalom közti különbséget kódolják. A megerősítéses tanulásban fontos szerepe lehet ennek a mechanizmusnak. A megerősítéses tanulás lényege, hogy az adott organizmus egy bizonyos jelet asszociál jutalommal vagy büntetéssel (Skinner, 1990). Ennek az eredménye, hogy a jel maga fog orientációt vagy averziót kiváltani. Mivel a dopaminerg sejtek tüzelése pontosan ezt a mintázatot követi (ha van prediktív inger, akkor csak annak megjelenése vált ki fázisos tüzelést, maga a jutalom már nem), logikus feltételezni, hogy valamilyen kapcsolat áll fenn a két jelenség között. Fázisos aktivitást új, neutrális ingerekre is kimutattak, amely az inger familiarizálódásával megszűnik (Ljungberg et al., 1992). Valószínű tehát, hogy az újdonságra is reagálnak fázisosan az SN/VTA sejtjei (de lásd még Schultz, 2016).

1.3. A HIPPOCAMPUS ÉS A MEZOLIMBIKUS DOPAMINERG RENDSZER KAPCSOLATA

Az emlékezet evolúciós jelentőségét hangsúlyozza az adaptív emlékezet modellje (Shohamy & Adcock, 2010), amely magában foglalja a szelektivitást is: a modell szerint az adaptív viselkedéshez szükséges eseményeket preferálja az emlékezeti rendszer. Az emlékezeti szelektivitás nemcsak az előhívás hatékonyságát növeli, de a kódolás és tárolás is takarékosabb lehet általa. Az SN/VTA direkt kapcsolatban van a hippocampus-szal (Lisman & Grace, 2005) és a motivációs szempontból legfontosabb események hatására konzisztens aktivációt mutat (Bromberg-Martin et al., 2010), tehát elképzelhető, hogy egy adott esemény fontosságát jelzi a hippocampus felé.

Az emlékezeti asszociációk neurofiziológiai alapját az ún. hosszú-távú potenciáció (long-term potentiation, LTP) adhatja. A folyamat tanulmányozására a hippocampus CA1 régiója általánosan használt modell. Az LTP-t az itt található N-metil-D-aszparaginsav (NMDA) receptorok teszik lehetővé, ezek ugyanis csak akkor engednek át Ca^{2+} -ionokat, ha a sejt depolarizálódott és glutamátot köt a receptor (Lisman et al., 2011). A glutamát a preszinaptikus sejtől származik, annak depolarizációjakor szabadul fel, tehát az NMDA receptorok akkor aktiválódnak, ha a preszinaptikus és posztzinaptikus sejt is egyidőben depolarizálódik. Ez megfelel a Hebb-szabálynak, ami szerint az egyszerre tüzelő sejtek kapcsolata megerősödik (Hebb, 2005). Kiderült azonban, hogy a megerősödött kapcsolat fenntartásához, vagyis az LTP késői fázisához, feltétlenül szükséges a dopamin (Lisman & Grace, 2005). A D1-receptor aktiváció valószínűleg a megerősített szinaptikus kapcsolat fenntartásához szükséges fehérje szintézist indukálja (Lisman et al., 2011).

A CA1 a subiculummal, a hippocampus egy másik régiójával van excitatórikus kapcsolatban, ami a hippocampus fő kimeneti egységének tekinthető. A NAcc-t is beidegzi, mely a ventralis pallidum gátlásával csökkenti a VTA inhibícióját (Lisman & Grace, 2005). A ventralis pallidum spontán aktivitást mutat és gamma-amino-vajsav (gamma-aminobutyric acid, GABA) kibocsátásával tartja hiperpolarizált állapotban a VTA dopaminerg sejtjeit. A subiculum aktivitásának gátlása nagymértékben lecsökkenti a VTA aktiválódását újdonságra (Legault & Wise, 2001), ami az előbb felvázolt kapcsolatrendszer létezését támogatja. A subiculum a tüzelő, vagyis tónusosan aktív sejtek számát növeli a VTA-ban, az akciós potenciál frekvenciát nem befolyásolja (Floresco, Todd, & Grace, 2001). Így magában a hippocampusban is dopamin szabadul fel, valószínűleg az extraszinaptikus dopamin szintet növelve (Floresco et al., 2003).

Ezek az adatok vezettek ahhoz az elképzeléshez, hogy a hippocampus tulajdonképpen saját plaszticitását szabályozza a dopamin felszabadítása által (Lisman & Grace, 2005). Ez tulajdonképpen a Tulving által felvetett újdonság kódolási hipotézissel (Tulving & Kroll, 1995) is összhangban van: a rendszer először detektálja az újdonságot, majd fokozza saját tanulási hatékonyságát. Intrakraniális EEG használatával sikerült a modellnek megfelelő válaszokat regisztrálni az érintett struktúrákból: a korai hippocampus aktivációt a NAcc késői aktivációja, majd egy későbbi hippocampalis válasz követte (Axmacher et al., 2010).

1.4. A DOPAMIN HATÁSA AZ EMLÉKEZETRE

Úgy tűnik, tehát hogy a dopaminnak fontos hatása van az emlékezetre. Ezt a hatást különböző időintervallumokban képes kifejezni (Shohamy & Adcock, 2010): a) az adott esemény előtt felszabadulva, b) közvetlenül az adott esemény után felszabadulva, vagy c) az esemény után sokkal később felszabadulva. Az első lehetőséget támogatják azon vizsgálatok, melyek kimutatták, hogy a dopamin jelenléte hippocampalis (CA1) szinapszisokban felerősíti az LTP-t az idegsejtek stimulációjakor (áttekintésért lásd Shohamy & Adcock, 2010). Ezzel hozhatjuk összefüggésbe azt az eredményt, ami szerint új képek nézése javítja az emlékezést az utána bemutatott ingerekre (Fenker et al., 2008). A második lehetőség a retroaktív hatás. Ez esetben az esemény időben megelőzi a kiváltott dopamin felszabadulást (Schott et al., 2004; Wittmann et al., 2007). Ez leginkább Lisman és Grace elképzelésével (Lisman & Grace, 2005) állítható párhuzamba, miszerint a hippocampus önmaga váltja ki a plaszticitás fokozódást az SN/VTA aktiválásával a fontos esemény bekövetkezésekor. A harmadik eshetőség, hogy a dopamin felszabadulása az esemény bekövetkezése után sokkal később történik meg, mégis javítja az emléknyom felidézhetőségét. Ezt félelmi kondicionálási paradigmában mutatták ki, dopamin antagonistá adásával (Rossato et al., 2009). A nagy változatosság miatt a háttérben több molekuláris mechanizmus is feltételezhető (Shohamy & Adcock, 2010).

A szinaptikus "tag & capture" modell (áttekintésért lásd Lisman et al., 2011) a dopamin hatásának idői különbségeinek mechanisztikus magyarázatát kínálja. A modell szerint a dopamin bizonyos fehérjéket aktivál a szinapszisban, amiket későbbi glutamát aktiváció által indukált más fehérjék kötnek és komplexük a késői LTP-hez szükséges fehérjeszintézist okozza. A dopamin által aktivált fehérjék valószínűleg hosszan

maradnak ebben az állapotban (Düzel et al., 2010; Lisman et al., 2011), hosszú elérhetőségük a korai és koincidentális felszabadulás emlékezeti hatását magyarázhatja. A nagy időbeli különbséggel történő facilitáció a rekonszolidáció segítségével magyarázható. Az emlékyom reaktivációjakor felszabaduló dopamin hatással lehet a rekonszolidáció során lejátszódó LTP-re, ami a konszolidáció és a rekonszolidáció hasonlósága miatt tűnik plauzibilisnek (Nader, 2003).

A szinaptikus "tag & capture" modell tehát egyetlen mechanizmussal magyarázza a dopamin különböző időintervallumokban kialakuló hatását. A tónusos és a fázisos dopamin felszabadulás egyaránt állhat ennek hátterében. A tónusos felszabadulás valószínűleg az extraszinaptikus dopamin szintet növeli (Lisman & Grace, 2007), ami hosszabb ideig fennmaradhat (De Leonibus et al., 2006), főleg a hippocampusban, a dopamin eltávolító mechanizmusok kisebb lokális hatékonysága miatt (Lisman et al., 2011). Így az extraszinaptikus dopamin valószínűleg periodikus hatást lenne képes kiváltani. A tónusos dopamin felszabadulás fontosságát egy állatkísérletes tanulmány támasztja alá (Zweifer et al., 2009). Ebben a tanulmányban olyan genetikailag módosított (knockout) egereket használtak, amelyekben a fázisos tüzelést lehetővé tévő NMDA receptorok működésképtelenek. Az állatok komoly tanulási deficitet mutattak, azonban hosszútávon képesek voltak a kontroll egerek szintjén teljesíteni a feladatban. Egyes szerzők épp ez utóbbi eredmény miatt vonják kétségbe a fázisos tüzelés fontosságát (Shohamy & Adcock, 2010). Azonban a fent idézett kísérletben a fázisos aktivitás drámai lecsökkenését jelentik a kutatók (Zweifel et al., 2009), vagyis az is elképzelhető, hogy a nagy mértékben csökkent, de még meglévő fázisos aktivitás miatt képes a tanulásra az állat.

A fázisos dopamin felszabadulás szerepe mellett szól, hogy ez a szinaptikus dopamin szintet fokozza (Lisman & Grace, 2007), hatása jelentősen eltér az extraszinaptikus, alacsony koncentrációban jelen lévő dopaminétól, mivel a magas koncentráció alacsony affinitású receptorokat is aktiválhat, viszont csak az adott szinapsziszra korlátozva. Jó magyarázatnak tűnik, hogy a tónusosan aktív neuronok számának növelésével, az egyes stimulusokra fázisosan tüzelő neuronok száma is megnő, amik így robusztusabb sejt aktivációs mintázatot, illetve több megerősített szinaptikus kapcsolatot hoznak létre és ez okozza az emlékezeti hatást. Ez a gondolat a NOMAD (NOvelty related Motivation of Anticipation and exploration by Dopamine) modellben csúcsosodik ki (Düzel et al., 2010), miszerint az újdonság által aktivált

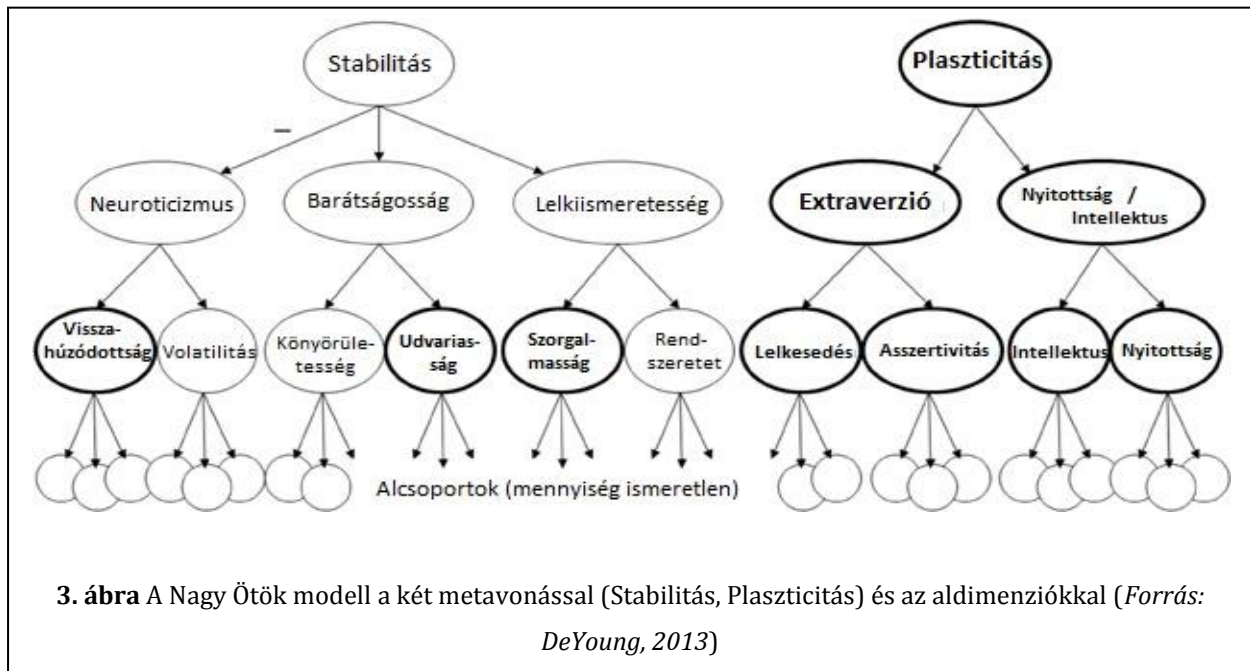
dopaminerg neuronok „felfedezési bónuszt” adnak, ami a felfedező viselkedést fokozza és segíti a tanulást. Ebben az esetben azonban egyedi stimulusokra is kimutathatónak kell lennie a hatásnak, ha azok fázisos tüzelést váltanak ki. Ezt támogatja egy, az általunk is alkalmazott paradigmával elért korábbi eredmény, ami szerint a kísérleti személyek jobban emlékeztek a várhatóan új képekre, mint a váratlanul bemutatottakra (Wittmann et al., 2007). Az eredményt kis elemszámú mintán mutatták ki (n=12), talán ezért nem említik erős bizonyítékként átfogó cikkek (Shohamy & Adcock, 2010; Lisman et al., 2011).

Wittmann és munkatársai az újdonság és a jutalom feldolgozása közti hasonlóságot hangsúlyozták: az újdonságot jelző inger SN/VTA aktivációt váltott ki (Wittmann et al., 2007), ami talán a (Fiorillo et al., 2003) által kimutatott bizonytalanságot reflektáló tónusos aktiváció fMRI korrelátuma. A fázisos választ elvileg kiválthatja az újdonság (Ljungberg et al., 1992), ami robosztusabb lehet, ha több az aktív neuron (Düzel et al., 2010). Így a várt új képek nagyobb eséllyel raktározódnak, ha valóban kiváltak fázisos választ és ez okozza az emlékezeti hatást. Ez tehát az újdonság specifikus hatását támasztja alá, vagyis azt, hogy a jutalomhoz hasonló a feldolgozása. Akár az is elképzelhető, hogy a kettő feldolgozása teljesen azonos, és az újdonság önmagában jutalomnak tekinthető (DeYoung, 2013).

2. A MEZOLIMBIKUS DOPAMINERG RENDSZER KAPCSOLATA SZEMÉLYISÉGJEGYEKKEL

A viselkedés az élőlények látható megnyilvánulása, kommunikációja a külső környezettel, amelyet a környezeti tényezők mellett belső, testi és mentális állapotaik, motivációik, korábbi tapasztalataik egyaránt befolyásolnak. A személyiség aspektusait, és ezzel szoros összefüggésben a viselkedést is az életút során szerzett tapasztalatok alakítják, amelyek emléknymok formájában járulnak hozzá pillanatnyi tudásunk egészéhez. Ezt a folyamatot támogató tanulási formák egyike a spontán tanulás, amely a nem akaratlagos tanulást jelenti. Az ily módon elsajátított ismereteknek azonban csak egy része, még hozzá az egyéni jelentőséggel bíró - a self-fel és célokkal koherens - emlékek maradnak elérhetőek az ember számára a kognitív gazdaságosság jegyében. Ebben a szelekcióban központi szerepe lehet többek között a mezolimbikus dopaminerg rendszernek a hippocampussal alkotott kapcsolatain keresztül. A spontán tanulás tehát

egyéni különbségeket mutat, amelyek a személyiségjegyekben és viselkedésben detektálhatók.



A személyiség leírásának egyik módja a vonáselméleti megközelítés, amely a személyiséget lényegében az ember konzisztens és koherens (gyakran ismétlődő) viselkedési mintáin keresztül írja le. Bizonyos viselkedések magas gyakorisággal jellemeznek egy embert, és az ezek alkotta mintázat egyéni különbségeket mutat. A vonáselméleti megközelítés szerint ezek a különbségek kvantitatív jellegűek, az egyének tehát a személyiségjellemzők mértékében térnek el egymástól. A személyiségjegyek felmérésére szolgáló egyik legismertebb vonáselméleti modell a Nagy Ötök (Big Five) személyiségmodell, amely öt dimenzió (Barátságosság, Lelkiismeretesség, Neuroticizmus, Extraverzió, Nyitottság/Intellektus) mentén vizsgálja az egyéni személyiségbeli eltéréseket. Ezek közül a Plaszticitás metavonás alá tartozó Nyitottság/Intellektus és Extraverzió faktorok (lásd 3. ábra) olyan viselkedési és kognitív működési módokat foglalnak össze, amelyekre jellemző többek között a környezeti ingerekre válaszként adott megközelítő viselkedés, az exploráció, illetve a jutalomra, mint ezek mozgatórugójára való érzékenység. Gazdag kísérletes irodalom áll rendelkezésre arról, hogy e működéseket a neurobiológiai mechanizmusok szintjén a mezolimbikus dopaminerg rendszer aktivitása modulálja (lásd fentebb). Ennek az összefüggésnek a tükrében merül fel a feltételezés, hogy esetleg a személyiségbeli eltéréseket a dopaminműködés különbözőségei modulálhatják. A személyiség neurobiológiai meghatározottságával a személyiség idegtudomány foglalkozik, mely

tudományterület számos kutatási eredménye példázza a dopamin személyiségjegyekhez kötött működését.

A továbbiakban bemutatjuk a Nagy Ötök személyiségmodell alapján elkülönített, a dopaminműködéssel összefüggésbe hozott személyiségvonásokat, illetve az azok dopamin-befolyásoltságáról szóló eredményeket. A dopaminerg rendszer újdonsági hatásban betöltött szerepének, és az újdonság memória-moduláló funkciójának ismeretében vizsgáljuk, hogy van-e összefüggés személyiségdimenziók és emlékezeti teljesítmény között, feltételezve, hogy e működések mindegyikét a mezolimbikus dopaminerg rendszer működése modulálja. A rendszert alkotó neuronok aktivitása nem egységes, úgy tűnik, hogy az ingerekre kétféleképpen reagálnak. A *száliciencia kódoló* neuronok a váratlan ingerekre reagálnak attól függetlenül, hogy azok jutalomnak vagy büntetésnek minősülnek-e, tehát aktivitásuk lényegében az inger szálicienciájának mutatója. Az inger kiértékelését követően pedig a nem várt jutalomra serkentő, büntetésre gátló hatást fejtenek ki az *érték kódoló* neuronok annak mértékében, hogy az inger értéke az elvárásokat mennyire múlta felül, vagy éppen alul (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). A kódolás e kettős természete hasonlóságot mutat a dopamin-befolyásoltságban tárgyalt személyiségvonások jellemzőivel, így az egyes dimenziókhoz a mezolimbikus dopaminerg rendszer működésének egy részletesebb modellje köthető.

2.1. NYITOTTSÁG/INTELLEKTUS

A Nyitottság/Intellektus személyiségdimenzióra általánosan jellemző az ötletgazdagság, kíváncsiság, a jó megfigyelőképesség, a kreativitás és a művészi beállítottság, valamint a mély gondolkodás, és az intellektus. Ezeknek a jellemzőknek a közös vonása a kognitív exploráció, amelynek célja a környezetről és ingerekről konkrét és elvont információ szerzése. Az információszerzés mögött álló motiváció a (pszichikai) entrópia csökkentése, amely az ismeretlen bizonytalanságából fakad -ebben az értelmezésben tehát az appetitív, averzív és új ingerekről szerzett információ, egyaránt jutalomnak minősül a hosszabb távú alkalmazkodás szempontjából. Ilyen jellegű működésmódok a dopaminerg rendszer száliciens ingerekre aktiválódó részeire hatnak, így a Nyitottság/Intellektus dimenzió a száliciencia kódoló rendszer aktivitásához köthető. Ezek a neuronok olyan agyi területekkel állnak kapcsolatban, amelyek a figyelem releváns ingerre irányításáért, a kognitív kiértékelésért, és az információ

felfedezését szolgáló viselkedések általános motivációjáért felelősek. A dorzolateralis prefrontalis cortexnek (DLPFC) fontos szerepe van a munkamemóriában, amelynek funkciója a releváns információ online tartása és manipulálása komplex kognitív műveletek végzéséhez. Ezen a kérgi területen ható dopamin a reprezentációk munkamemóriában tartását támogatja. A NAcc magjában lévő dopaminerg neuronok az általános motiváció javításában, a kognitív ráfordításban és bizonyos szintig a kognitív rugalmasságban játszanak fontos szerepet. Összességében tehát elmondható, hogy a szálencia kódoló rendszer dopaminerg neuronjai elősegítik a kognitív explorációt (áttekintésért lásd DeYoung, 2013).

A faktorcsoport kettős elnevezése egy korai vitából ered, miszerint némely kutatók a "Nyitottság a tapasztalatokra", mások az "Intellektus" címkét vélték találóbbnak a jellemvonások összefoglalására. A két elnevezés azonban két elkülöníthető, ugyanakkor egyaránt fontos vonását jelöli a személyiségdimenzióknak: a Nyitottság a perceptuális és szenzoros információk felé irányul, magába foglalja a művészeti és esztétikai érdeklődést, a szenzoros élményekben való elmerülést, élénk fantáziát, apoféniát és túlzott mintázatfelismerést; az Intellektust ugyanakkor az absztrakt információk és fogalmak, az intelligencia, intellektuális meggyőződés jellemzi. Az egyik vonás az érzékleti, a másik a racionális folyamatokon keresztül, de egyaránt a kognitív explorációt támogatja (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). Ennek a szétválasztásnak megfelelően a személyiségvonások háttérében többféle dopamin-függő fiziológiai folyamat feltételezhető, amelyek a jellemző viselkedésekhez köthető különböző agyi területeken mehetnek végbe.

A Nyitottság/Intellektus személyiségdimenzió pozitív korrelációt mutatott a PFC-hez köthető munkamemória teljesítménnyel, amely kapcsolatot az Intellektus aspektussal empirikus úton is sikerült bizonyítani (DeYoung, 2011). Ennek, és a vonásra jellemző kognitív és viselkedéses exploráció dopamin befolyásoltságának ismeretében vizsgálták DeYoung és munkatársai (2011) a PFC dopaminerg receptoraiért felelős génváltozatokat és a személyiségbeli eltéréseket. Vizsgálatukban két olyan gént tanulmányoztak, amelyek kiemelt fontosságúak a PFC dopaminműködésében, ezek a D4 dopamin receptor gén és a katekol-o-metiltranszferáz (COMT) gén. A D4 az egyetlen *gátló* receptor, amelynek kifejeződése erőteljes a PFC-ben, ugyanakkor egyik változata (7-szeres ismétlődésű allél, DRD4-VNTR-7-es allél) a szokásosnál jóval alacsonyabb szinten jelenik meg a PFC-ben. A DRD4-VNTR-7-es alléllal összefüggésbe hozhatók olyan

vonások, mint a gátlástalan viselkedés és kockázatvállalás, újdonságkeresés, ugyanakkor a figyelemzavar és a figyelemhiányos hiperaktivitás-zavar kialakulásában is kockázati tényezőnek bizonyult. Mivel a magas Nyitottság/Intellektus faktor jó teljesítménnyel jár együtt figyelmi teszteken, ezért a DRD4-VNTR-7-es allél hatásának iránya nem egyértelmű. A COMT gén a COMT enzim termelődéséért felel, amelynek szerepe a dopamin és noradrenalin lebontása. Az enzimnek kiemelt szerepe van a prefrontális dopamin elszállításában, így tehát a Nyitottság/Intellektus személyiségdimenzióhoz is feltételezhető neurobiológiai hozzájárulása. A gén Val158Met polimorfizmusa a 158. aminosav variációjából adódik, ez lehet valin (Val) vagy metionin (Met); a Met géntípus az enzim csökkent aktivitásával asszociált, ez a variáns tehát a PFC magasabb dopamin-szintjével, és fokozott Nyitottság/Intellektus vonással hozható összefüggésbe. DeYoung és munkatársai feltételezéseiket egy gyermekekből, és egy felnőttekből álló, nagy elemszámú mintákon vizsgálták, ahol főhatást találtak gyermekeknél mind a D4, mind a COMT variánsok, felnőtteknél a géntípus interakció esetében a magas Nyitottság/Intellektus dimenzióra (DeYoung et al, 2011). Ezek az eredmények implicálják, hogy a dopamin működése a kognitív exploráció motiválójaként involvált lehet a személyiségdimenzióban.

Egy másik genetikai vizsgálat során Peciña és munkatársai (2013) azt kutatták, hogy a striatumban és prefrontális kéregben kifejeződő, jutalom feldolgozásban betöltött szerepéről ismert D2 dopamin receptor (DRD2) gén variánsai milyen összefüggést mutatnak a NEO-PI (NEO Personality Inventory) "Tapasztalatokra nyitottság" dimenziójával. A viselkedéses teszten az alanyoknak MID (Monetary Incentive Delay) feladatot kellett végezniük fMRI-ben. A DRD2 gén rs4274224 variánsánál fő hatást találtak a dorzolaterális prefrontális kéreg (DLPFC) aktivációjára jutalom anticipációja alatt, amellyel pozitívan korrelált a NEO-PI személyiségteszt "Nyitottság a tapasztalatokra" dimenziója (Peciña et al, 2013). Ez az eredmény arra enged következtetni, hogy a személyiségvonás menti egyéni eltéréseket a DRD2 gén polimorfizmusai hozzák létre, a DLPFC dopaminműködése pozitív összefüggésben áll a vonással.

A dimenzióhoz tartozó Nyitottság és Intellektus aspektusokra külön-külön rátekintve tovább bonthatjuk a kapcsolódó kognitív folyamatokat és neurobiológiai jellemzőket. Habár az intelligencia Intellektusnak tulajdonítása a mérés módja (teljesítményteszt) miatt vitatott, mégis úgy tűnik, hogy a személyiségvonást jellemző

folyamatok összefüggenek: a szálencia kódoló rendszer működése facilitálja a munkamemóriát és explicit tanulást, a munkamemória kapacitás, az információ feldolgozási sebesség, és asszociációk önkéntes tanulása ugyanakkor mind hozzájárulnak az általános intelligenciához. Ezek az együttjárások arra engednek következtetni, feltehetőleg az intelligenciában is szerepet játszik a dopaminműködés (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). A Nyitottság több vizsgálat szerint csökkent látens gátlással társul (Peterson & Carson, 2000, Peterson, Smith & Carson, 2002). A látens gátlás egy tudattalan figyelmi szűrőfolyamat, amelynek során a korábban irrelevánsnak bizonyult ingerek gátlódnak az új ingerekkel szemben. A csökkent látens gátlás tehát feltehetőleg hozzájárul a divergens gondolkodáshoz, mintázatfelismeréshez. Egy további fontos tényező a predikciós hiba, ami az elvárások, belső reprezentációk és a valóság közti eltéréseket jelzi. A predikciós hibát jelző rendszer finom zavara hozzájárulhat az új mintázatok -esetenként túlzó- felismeréséhez, az új összefüggések észrevételéhez. A Nyitottság és Intellektus ezen jellemzői erős hozzájárulást sejtetnek a kreativitáshoz. A csökkent látens gátlás és predikciós hiba zavara tehetik lehetővé a kreatív potenciálra jellemző újszerű gondolkodásmódot és alkotó tevékenységet, amelynek célja innovatív és hasznos materiális és szellemi termékek előállítására. A személyiségdimenziók közül a Nyitottság/Intellektus faktor bizonyul a kreativitás legmegbízhatóbb prediktorának (áttekintésért lásd DeYoung, 2013; Polner & Kéri, 2015; Batey & Furnham, 2006). Az ezekért a folyamatokért felelős agyi rendszerek működése dopamin által befolyásolt, ami megint csak hozzájárul ahhoz az elképzeléshez, miszerint a dimenzió menti eltérések hátterében a dopaminerg rendszer működésének különbözőségei állhatnak.

A mezolimbikus dopaminerg rendszer újdonsági hatásban betöltött szerepének, és memória-moduláló funkciójának ismeretében vetjük fel a személyiség idegtudomány imént taglalt eredményeire alapozva, hogy pozitív összefüggés lehet az újdonságfüggő emlékezeti teljesítmény és a Nyitottság/Intellektus dimenzió mutatói között.

2.2. EXTRAVERZIÓ

A Plaszticitás metavonás alá tartozó másik, Extraverzió személyiségdimenzió legjellemzőbb jegyei a beszédesség, közvetlenség, vezetői készség, dominancia, aktivitás, pozitív érzésvilág, élménykeresés (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). A Nagy Ötök közül ezt a vonást hozzák a leggyakrabban összefüggésbe a dopaminműködéssel, mivel jegyeinek összességét a jutalomra érzékenység jellemzi. Habár az Extraverziót szociális

viselkedés jellemzőjeként szokás emlegetni, társas kontextuson kívül is jellemzi a fizikai aktivitás és pozitív érzelmvilág. Szociális vonatkozása értelmezhető úgy, hogy humán kontextusban a legtöbb jutalom szociális eredetű (társadalmi státusz, dominancia, befogadás). Ezek a különféle jellegű szociális jutalmak megoszlának az Extraverzió alá tartozó két aldimenzió, az Asszertivitás és Lelkesedés között: míg előbbi számára inkább a betöltött státusz értéke vonzó, utóbbira a társas kapcsolatok értékelése jellemző (áttekintésért lásd DeYoung, 2013).

A vonás viselkedéses megnyilvánulásai és implikált neurobiológiai háttere alapján a mezolimbikus dopaminerg rendszer érték kódoló neuronjainak működéséhez köthető. Ennek a rendszernek a szálencia kódoló rendszerrel ellentétben a célok elérésében, megközelítésében, a következmények felmérésében és a műveletek értékének megtanulásában és megítélésében van szerepe. Ezek a folyamatok tehát konkrét jutalmakra (és azok felkutatására) irányulnak. A ventromediális prefrontális kéreg (VMPFC) szerepe az összetett ingerek értékének elraktározása, a NAcc héjának neuronjai pedig a megközelítő viselkedésért és a jutalommal kecsegtető viselkedés megerősítéséért felelnek. A dorzális striatum dopaminerg sejtjei az elvárásokhoz képest alacsonyabb és magasabb értékű ingerekre egyaránt aktiválódnak. Az érték kódoló neuronok kétféle tüzelési mintázatot mutatnak. Az explorációs hajlandóság általános szintjét tükröző tónusos tüzelés lassú, viszonylag állandó és alacsony szintű, míg a specifikus ingerre jelentkező fázisos tüzelés az előbbinél nagyobb intenzitású. A fázisos tüzelés nem csak kiugró, hanem csökkent mértékű is lehet (a tónusos szint alatti), eképpen a rendszer a várttól rosszabb, negatív ingereket is kódolja. A dorzális striatumban ez a pozitív és negatív kódolás a megközelítő viselkedést facilitálja vagy gátolja (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). A dopamin elsősorban a jutalom megszerzésének hajtóereje, motorja, nem pedig a már megszerzett jutalom élvezetéért felelős -tehát inkább egyfajta "akarást" jelöl, semmint "kedvelést" (az angolban *wanting* és *liking* - a két kifejezés közti különbséget a jutalomhoz való viszony jelenti: az akarás inkább egy hiányállapothoz kapcsolható, a kedvelés pedig egy már ismert, elért, tapasztalt állapottal vagy dologgal kapcsolatban kifejezett érzelem). A vonáshoz tartozó jegyek közt az "akarást" kifejezőkön túl olyanok is találhatóak, amelyekre inkább a "kedvelés" jellemző, így például a pozitív érzelmvilág vagy a szociális interakciók okozta élvezet. E felosztás szerint is értelmezhetjük a dimenzióhoz tartozó két alsókálát, az Asszertivitást ("akarás") és Lelkesedést ("kedvelés"); ez utóbbiban a pozitív érzelmek

miatt feltételezhető a dopaminerg rendszer működése mellett endogén opioid rendszerek befolyása is (áttekintésért lásd DeYoung, 2013). A két rendszer együttesen alkotja az agy jutalmazó és megközelítő viselkedésért felelős hálózatait, amely struktúrákkal agyi képzőanyag eljárással készült tanulmányok támasztották alá az Extraverzió összefüggését (DeYoung et al, 2010; Cohen et al, 2005; áttekintésért lásd DeYoung, 2010). A személyiségdimenzió pozitív összefüggést mutatott jutalmazó ingerre mért agyi aktivitással a mediális orbitofrontális kéregben (medial orbitofrontal cortex, MOC), az amygdalában, és a NAcc területén (Cohen et al, 2005). Funkcionális MRI kísérletben vizsgálták a jutalmazó rendszerhez köthető területek aktivitását gambling feladat végzése közben, kétféle kísérleti helyzetben: az egyik során az alanyok döntésük után azonnal értesítést kaptak a jutalmukról, a másokban rövid várakozási időt iktattak be a döntés és a jutalom közé. A tanulmányban egyfelől vizsgálták a jutalomra adott válasz és agyi aktivitás összefüggéseit, továbbá ennek asszociációját az Extraverzióval és a DRD2 gén A1 alléljának jelenlétével. A polimorfizmus a jutalmazó rendszerben fontos szerepet betöltő D2 receptorok csökkent sűrűségével asszociált. Szignifikáns aktivitás volt mérhető jutalomra az MOC, az amygdala és a nucleus accumbens területén, ugyanakkor ebben a kísérletben a jutalomra várakozás ideje alatt nem volt kimutatható ez az aktivitás. Az A1 allél jelenléte a jutalomra csökkent aktivitással és alacsonyabb Extraverzió pontszámmal jár együtt (Cohen et al, 2005). Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a DRD2 gén A1 alléljának szerepe lehet az Extraverzió személyiségdimenzió menti egyéni eltérésekben.

Egy másik tanulmányban strukturális MRI-vel vizsgálták, hogy van-e kapcsolat a jutalomra érzékenységekben szerepet betöltő agyi struktúrák térfogata és az Extraverzió között. A vizsgált mediális orbitofrontális kéreg (MOC), amygdala és nucleus accumbens területek közül pozitív összefüggést mutattak ki a jutalom értékének kódolásában résztvevő MOC mérete és a dimenzió menti egyéni különbségek között (DeYoung et al, 2010). Ebből arra következtethetünk, hogy ez a kéregi terület az Extraverzió személyiségvonás neurobiológiai összetevőjének tekinthető. Egy 48 tanulmány metaanalízisére alapozott kutatás szerint a dopaminhoz erősen kapcsolódó és Extraverzióval pozitívan korreláló Impulzivitás és Újdonságkeresés vonások asszociáltak a DRD4 gén C-521T polimorfizmusával, míg az Extraverzióval nem találtak szignifikáns asszociációt (Munafó et al, 2008).

Az eredmények alapján felvethető, hogy viselkedéses szinten összefüggés lehet az Extraverziót jellemző jutalomérzékenység, újdonságkeresés és az újdonságfüggő memóriateljesítmény között: az Extraverzió skálán magasabb pontszámmal jellemezhető alanyoknak feltehetően jobb a későbbi felismerési teljesítménye a korábbi várt új képekre.

2.3. SZKIZOTÍPIA

A szkizotípiia az egészséges populációban megmutatkozó, szkizofrénia-spektrum zavarok tüneteire hasonló vonások összességére utal (Mohr & Ettinger, 2014). A tanulmányok többsége a szkizotípiás vonások 3 csoportját mutatta ki faktor analízis segítségével, ezek a pozitív, negatív és a dezorganizált dimenzió, ami emlékeztet a szkizofrénia tüneteinek csoportosítására. A pozitív dimenzió a szokatlan perceptuális élményeket és fura, elvont nézeteket takar, amik hallucinációkhoz és téveszmékhez hasonlóak. A negatív dimenzió érzelmi sivárságot, szociális elszigetelődést és általános inaktivitást, akár anhedoniát foglal magában. A dezorganizált dimenzió szokatlan viselkedést, szokásokat és nyelvhasználatot jelez. A szkizotípiás személyek gyakran alig rendelkeznek szociális kapcsolatokkal, mivel nem keresik a társaságot, vagy elijesztik az embereket szokatlan nézeteikkel. Szintén gyakori az alkohol és/vagy droghasználat, ami depresszió és szubsztancia indukálta pszichózis kialakulásához vezethet (Kwapil, Barrantes-Vidal, & Silvia, 2008). Meg kell azonban említeni, hogy sok elképesztően produktív, nagy hatású emberre voltak jellemzők a szkizotípiás vonások, például Erdős Pálra vagy Salvador Dalíra (Larsen & Buss, 2008).

A szkizotípiia és a szkizofrénia kapcsolata jól megalapozott, ugyanakkor kapcsolatuk természetéről két domináns elmélet van jelen az irodalomban. Az egyik szerint a szkizotíp vonások a személyiség normális elemei, csak maga a szkizofrénia patológikus. A másik szerint a szkizotíp vonások ugyanezen patológikus folyamatok eredményei, csak enyhébb a megnyilvánulásuk (áttekintésért lásd Barrantes-Vidal, Grant, & Kwapil, 2015). Már Bleuler is felfigyelt rá, hogy a szkizofrén betegek közeli hozzátartozói között sokan a beteghez hasonló "furcsaságokkal" bírnak. Ez genetikai megalapozottságot implikál, amit azóta több vizsgálat is alátámasztott (áttekintésért lásd Barrantes-Vidal, Grant, & Kwapil, 2015). Az antipszichotikumok, amelyek a szkizofrénia tüneti kezelésére alkalmasak, D2-receptor antagonisták (is). A dopamin transzmissziót befolyásoló drogok (pl.: kokain, amfetamin) esetenként pszichotikus

tüneteket, vagy akár pszichózist is okozhatnak. Ezek a tények is támogatják a dopamin hipotézist, miszerint a szkizofrénia tüneteinek (legalábbis a pozitívaknak) kialakulásában a dopaminerg neurotranszmisszió rendellenessége fontos szerepet játszik (áttekintésért lásd Mohr & Ettinger, 2014). A dopaminhipotézis megszületése óta több pontosításon is átesett, legutóbbi verziója a striatalis hiperdopaminergiát látja a pszichotikus tünetek kialakulásának okozójaként. Normálisan a striatumban keletkező predikációs hibák a kiváltó esemény szálenciáját jelzik, melynek kognitív aspektusa a jelentőségtulajdonítás. A legújabb dopamin hipotézis szerint a striatalis hiperdopaminergia miatt jeletéktelen, megszokott események is nagy mértékű predikációs hibát válhatnak ki, aminek az eredménye az aberráns jelentőségtulajdonítás, ami a szkizofréniát is jellemzi (Howes & Kapur, 2009). Erre szkizotípiára esetén is találtak bizonyítékot: akiknél a szokatlan nézetek és hiedelmek magas distresszt okoztak, a predikációs hibát kiváltó helyzetekben csökkent neurális aktivitást mutattak (Corlett & Fletcher, 2012).

A COMT gén Val allélja magas szkizotípiára értékkel asszociált néhány tanulmány szerint (áttekintésért lásd Mohr & Ettinger, 2014). Figyelemreméltó, hogy ezt az allélt magas Nyitottság/Intellektus értékkel is összefüggésbe hozták (DeYoung et al., 2011). A személyiségdimenziók és a személyiségpatológia dimenzióinak összevetésére, összefüggések feltárására irányuló törekvések eredményeképp mutattak ki kapcsolatot a szkizotípiára és a Nyitottság/Intellektus személyiségdimenzió között (áttekintésért lásd Polner & Kéri, 2015). A személyiségdimenzió két alsókálája közül a Nyitottság korrelál pozitívan a szkizotípiával, az Intellektus jellemzően negatív korrelációt mutat.

A szkizotípiára és a dopaminerg rendszer kapcsolata tehát megalapozottnak látszik, ugyanakkor részletei kevésbé ismertek. Az abnormális jelentőségtulajdonítás kiemelkedő felismerési teljesítményt eredményezhet a feladatban, mivel a képek irreleváns ingereknek tekinthetők, mivel a résztvevők nem tudják az első napon, hogy felismerési teszten fognak szerepelni.

3. MÓDSZEREK

3.1. RÉSZTVEVŐK

A kísérletben 28 egyetemista hallgató (19 nő, 9 férfi, átlag életkor [\pm SD] 21,5 \pm 1,6 év) vett részt a Budapesti Gazdaságtudományi Egyetem különböző karairól, akik a

részvételért cserébe 15% jutalompontot kaptak adott kurzusokon. A jelentkezők beleegyező nyilatkozat aláírásával járultak hozzá a kísérletben való részvételhez és felvett adataik névtelen felhasználásához. A kutatás az Egyesített Pszichológiai Kutatásetikai Bizottság (EPKEB) jóváhagyásával zajlott.

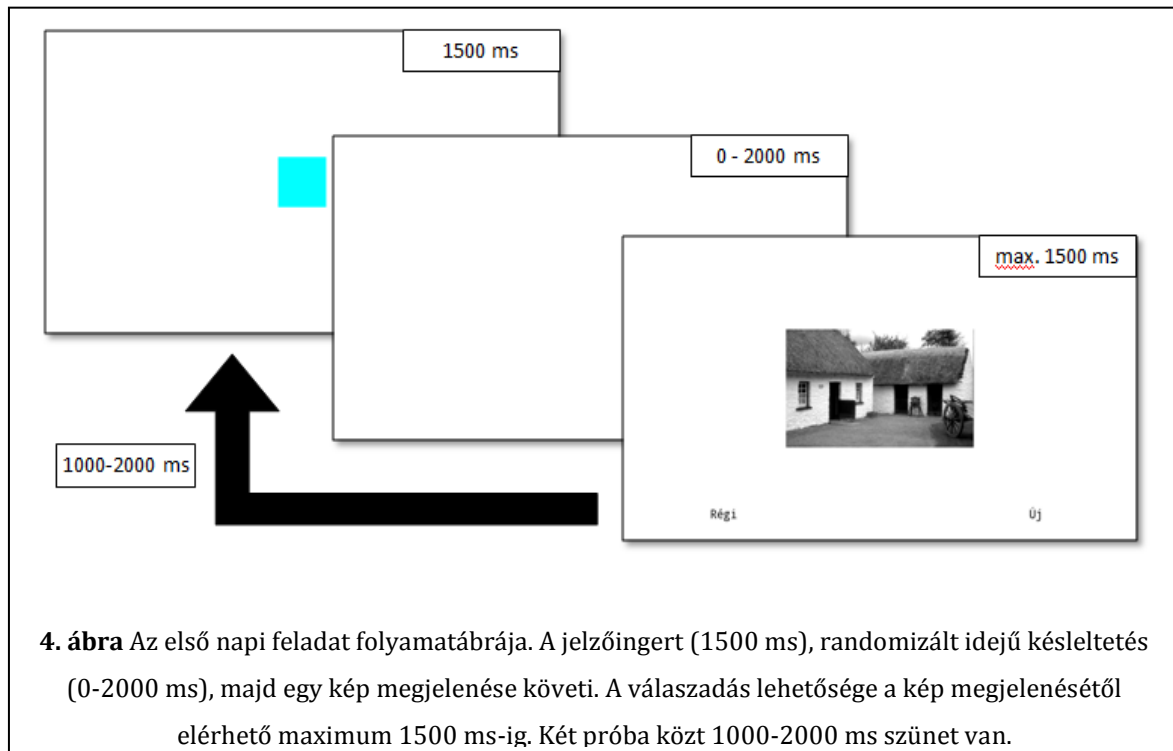
Az adatok elemzéséből 7 kísérleti személyt zártuk ki. A kizárás okai voltak a második kísérleti nap kihagyása (1 személy), neurológiai betegség (migrén, 2 személy), anyagcsere probléma (pajzsmirigy alulműködés, 1 személy), a tanulás előtt pár órával nagyobb mennyiségű görcsoldó és fájdalomcsillapító bevétele (1 személy). Továbbá kizártunk az elemzésekből még egy személyt, aki a saját bevallása szerint szándékosan figyelmen kívül hagyta a jelzőingereket, és egy másikat is, aki eredményei alapján kizárólag azok figyelembevételével válaszolt (77% pontosság, váratlan ingerekre 13%, vártakra közel 100%), és még egyet, aki pedig rendkívül kevés, mindössze 8 képet ismert fel a teszt napon.

3.2. KÍSÉRLETI PARADIGMA

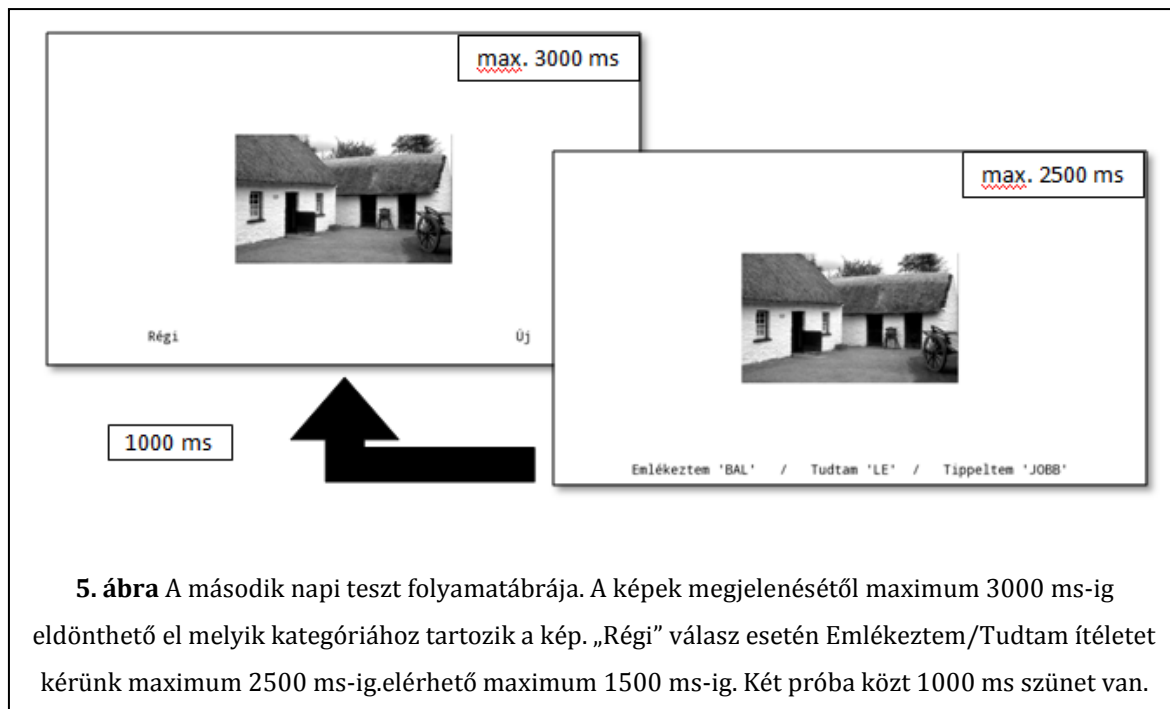
A kísérletben egy korábban publikált paradigmát alkalmaztunk (Wittmann et al., 2007). Igyekeztünk a leírást a lehető legpontosabban követni. A szerzők rendelkezésünkre bocsátották az általuk használt ingeranyagot (épített és természeti tájakat ábrázoló fekete-fehér képek), amiért itt is szeretnénk kifejezni hálánkat. A most készült felvételt két "pilot" kísérlet is megelőzte, az instrukciók és a tesztfelvétel finomítása céljából.

A kísérlet két egymást követő napon zajlott. Az első napon, a familiarizációs fázisban kb. 3 perc alatt 6 kép került bemutatásra, mindegyik 10 alkalommal (1500 ms stimulus prezentáció, 1200 ms interstimulus időköz). Ezután, a tanulási fázisban különböző színű (türkiz és sárga, egyénekenként randomizációval dőlt el melyik szín melyik kategóriát jelzi) jelzőingerek jósolták a már látott 6 kép kategóriáját ("régi") és új képeket ("új") 1500 ms-ig. A jelzőinger megjelenése után változó késleltetéssel (0-2000 ms) megjelent egy kép (max. 1500 ms), 75%-ban a jósolt kategóriából ("várt"), de 25%-ban a másiktól ("váratlan"). Minden próbát 1000-2000 ms interstimulus időköz zárt. Az instrukciókban jeleztük, hogy a pontosság és gyorsaság egyaránt fontos ebben a feladatban, azt viszont nem, hogy az "új" képek felismerési teszten lesznek kikérdezve a második napon. 90 várt új, 30 váratlan új és szintén 90 várt régi és 30 váratlan régi,

vagyis összesen 240 próba történt, 120 új és a 6 régi kép került bemutatásra, kb. 25 perc alatt (lásd a 4. ábrát).



A második napon, a teszt fázisban bemutattuk az első napi "új" képeket 60 zavaróingerral keverve. A résztvevőknek el kellett dönteni (max. 3000 ms), hogy már látták az adott képet ("régi"), vagy még nem ("új"). Az első napi "új" képekre tehát "régi" volt a helyes válasz a második napon. Ha felismerték az adott képet, egy további emlékszem/tudom ítéletet kértünk tőlük (max. 2500 ms, lásd az 5. ábrát) (Tulving, 1985). Ehhez az instrukciót a feladat elkezdése előtt a monitoron olvasták a résztvevők (*"Emlékeztem rá: Konkrétan emlékszik a kép megjelenésére a tegnapi feladat során; Tudtam: Ismerős a kép, de nem tudja felidézni mikor látta és ennek körülményeit; Tippettem: Tipp volt, vagy véletlenül jelezte; A nevének felidézése a „Tudtam” kategóriát képviselné, hiszen valószínűleg nincs emlékképe arról az alkalomról, amikor ezt megtanulta. Az utoljára látott mozifilm felidézése pedig az „Emlékeztem rá” kategóriába tartozna, mert valószínűleg fel tudja idézni az esemény körülményeit (kivel volt, mit gondolt a filmről, stb.)."*). A második napon adott helyes „régi” válaszok aránya a találat, amiből a téves riasztások arányát kivonva, megkapjuk a korrigált találati arányt.



3.3. KÉRDŐÍVEK

A Peters Delusions Inventory 21 itemes változatát (Peters, Joseph, Day, & Garety, 2004) használtuk a szkizotípiára méréséhez. Ez a kérdőív kifejezetten a szkizotípiára pozitív dimenzióját méri, vagyis a szokatlan perceptuális élmények és elvont nézetek felmérését szolgáló kérdések jelennek meg benne (pl.: “Érezte már valamiképpen idegennek a gondolatait?”; “Gondolta már úgy, hogy lehetséges telepatikusan kommunikálni?”). A kérdésekre igen/nem választ adnak a kitöltők, igen válasz után 3 db 5 fokú Likert skálán jelzik, hogy az érzés/gondolat mennyire szorongást keltő, milyen gyakori és mennyire erős a meggyőződésük róla. A kérdőívet egy általánosan elfogadott protokoll szerint (Beaton, Bombardier, Guillemin, & Ferraz, 2000) fordítottuk. 3 különböző magyar fordítást egyesítettünk, majd egy magyar-angol kétnyelvű személyt kértünk meg a visszafordításra. A még fennmaradó félreérthetőségek kigyomlálását ismerősök próba kitöltései segítették. A fordítás validálása a magyar populáción folyamatban van.

A Big Five Inventory (BFI, John & Srivastava, 1999, magyar változat: Farkas & Orosz, 2013) 44 tételt tartalmaz és a Nagy Ötök modell személyiségjegyeit pontozza. A fordítást a szerzők jóvoltából kaptuk meg. A kérdőív állításokat tartalmaz (pl.: “Olyan embernek látom magam, mint aki beszédes”), a kitöltő egy 5 fokú Likert skálán jelzi

mennyire ért egyet az adott tétellel. Az Extraverzió 8, a Barátságosság 9, a Lelkiismeretesség 9, a Neuroticizmus 8 és a Nyitottság/Intellektus 10 itemet tartalmaz.

A Big Five Aspect Scales (BFAS, DeYoung et al., 2007) a Nagy Ötök személyiségjegyeit 2-2 alskálára osztja, alskálánként 10 állítással. Az állításokhoz szintén 5 fokozatú Likert skálák tartoznak, ezen jelzi a kitöltő mennyire tartja önmagára jellemzőnek az adott tételt. Ezek közül a Nyitottság/Intellektus két alskálája, a Nyitottság (pl.: "Élvezem a természet szépségét.") és az Intellektus (pl.: "Gyors észjárású vagyok."), illetve az Extraverzió két alskálája, a Lelkesedés (pl.: "Könnyen barátkozom.") és az Asszertivitás (pl.: "Kezembe szoktam venni az irányítást.") állításainak felvétele történt meg. A fordítások az International Personality Item Pool honlapján (<http://ipip.ori.org>) érhetők el, Dr. Vass Zoltán munkája által.

A kérdőíveket néhány demográfiai kérdéssel együtt e-mailben küldtük el a résztvevők részére. A kitöltés egy online felületen történt, az anonimitást egyedi azonosítók kiküldésével biztosítottuk.

3.4. STATISZTIKAI ELEMZÉS

A tanulási fázisban gyűjtött adatok közül a legfontosabb a reakcióidő. Ebből a paraméterből következtethetünk arra, hogy a kísérleti személyek figyelembe vették-e a jelzőingereket. Mivel a jelzőingerek két különböző kategóriát jeleztek, azonban csak 75%-os pontossággal, ezért hatásukat 2x2 ismételt méréses ANOVA segítségével vizsgáltuk (jelzőinger pontosság alapján -elvárás-: várt/váratlan; kategória: régi/új). Az egyéni különbségek feltáró elemzésére az előbbi ANOVA-t ismételtük meg az egyéni különbség változókat kovariánsként beletéve a modellbe.

A teszt fázisban gyűjtött adatok elemzésére szintén 2x2 ismételt méréses ANOVA-t használtunk (faktorok: elvárás: várt/váratlan; felismerés: emlékeztem (rekollekció) / tudtam (familiaritás)). Az egyéni különbségek feltáró elemzését a tanulási fázisban alkalmazott modell szerint végeztük. A szignifikáns hatású változók és a korrigált felismerési ráta között post-hoc elemzésként Spearman-korrelációt számítottunk.

Az egyéni különbségek mérésére szolgáló kérdőívek mindegyikére átlagot (és szórást), ferdeséget, és Cronbach alfáját számoltunk a megbízhatóság ellenőrzésére. A kérdőíveken elért pontszámok között Spearman-korrelációt számítottunk.

4. EREDMÉNYEK

A tanulási fázisban helyesen kategorizált képekre produkált reakcióidőkön 2x2 ANOVA-t (elvárás: várt/váratlan; kategória: régi/új) végeztünk. Az elvárás szignifikáns hatással volt a reakcióidőre ($F(1,20)=5,78$, $p=0,026$): a várt képekre gyorsabb volt a válasz, mint a váratlanokra (lásd x. táblázat). Ebből arra következtethetünk, hogy a

RT (ms)	Régi	Új
Várt	629±61	659±72
Váratlan	654±63	673±65

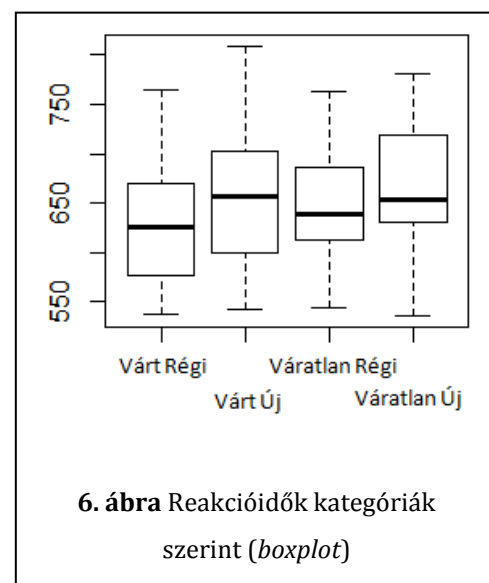
1. táblázat Reakcióidők átlaga és szórása kép kategóriák szerint

jelzőingereket feldolgozták és figyelembe vették a résztvevők. A kategória is hatással volt a reakcióidőre ($F(1,20)=5,55$, $p=0,029$): a régi képekre gyorsabb reakcióidőt mutattak, mint az új képekre (lásd 1. táblázat és 6. ábra). A két faktor interakciója nem volt szignifikáns ($F(1,20)=1,4$, $p=0,24$). Az átlagos pontosság a

tanulás során minden résztvevőnél 95% felett volt.

Az egyéni különbségek feltáró elemzéséhez megismételtük a fenti ANOVA-t az egyéni különbség változókat kovariánsként szerepeltetve a modellben. A

Nyitottság/Intellektus dimenzióból a BFAS Nyitottság ($F(1,20)=0,51$), BFAS Intellektus ($F(1,20)=0,42$), összevont BFAS Nyitottság és Intellektus ($F(1,20)=0,005$) és BFI Nyitottság/Intellektus ($F(1,20)=1,48$) skáláknak, sem az ANOVA elvárás és kategória faktoraival mutatott interakcióknak nem volt szignifikáns hatása (minden $p>0,15$). Az Extraverzió skálából a BFAS Asszertivitás ($F(1,20)=0,16$), BFAS Lelkesedés ($F(1,20)=0,14$), összevont BFAS Asszertivitás és Lelkesedés ($F(1,20)=8,75$), BFI



Extraverzió ($F(1,20)=0,1$) skáláknak és az ANOVA elvárás és kategória faktoraival mutatott interakcióinak szintén nem volt szignifikáns hatása (minden $p>0,2$). A PDI összpontszámnak ($F(1,20)=0,76$), PDI szorongásnak ($F(1,20)=2,57$), PDI meggyőződésnek ($F(1,20)=0,32$), és PDI gyakoriságnak ($F(1,20)=0,48$) és interakcióknak szintén nem volt marginálisan sem szignifikáns hatása (minden $p>0,12$). A fent közölt főhatások szignifikánsak maradtak, irányuk nem változott meg.

A második napon elvégzett felismerési tesztek eredményeit szintén 2x2 ANOVA-val vizsgáltuk (elvárás: várt/váratlan; felismerés: emlékeztem (rekollekció) / tudtam (familiaritás)). Az elvárásnak nem volt hatása ($F(1,20)=0,06$, $p=0,8$). A felismerésnek marginálisan szignifikáns hatása volt ($F(1,20)=3,32$, $p=0,08$). A találati arányok a 2. táblázatban láthatók.

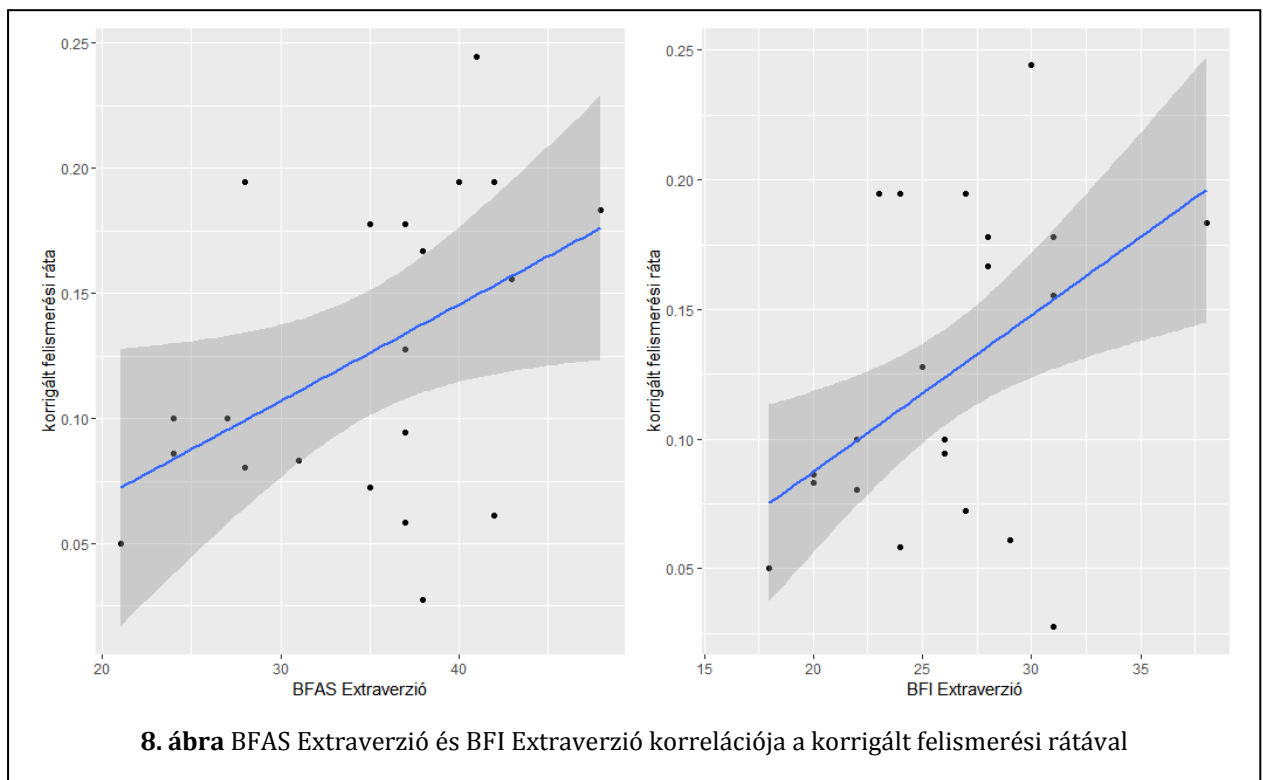
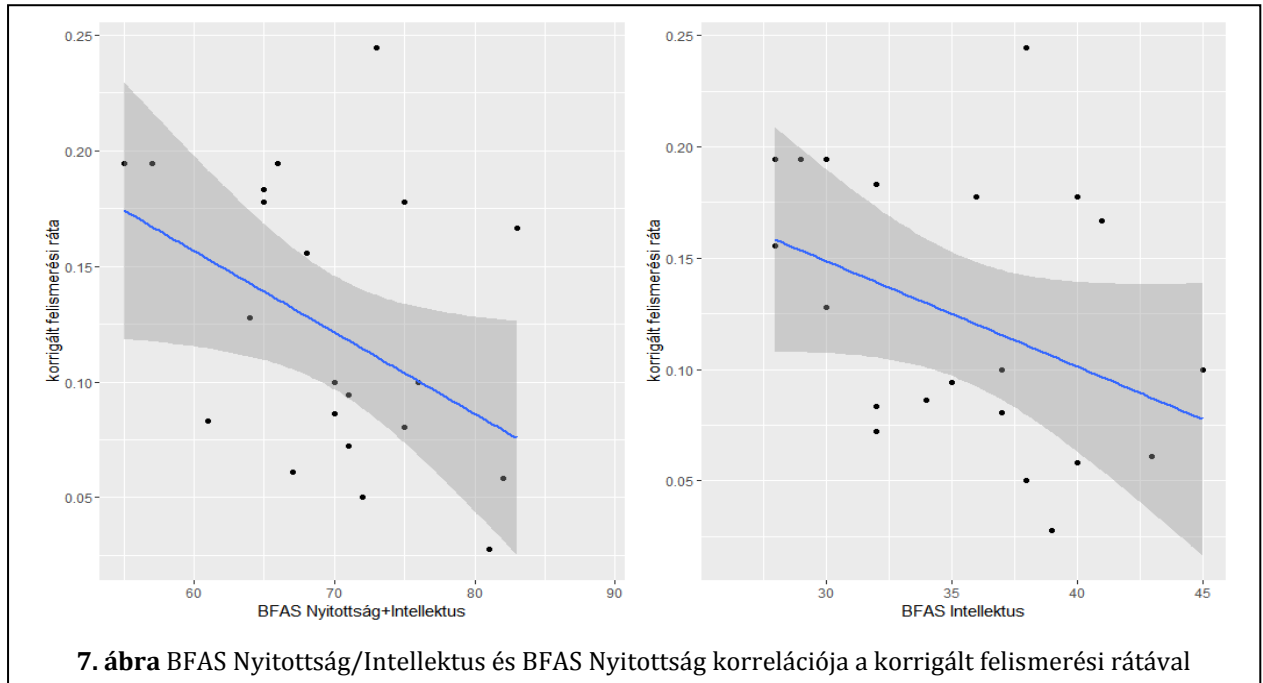
		Találat (%)	FA (%)	Korrigált találat (%)
Emlékeztem	Várt	13,6±7,5	5,5±5,2	8,2±5,0
	Váratlan	12,5±6,8		7,1±5,2
Tudtam	Várt	13,6±9,2	9,9±7,8	4,1±5,4
	Váratlan	15,2±10,3		5,5±5,0

2. táblázat Találati arányok, téves riasztási arányok és korrigált találati arányok átlagai, szórással

Az egyéni különbségek feltáró elemzéseikhez a tanulási fázisban már ismertetett modellt alkalmaztuk. A Nyitottság/Intellektus dimenzió és felismerési teljesítmény összefüggéseinek elemzésében a BFAS Nyitottság ($F(1,20)=0,84$) és BFI Nyitottság/Intellektus ($F(1,20)=2,22$) skáláknak és az ANOVA elvárás és kategória faktoraival mutatott interakcióiknak nem volt szignifikáns hatása (minden $p>0,13$). Marginálisan szignifikáns hatása volt a BFAS összevont Nyitottság és Intellektus ($F(1,20)=3,49$, $p=0,077$) és BFAS Intellektus ($F(1,20)=3,01$, $p=0,099$) skáláknak, az ANOVA elvárás és kategória faktoraival megfigyelt interakcióiknak azonban nem. Ez utóbbi két skála és a korrigált felismerési ráta között marginálisan szignifikáns fordított korreláció volt (BFAS Intellektus Spearman $\rho=-0,41$, $p=0,064$, BFAS összevont Nyitottság és Intellektus Spearman $\rho=-0,42$, $p=0,056$) (7. ábra).

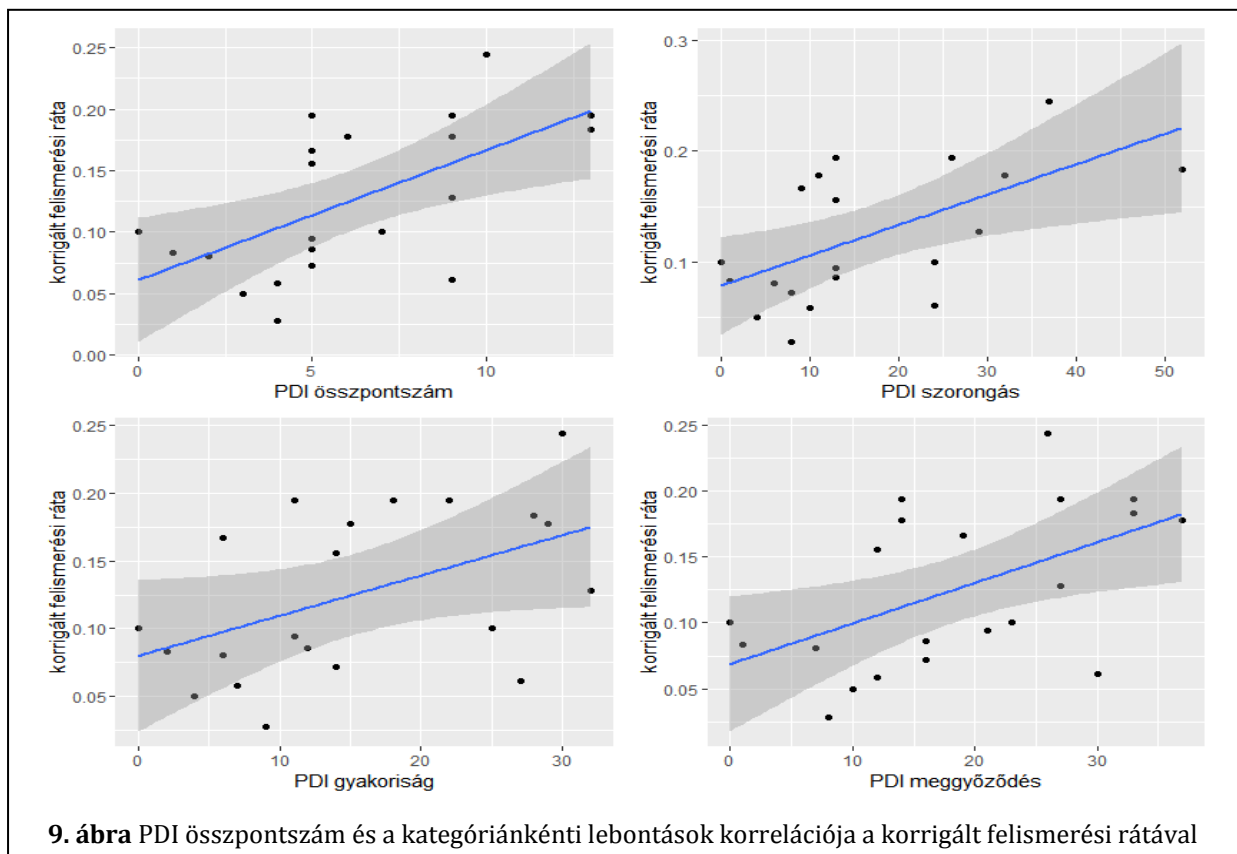
Az Extraverzió skála és felismerési teljesítmény összefüggésében a BFAS Asszertivitas ($F(1,20)=0,16$) és összevont BFAS Asszertivitas és Lelkesedés ($F(1,20)=2,3$) skáláknak nem volt szignifikáns hatása (minden $p>0,12$), a BFAS Asszertivitas és elvárás ($F(1,20)=3,29$, $p=0,085$) és összevont BFAS Asszertivitas és Lelkesedés és felismerés ($F(1,20)=3,44$, $p=0,079$) között marginálisan szignifikáns interakció volt. Marginálisan szignifikáns hatása volt a BFAS Lelkesedés ($F(1,20)=4,36$, $p=0,0503$) és BFI Extraverzió ($F(1,20)=3,55$, $p=0,075$) skáláknak, valamint a BFAS

Lelkesedés és felismerés között marginálisan szignifikáns interakció volt ($F(1,20)=3,4$, $p=0,081$). A két marginálisan szignifikáns skála és a korrigált felismerési ráta között nem szignifikáns pozitív korreláció volt (BFAS Lelkesedés Spearman $\rho=0,37$, $p=0,096$, BFI Extraverzió Spearman $\rho=0,3$, $p=0,18$) (8. ábra).



A szkizotípiára mérésre szolgáló PDI skálán szignifikáns hatása volt a PDI összpontszámoknak ($F(1,20)=10,84$, $p=0,003$), a PDI szorongásnak ($F(1,20)=10,22$,

p=0,004), a PDI meggyőződésnek ($F(1,20)=7,14$, $p=0,015$) és PDI gyakoriságnak ($F(1,20)=5,77$, $p=0,026$). Marginálisan szignifikáns interakció volt a PDI szorongás és felismerés között ($F(1,20)=3,51$, $p=0,076$). A skálák és a korrigált felismerési ráta között erős pozitív korreláció volt (PDI összpontszám Spearman $\rho=0,65$, $p=0,001$, PDI szorongás Spearman $\rho=0,64$, $p=0,001$, PDI meggyőződés Spearman $\rho=0,53$, $p=0,013$, PDI gyakoriság Spearman $\rho=0,5$, $p=0,019$) (9. ábra).



5. DISZKUSSZIÓ

A kísérlet célja az újdonság tanulásra gyakorolt hatásának vizsgálata volt, egy korábban publikált paradigma replikációjával. Nagyobb mintán végeztük el a vizsgálatot, amitől nagyobb statisztikai erőt vártunk. Ez az újdonság emlékezeti hatásának karakterizációját segítené. Az eredményt, miszerint az újdonság várása javítja az emlékezést specifikus stimulusokra, nem sikerült reprodukálni. A replikáció mellett, a feladatot alkalmasnak ítéltük arra, hogy bizonyos paraméterekben megjelenhessenek az egyéni különbségek hatásai. Ezért személyiségtesztek eredményeinek mentén hasonlítottuk össze a feladatban nyújtott teljesítményt.

A reakcióidők azt mutatták, hogy a résztvevők figyelembe vették a jelzőingereket. Az eredeti kísérletben az újdonságot jósló jelzőinger megjelenését magasabb SN/VTA aktivitás követte, mint az ismert képeket jóslót (Wittmann et al., 2007). A szerzők ezt a jutalmakkal kapcsolatos neurális válaszokhoz hasonlították. A jutalmat jósló inger által kiváltott fázisos (Schultz et al., 1997) és a jutalom elnyerésének bizonytalanságát jelző tónusos aktivációt (Fiorillo et al., 2003) is megemlítik, hiszen az fMRI nem teszi lehetővé ezek elkülönítését (Düzel et al., 2009). Az új képek közül csak a váratlanok váltottak ki szignifikáns SN/VTA aktivációt. A hippocampus azonban minden új képre aktivációt mutatott. Ezek az aktivációk megfelelnek a bevezetőben ismertetett neurokognitív modellnek (Lisman & Grace, 2005) és a szerzők erre alapozva magyarázták az emlékezeti teszt eredményeit (Wittmann et al., 2007).

Az anticipációs aktivitás segítheti a tanulást, jobb lehet az emlékezet az utána bekövetkező eseményre, ezért a résztvevők jobban emlékeztek a várt, mint a váratlan új képekre (Wittmann et al., 2007). Ez tehát specifikus hatásnak nevezhető, hiszen egy viszonylag rövid időintervallumban bekövetkező esemény(ek)re korlátozódik. Ezt az eredményt nem sikerült reprodukálnunk, az emlékezeti teszten nyújtott teljesítmény elmaradt a korábbi vizsgálatban talált értékektől (korrigált felismerési ráták, előbb a jelen vizsgálat, majd Wittmann és mtsai eredményei: *Várt, Emlékszem*: $8,2 \pm 5,0\%$ vs. $20,0 \pm 12\%$; *Várt, Tudtam*: $4,1 \pm 5,4\%$ vs. $11,7 \pm 8\%$; *Váratlan, Emlékszem*: $7,1 \pm 5,2\%$ vs. $15,3 \pm 10\%$; *Váratlan, Tudtam*: $5,5 \pm 5,0\%$ vs. $15,0 \pm 7\%$). A minta átlaga körülbelül a fele lett az eredeti cikkben közölt átlagnak, holott a pilot vizsgálatok tapasztalatai alapján csökkentettük a stimulusok számát a padló-hatás elkerülése céljából.

Igyekeztünk a lehető legpontosabban követni az eredeti kísérlet módszertanát, viszont egy, talán lényeges különbség még ennek ellenére is megmaradt a paradigmák között. Az eredeti paradigmában a tanulási fázis képei 1500 ms-ig maradtak láthatók, a válaszadás idejétől függetlenül, míg nálunk a válaszadás pillanatában eltűnt a kép. Ugyan a helyes válaszadáshoz fel kell dolgozni a képet, mégis a további felderítésnek könnyen jelentős hatása lehet a későbbi felismerési teszten. Ez a különbség is lehet az egyik oka az eredmények eltérésének.

Egy további különbségre az első szerzővel folytatott levelezés derített fényt. Az eredeti kísérletben pénzt kaptak a kísérleti személyek a részvételért (kb. 10 EUR / óra). Vizsgálatunk résztvevői ezzel szemben szabadon választott egyetemi kurzusaikon kaptak 10-15% plusz pontot. Ez jelentős motivációs különbséget okozhatott a két minta

között. A motivációt sok kutatás köti a dopaminerg neurotranszmisszióhoz (Bromberg-Martin et al., 2010), aminek a feladat szempontjából is alapvető jelentősége van, így a motiváció kiemelt hatással lehetett az emlékezeti teljesítményre. A bemutatási idő és a részvételi ösztönzők szerepének feltárása további vizsgálatokat igényel.

A specifikus vagy periodikus hatás kérdésében nem tudunk új, meggyőző adatokra támaszkodva állást foglalni. Sőt, a probléma lezárása helyett egy újabb kérdést vetünk fel az újdonság kognitív hatásaival kapcsolatban. Az újdonságnak több típusa van, ez valószínűleg nem vitás, hiszen jellemző, hogy különböző előtagokkal illetik a publikációkban (Schott et al., 2004; Wittmann et al., 2007), ugyanakkor átfogó csoportosítás is megjelent már (Schomaker & Meeter, 2015). Mind a specifikus (Wittmann et al., 2007), mind a periodikus (Fenker et al., 2008) hatást kimutató humán kísérletekben tájképeket alkalmaztak, amiből akár azt a következtetést is levonhatnánk, hogy a térbeliség okozza a fő hatást, vagyis a megfigyelő egy ilyen kép felderítésénél térbeli újdonságot tapasztal. Állatkísérletekben gyakran valóban térbeli az újdonság (Schomaker & Meeter, 2015), hiszen viszonylag egyszerű új környezetbe helyezni például egy laboratóriumi patkányt. Kérdéses, hogy az embernél hasonló hatást képes-e kiváltani egy kép nézése, ugyanakkor nem elképzelhetetlen. Érdekes, hogy a periodikus hatást kiváltó kísérletben, a résztvevők hosszabb ideig (3 sec) nézték a képeket, mint a specifikus hatást kiváltóban (1,5 sec). Előfordulhat, hogy a hosszabb időintervallum lehetővé tesz olyan kognitív explorációt, ami során a tájkép térbeli viszonyainak feldolgozása is végbe megy, viszont rövid idő esetén nem történik ilyen mélységű feldolgozás és egy egyszerűbb reprezentáció jön létre. Az első esetben térbeli, a másodikban azonban csak kontextuális újdonságról beszélhetünk. A kérdés tehát: a különböző emlékezeti hatások lehetnek-e az újdonság különböző formáival asszociáltak?

A Nyitottság/Intellektus és az Extraverzió értékekkel nem jelentek meg a várt korrelációk, viszont elmondhatjuk, hogy tendenciákat meg lehet figyelni a mintában. Ezek további vizsgálata érdekes eredményeket hozhat. A PDI pontszám szignifikáns pozitív korrelációt mutat a felismerési teljesítménnyel. A PDI a szkizotípiát pozitív dimenzióját méri fel, ami valószínűleg párhuzamba állítható a szkizofrénia pozitív tüneteivel. Ezeket a dopamin hipotézis legújabb verziója a striatalis hiperdopaminergia által felerősített predikciós hibák számlájára írja. A striatalis predikciós hibák egy adott stimulus jelentőségének meghatározásában játszanak szerepet, így a felerősített

predikciós hibák aberráns jelentőségtulajdonítást eredményeznek. A feladatban a résztvevők nem tudták, hogy az első napon bemutatott képek, a másodikon felismerési tesztben fognak szerepelni (némelyikük kifejezetten meglepődött, arra számítottak, hogy a familiarizált 6 képre kell emlékezniük), tehát az új képek a feladat szempontjából irrelevánsak voltak. A magas PDI értékkel rendelkezők jobb felismerési teljesítménye arra utalhat, hogy ezek a résztvevők jelentőséget tulajdonítottak a képeknek, vagyis az aberráns striatalis működés emlékezeti tesztben is megjelenhet. Vajon a jobb eredmény felismerési teszten csak incidentális tanuláshoz mutatható ki? Erre a kérdésre is további szándékos tanulást mérő vizsgálatokkal tervezzük keresni a választ.

A vizsgálat fő limitációja az alacsony elemszám és ezzel az alacsony statisztikai erő, ami nem teszi lehetővé messzemenő következtetések levonását az egyéni különbségek körében. Ezen igyekszünk javítani, a kísérleti paradigma felvétele nem marad abba a dolgozat benyújtásával. A másik fő korlátnak a fiziológiai mérések hiányát látjuk. Napjainkban szinte elmaradhatatlanok az agykutatásban és mi is szeretnénk alkalomadtán EEG vagy fMRI mérésekkel bővíteni eredményeinket.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Először is Polner Bertalan, a témavezetőnk, fáradhatatlan és odaadó munkáját szeretnénk megköszönni, nélküle a dolgozatnak esélye sem lett volna a megszületésre. Köszönjük továbbá a BME TTK Kognitív Tudományok Tanszék munkatársainak, hogy részünkre kísérleti személyeket, felszerelést és helyet biztosítottak a kísérlet felvételéhez. Végül köszönjük mindenkinek, aki tippet, trükköt, cikket, megérzést vagy meglátást osztott meg velünk!

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Axmacher, N., Cohen, M. X., Fell, J., Haupt, S., Dümpelmann, M., Elger, C. E., ... Ranganath, C. (2010). Intracranial EEG Correlates of Expectancy and Memory Formation in the Human Hippocampus and Nucleus Accumbens. *Neuron*, 65(4), 541–549. doi:10.1016/j.neuron.2010.02.006
- Barrantes-Vidal, N., Grant, P., & Kwapil, T. R. (2015). The role of schizotypy in the study of the etiology of schizophrenia spectrum disorders. *Schizophrenia Bulletin*, 41(October 2016), S408–S416. doi:10.1093/schbul/sbu191
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the Process of Cross-Cultural Adaptation of Self-Report Measures. *Spine*, 25(24), 3186–3191.

doi:10.1097/00007632-200012150-00014

- Björklund, A., & Dunnett, S. B. (2007). Dopamine neuron systems in the brain: an update. *Trends in Neurosciences*, *30*(5), 194–202. doi:10.1016/j.tins.2007.03.006
- Bromberg-Martin, E. S., Matsumoto, M., & Hikosaka, O. (2010). Dopamine in Motivational Control: Rewarding, Aversive, and Alerting. *Neuron*, *68*(5), 815–834. doi:10.1016/j.neuron.2010.11.022
- Cohen, M. X., Young, J., Baek, J. M., Kessler, C., & Ranganath, C. (2005). Individual differences in extraversion and dopamine genetics predict neural reward responses. *Cognitive Brain Research*, *25*(3), 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.09.018>
- Corlett, P. R., & Fletcher, P. C. (2012). The neurobiology of schizotypy: Fronto-striatal prediction error signal correlates with delusion-like beliefs in healthy people. *Neuropsychologia*, *50*(14), 3612–3620. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.045
- De Leonibus, E., Verheij, M. M. M., Mele, A., & Cools, A. (2006). Distinct kinds of novelty processing differentially increase extracellular dopamine in different brain regions. *European Journal of Neuroscience*, *23*(5), 1332–1340. doi:10.1111/j.1460-9568.2006.04658.x
- Den Ouden, H. E. M., Kok, P., & de Lange, F. P. (2012). How prediction errors shape perception, attention, and motivation. *Frontiers in Psychology*, *3*(DEC), 1–12. doi:10.3389/fpsyg.2012.00548
- DeYoung, C. G. (2010). Personality neuroscience and the biology of traits. *Social and Personality Psychology Compass*, *4*(12), 1165–1180. <http://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2010.00327.x>
- DeYoung, C. G., Hirsh, J. B., Shane, M. S., Papademetris, X., Rajeevan, N., & Gray, J. R. (2010). Testing predictions from personality neuroscience. Brain structure and the big five. *Psychol Sci*, *21*(6), 820–828. <https://doi.org/10.1177/0956797610370159>
- DeYoung, C. G., Cicchetti, D., Rogosch, F. A., Gray, J. R., Eastman, M., & Grigorenko, E. L. (2011). Sources of cognitive exploration: Genetic variation in the prefrontal dopamine system predicts Openness/Intellect. *Journal of Research in Personality*, *45*(4), 364–371. <http://doi.org/10.1016/j.jrp.2011.04.002>
- DeYoung, C. G. (2013). The neuromodulator of exploration: A unifying theory of the role of dopamine in personality. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*(November), 762. doi:10.3389/fnhum.2013.00762
- Düzel, E., Bunzeck, N., Guitart-Masip, M., & Düzel, S. (2010). NOvelty-related Motivation of Anticipation and exploration by Dopamine (NOMAD): Implications for healthy aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *34*(5), 660–669. doi:10.1016/j.neubiorev.2009.08.006
- Eichenbaum, H., Yonelinas, A., & Ranganath, C. (2007). The medial temporal lobe and recognition memory. *Annual Review of Neuroscience*, *30*, 123–152. doi:10.1146/annurev.neuro.30.051606.094328
- Farkas, D., & Orosz, G. (2013). The link between ego-resiliency and changes in Big Five traits

- after decision making: The case of Extraversion. *Personality and Individual Differences*, 55(4), 440–445. doi:10.1016/j.paid.2013.04.003
- Fenker, D. B., Frey, J. U., Schuetze, H., Heipertz, D., Heinze, H. J., & Duzel, E. (2008). Novel scenes improve recollection and recall of words. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1250–1265. doi:10.1162/jocn.2008.20086
- Fiorillo, C. D., Tobler, P. N., & Schultz, W. (2003). Discrete Coding of Reward Dopamine Neurons. *Science*, 299(March), 1898–1902. doi:10.1126/science.1077349
- Floresco, S. B., Todd, C. L., & Grace, a. a. (2001). Glutamatergic afferents from the hippocampus to the nucleus accumbens regulate activity of ventral tegmental area dopamine neurons. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 21(13), 4915–4922. doi:21/13/4915 [pii]
- Floresco, S. B., West, A. R., Ash, B., Moore, H., & Grace, A. A. (2003). Afferent modulation of dopamine neuron firing differentially regulates tonic and phasic dopamine transmission. *Nature Neuroscience*, 6(9), 968–73. doi:10.1038/nn1103
- Grace, A. A., Floresco, S. B., Goto, Y., & Lodge, D. J. (2007). Regulation of firing of dopaminergic neurons and control of goal-directed behaviors. *Trends in Neurosciences*, 30(5), 220–227. doi:10.1016/j.tins.2007.03.003
- Hebb, D. O. (2005). *The organization of behavior: A neuropsychological theory*. Psychology Press.
- Howes, O. D., & Kapur, S. (2009). The dopamine hypothesis of schizophrenia: Version III - The final common pathway. *Schizophrenia Bulletin*, 35(3), 549–562. doi:10.1093/schbul/sbp006
- John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of Personality: Theory and Research*, 2(510), 102–138. doi:citeulike-article-id:3488537
- Kwapil, T. R., Barrantes-Vidal, N., & Silvia, P. J. (2008). The dimensional structure of the wisconsin schizotypy scales: Factor identification and construct validity. *Schizophrenia Bulletin*, 34(3), 444–457. doi:10.1093/schbul/sbm098
- Larsen, R. J., & Buss, D. M. (2008). *Personality Psychology*. doi:10.1007/978-1-4684-0634-4
- Legault, M., & Wise, R. A. (2001). Novelty-evoked elevations of nucleus accumbens dopamine: Dependence on impulse flow from the ventral subiculum and glutamatergic neurotransmission in the ventral tegmental area. *European Journal of Neuroscience*, 13(4), 819–828. doi:10.1046/j.0953-816X.2000.01448.x
- Lisman, J. E., & Grace, A. A. (2005). The hippocampal-VTA loop: Controlling the entry of information into long-term memory. *Neuron*, 46(5), 703–713. doi:10.1016/j.neuron.2005.05.002
- Lisman, J., Grace, A. A., & Duzel, E. (2011). A neoHebbian framework for episodic memory; role of dopamine-dependent late LTP. *Trends in Neurosciences*, 34(10), 536–547. doi:10.1016/j.tins.2011.07.006
- Ljungberg, T., Apicella, P., & Schultz, W. (1992). Responses of monkey dopamine neurons during

- learning of behavioral reactions. *Journal of Neurophysiology*, 67(1), 145–163. doi:10.1016/j.tins.2007.03.003
- Milner, B., Corkin, S., & Teuber, H.-L. (1968). Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14-year follow-up study of H.M. *Neuropsychologia*, 6(3), 215–234. doi:10.1016/0028-3932(68)90021-3
- Mohr, C., & Ettinger, U. (2014). An overview of the association between schizotypy and dopamine. *Frontiers in Psychiatry*, 5(DEC), 1–13. doi:10.3389/fpsy.2014.00184
- Munafò, M. R., Yalcin, B., Willis-Owen, S. A., & Flint, J. (2008). Association of the Dopamine D4 Receptor (DRD4) Gene and Approach-Related Personality Traits: Meta-Analysis and New Data. *Biological Psychiatry*, 63(2), 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.04.006>
- Murty, V. P., & Adcock, R. A. (2014). Enriched encoding: Reward motivation organizes cortical networks for hippocampal detection of unexpected events. *Cerebral Cortex*, 24(8), 2160–2168. doi:10.1093/cercor/bht063
- Nader, K. (2003). Memory traces unbound. *Trends in Neurosciences*, 26(2), 65–72. doi:10.1016/S0166-2236(02)00042-5
- Peciña, M., Mickey, B. J., Love, T., Wang, H., Langenecker, S. A., Hodgkinson, C., Shen, P.-H., Villafuerte, S., Hsu, D., Weisenbach, S. L., Stohler, C. S., Goldman, D., Zubieta, J. K. (2013). DRD2 polymorphisms modulate reward and emotion processing, dopamine neurotransmission and openness to experience. *Cortex*, 49(3), 877–890. <http://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.01.010>
- Perogamvros, L., & Schwartz, S. (2012). The roles of the reward system in sleep and dreaming. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(8), 1934–1951. doi:10.1016/j.neubiorev.2012.05.010
- Peters, E., Joseph, S., Day, S., & Garety, P. (2004). Measuring Delusional Ideation: The 21-Item Peters et al. Delusions Inventor...: Joshua. *Schizophrenia Bulletin*, 30(4), 1005–1022. doi:10.1037/t03329-000
- Peterson, J. B., & Carson, S. H. (2000). Latent Inhibition and Openness to Experience in a high-achieving student population. *Personality and Individual Differences*, 28(October 2016), 323–332. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(99\)00101-4](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(99)00101-4)
- Peterson, J. B., Smith, K. W., & Carson, S. (2002). Openness and extraversion are associated with reduced latent inhibition: Replication and commentary. *Personality and Individual Differences*, 33(7), 1137–1147. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00004-1](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00004-1)
- Polner, B., & Kéri, Sz. (2015). Egyéni különbségek az alkotó gondolkodásban: Pszichózis az adaptív működésben? *. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 70(3), 537–555. doi:10.1556/0016.2015.70.3.3
- Rossato, J. I., Bevilacqua, L. R. M., Izquierdo, I., Medina, J. H., & Cammarota, M. (2009). Dopamine Controls Persistence of Long-Term Memory Storage. *Science*, 325(5943), 1017–1020. doi:10.1126/science.1172545

- Schomaker, J., & Meeter, M. (2015). Short- and long-lasting consequences of novelty, deviance and surprise on brain and cognition. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *55*, 268–279. doi:10.1016/j.neubiorev.2015.05.002
- Schott, B. H. (2004). Activation of Midbrain Structures by Associative Novelty and the Formation of Explicit Memory in Humans. *Learning & Memory*, *11*(4), 383–387. doi:10.1101/lm.75004
- Schultz, W. (2016). Dopamine reward prediction- error signalling: a two-component response. *Nature Reviews Neuroscience*.
- Schultz, W., Dayan, P., & Montague, P. R. (1997). A Neural Substrate of Prediction and Reward. *Science*, *275*(5306), 1593–1599. doi:10.1126/science.275.5306.1593
- Shohamy, D., & Adcock, R. A. (2010). Dopamine and adaptive memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *14*(10), 464–472. doi:10.1016/j.tics.2010.08.002
- Skinner, B. F. (1990). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. BF Skinner Foundation
- Tulving, E., & Kroll, N. (1995). Novelty assessment in the brain and long-term memory encoding. *Psychonomic Bulletin & Review*, *2*(3), 387–390. doi:10.3758/BF03210977
- Tulving, E., Markowitsch, H. J., Craik, F. E., Habib, R., & Houle, S. (1996). Novelty and familiarity activations in PET studies of memory encoding and retrieval. *Cereb Cortex*, *6*(1), 71–79. doi:10.1093/cercor/6.1.71
- Van Kesteren, M. T. R., Ruiters, D. J., Fernández, G., & Henson, R. N. (2012). How schema and novelty augment memory formation. *Trends in Neurosciences*, *35*(4), 211–219. doi:10.1016/j.tins.2012.02.001
- Wittmann, B. C., Bunzeck, N., Dolan, R. J., & Düzel, E. (2007). Anticipation of novelty recruits reward system and hippocampus while promoting recollection. *NeuroImage*, *38*(1), 194–202. doi:10.1016/j.neuroimage.2007.06.038
- Yonelinas, a P. (2001). Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, *356*(1413), 1363–1374. doi:10.1098/rstb.2001.0939
- Zweifel, L. S., Parker, J. G., Lobb, C. J., Rainwater, A., Wall, V. Z., Fadok, J. P., ... Palmiter, R. D. (2009). Disruption of NMDAR-dependent burst firing by dopamine neurons provides selective assessment of phasic dopamine-dependent behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(18), 7281–7288. doi:10.1073/pnas.0813415106