

**Braunitzer Gábor – Kasik László
– Benedek György**

SZTE, Általános Orvostudományi Kar Élettani Intézet,
SZTE, Szociális Kompetencia Kutatócsoport – SZTE,
Neveléstudományi Intézet, SZTE, Szociális
Kompetencia Kutatócsoport – SZTE, Általános
Orvostudományi Kar Élettani Intézet

A kognitív idegtudomány, idegélettan és a neveléstudomány kapcsolata – a társas viselkedés együttes vizsgálatának lehetőségei

Az idegtudományi vizsgálatok eredményei egyre gyakrabban hívják fel a neveléstudományi kutatók figyelmét arra, hogy a tudat, a személyiség, illetve ezek változásának értelmezésekor mindenképpen szükséges figyelembe venni az ember központi idegrendszerét, amely – legalább mediátorként – kulcsszerepet játszik e jelenségekben. A kutatások eredményeinek és mérési módszereinek a neveléstudományi vizsgálatokban való alkalmazása, integrálása ma már a hatékonyabb intézményes nevelés kialakulását segítő folyamatok kulcsfontosságú feltételei közé sorolható.

Napjainkban nemcsak egyre több tudományterület foglalkozik a társas viselkedést meghatározó személyiségbeli és környezeti tényezők sajátosságaival, valamint e tényezők egymásra gyakorolt hatásainak mechanizmusaiival, hanem nő azon kutatások száma is, amelyek egy-egy jelenség vizsgálata során a különböző tudományterületek elméleti modelljeinek és vizsgálati eljárásainak integrálására törekednek.

Cacioppo és Berston (1992) szerint a multidimenzionális integratív megközelítés esetében a különböző tudományterületek értelmezési szintekként értelmezhetők. Az ily módon elvégzett kutatások célja, hogy a vizsgált jelenség egyik értelmezési szintjén kapott eredmények alapján információkat gyűjtsenek egy másik értelmezési szintről, pontosítsák azokat, illetve a következtetéseknek átfogó és összetett keretet adjanak. Mindez három rendezőelv alapján valósulhat meg: (1) a 'többszörös meghatározottság elve' szerint egy jelenség adott értelmezési szintjén figyelembe kell venni a jelenség előzményeinek más értelmezési szintjét és az azok közötti kölcsönhatásokat; (2) a 'nem összegződő meghatározottság elve' alapján egy jelenség egésze nem jósolható meg részeinek tulajdonságai alapján, vagyis a szerveződés a többszintű megismerés nélkül, a szintek közötti kölcsönhatások feltárásának hiányában nem lehetséges; végül (3) a 'kölcsönös meghatározottság elve' arra vonatkozik, hogy a különböző elemzési szinteken működő tényezők különböző mértékben, de mindenképpen befolyásolják egymást.

A társas viselkedés összetettségének megértésében viszonylag új értelmezési szintet nyújtanak a kognitív idegtudományi, idegélettani adatok. Az egyik legfontosabb idegélettani kutatási eredménynek az emberi agy plaszticitása tekinthető: a külvilágból érkező tapasztalatok neurális kapcsolatokat építenek ki, stimulálnak vagy építenek le (Emanuele, Politi, Bianchi, Minoretti, Bertona és Geroldi, 2006), valamint a különböző tanulási folyamatok az agyban molekuláris szintű változásokat okoznak (Kandel,

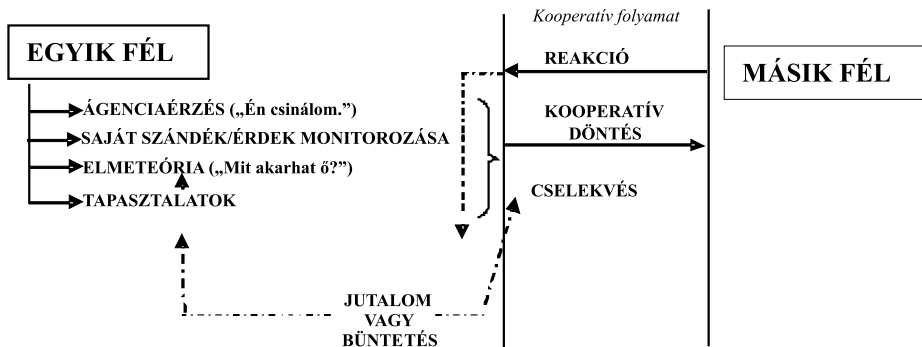
Schwartz és Jessell, 1991), vagyis az emberi idegrendszer külső szimbolikus stimulusokkal jelentősen formálható, s az így kiváltott változások az egyén szervezetének egészét érintik. Az életkori változással kapcsolatos vizsgálatok (Chugani, Behen, Muzik, Juhász, Nagy és Chugani, 2001) alapján a humán központi idegrendszer kritikus periódusaiban a megfelelő ingerlés elmaradása egyes pszichikus összetevők – akár irreverzibilis – károsodását okozhatja, valamint a szociális integráció nem megfelelő szintje az egyén szervezetének immunvédekezését is gyengítheti (Urbán, 2003).

A tanulmány első részében ismertetjük a kognitív idegtudományi, idegéletteni kutatások társas viselkedéssel kapcsolatos azon elméleti modelljét (kooperatív spektrum), amely értelmezési szintként alkalmazható az integratív neveléstudományi, társas viselkedéssel foglalkozó vizsgálatokban. Összefoglaljuk az együttműködés mint az egyik alapvető viselkedési forma idegéletteni vizsgálatainak legfontosabb eredményeit, néhány vizsgálóeljárást, valamint bemutatjuk, miként illeszthetők a funkcionális fejlődésvizsgálatok a neveléstudomány, ezen belül a társas viselkedés kutatásának alkalmazási keretébe.

A kooperatív spektrum jellemzői

Az együttműködő viselkedés a társadalmi együttélés alapfeltételének (Decety, Jackson, Sommerville, Chaminade és Meltzoff, 2004), a társadalmi fejlődés egyik jelentős hajtóerejének tekinthető (Piczil, 2005), ezáltal biológiai alapjainak és azok változásának ismerete a hatékonyabb nevelés szempontjából kulcsfontosságú. Az együttműködő viselkedés mögött meghúzódó központi idegrendszeri működéssel azonban kevés – és főként felnőttekkel végzett – idegtudományi vizsgálat foglalkozik (például: Decety és mtsai, 2004). Mivel e kutatások eredményei egybehangzóak a kooperáció és az egyes agyi területek kapcsolatáról (például: Decety és mtsai, 2004), megfelelő alapot nyújtanak további, gyermekek körében végzett funkcionális, illetve fejlődési vizsgálatokhoz.

Az idegtudományi kutatások (például: Decety és mtsai, 2004) szerint a kooperatív spektrum az egyén viselkedésszereplőjének azt a folytonos szegmensét jelenti, amely lehetővé teszi a viselkedést adott társal szemben az ellenségesség és a kooperáció végpontjai között. Az 1. ábra annak a kognitív rendszernek a vázlatát mutatja, amelyen keresztül két személy között a kooperatív spektrumot alkotó egyes jellemző viselkedési mintázatok kifejeződnek. A jelölt funkcionális elemekhez többé-kevésbé jól körülírt központi idegrendszeri területek társíthatók. Az elemek mindkét (vagy az összes) kooperatív folyamatban részt vevő félre vonatkoznak, azonban az ábrán csak az egyik fél esetében jelöltük azokat.



1. ábra. A kooperatív spektrumot alkotó viselkedésmintázatok kifejeződésének alapvető részfolyamatai az idegtudományi vizsgálatok alapján

A kooperatív folyamatban részt vevő feleknek cselekvéseiket önmaguktól származóként kell azonosítaniuk, amit ágenciaérzésnek neveznek (*Blakemore és Frith, 2003; Decety és mtsai, 2004*). Amennyiben a cselekvő sikeresen azonosítja saját cselekvéseit, fel kell mérnie azt is, hogy az adott kooperatív helyzetben mi az érdeke, és a kooperatív folyamat során ezt – a folyamat aktuális állásától függően – állandóan felül is kell írnia. Feltehetően mindez a munkamemória prefrontális agykérgi rendszerein keresztül valósul meg (*Kállai, Bende, Karádi és Racsmány, 2008*), s ugyancsak ez a terület felelős az impulzusok kontrolljáért, az agresszív vagy a kooperatív válaszok helyzetnek megfelelő, adekvát módon történő gátlásáért is (*Pietrini, Guazelli, Basso, Jaffe és Grafman, 2000*).

Ahhoz, hogy ez a folyamat az egyén szempontjából sikeres legyen, ismerni vagy legalább közelítőleg reálisan elővételezni kell a partner vagy partnerek szándékait, reakcióit (ezt nevezik elméletiának vagy mentalizációnak) (*Goel, Grafman, Sadato és Hallett, 1995; Gallagher, Happé, Brunswick, Fletcher, Frith és Frith, 2000; Brunet, Sarfati, Hardy-Bayle és Decety, 2000; Vogeley, Bussfeld, Newen, Herrmann, Happé és Falkai, 2001*). A mentalizáció nagymértékben függ az egyén korábbi tapasztalataitól is, attól, hogy az aktuálishoz hasonló korábbi viselkedés az egyén számára jutalmazó vagy büntető értékű volt-e. Bár az ábrán nem tüntettük fel, azonban ehhez mindenképpen szükséges a hosszú távú memóriarendszerek ép működése.

Az aktuális kooperatív viselkedési mód fenntartásában, módosításában, esetleg felfüggesztésében is szerepe van annak, hogy az adott viselkedés az egyén számára jutalmazó vagy büntető értékkel bír, ezáltal igen fontosak az agy jutalmazó rendszerei is (*Decety és mtsai, 2004*). Az egyes kooperatív tevékenységekben feltételezhetően mindig jelentős szerep jut az érzelmeknek is (*Szily és Kéri, 2008*).

A kooperatív viselkedés neurális szubsztrátjai a vizsgálatok alapján

A kooperáció neurális alapjainak feltárására irányuló vizsgálatok három csoportra sorolhatók: (1) a kooperációt az autizmus felől megközelítő vizsgálatok; (2) egészséges személyeknek különféle, kooperációt igénylő páros játékokban kell részt venniük, illetve (3) olyan vizsgálatok, amelyekben egészséges személyek neurális válaszait elemzik elképzelt kooperatív és kompetitív helyzetekben, beleértve az agresszió gátlásán alapuló alkalmazkodást vizsgáló paradigmákat (*Hajdu, 2004; Pléh, Kovács és Gulyás, 2003*).

Kooperáció és autizmus

Az autizmus azért alkalmas a kooperáció idegrendszeri alapjainak vizsgálatára, mert, bár az autisztikus spektrum, azaz az autizmus formakörébe tartozó zavarok spektruma igen széles, a Wing-triász (sérült reciprok társas interakció, sérült reciprok kommunikáció, csökkent érdeklődés és a képzelet szegényessége) az autizmus minden formájára jellemző, tehát a kooperativitás hiánya az autizmus diagnosztikai értékű jellemzője (*Győri, 2003; Belmonte, Allen, Becker-Mitchener, Boulanger, Carper és Webb, 2004*). Az autizmus tekinthető a kooperáció negatív szélső esetének, neurális szubsztrátjainak vizsgálata során azt várjuk, hogy egyes agyi régiók, melyek egészséges kontrollszemélyekben kooperatív feladat során aktiválódnak, autistáknál nem vagy alig mutatnak választ. Ezek a régiók igen nagy valószínűséggel szerepet játszanak a társas interakciók-ra, ezen belül a kooperációra való képességünkben.

Az autizmusvizsgálatok arra a már régóta ismert elképzelésre is újra rámutattak, hogy a reciprok kommunikáció és a társas interakció feltétele az elméleti, amely lehetővé teszi az interakcióban állók számára, hogy elővételezzék a partner szándékait, lehetséges viselkedéseit (*Gergely, 2003*). Az autisták látszólag nem tulajdonítanak ilyen állapotokat humán környezetüknek, őket mintegy eszközként kezelik (*Győri, 2003*). A nevelés szempontjából

kérdés lehet, hogy egészséges, de nem megfelelően kooperáló, esetleg szélsőségesen kompetitív/agresszív gyermekekben az autizmussal kapcsolatos agyterületek elégtelen működéséről van-e szó. Ha igen, milyen hatások idézik elő ezt a funkcionális deficitet, illetve ez a deficit milyen módszerekkel kompenzálható, javítható, amennyiben az érintett agykérgi részek érése és a neurális plaszticitás ezt lehetővé teszi. Ehhez természetesen szükség van egészséges gyermekek körében a fejlődés menetének azonosítására.

Castelli, Frith, Happé és Frith (2002) tíz, viszonylag jól működő általános képességekkel rendelkező autista felnőttet vizsgált a pozitron emissziós tomográfia módszerével. A vizsgálat során random módon, célirányosan látszólag egymás mozgását befolyásoló háromszögeket (Abell, Happé és Frith, 2001) mutattak a felnőtteknek. A geometriai formák biztosították, hogy minél jobban megtisztítsák az ingert az esetleg zavaró humánspecifikus tényezőktől (például egy emberi arc látványa). E tényezők azért lehetnek zavaróak, mert hatásukra specifikus areák jöhetnek ingerületbe, amelyeket később nem lehet elválasztani a kísérlet által vizsgált fenomén (ebben az esetben a szándéktulajdonítás) okozta aktivációtól. A humánspecifikus érdeklődés csökkenésére vonatkozó állítást bizonyítja, hogy az autistáknál az emberi arc felismerésére specifikus gyurus fusiformisban is jelentősen kisebb aktiváció mutatható ki a kontrollszemélyekhez képest (Schultz, Gauthier, Klin, Fulbright, Anderson és Volkmar, 2000).

Klinikai és kísérleti megfigyelések is igazolják, hogy az orbitofrontális kéregnek (a ventromediális frontális kéreggel együtt) jelentős szerepe van az agresszió regulációjában, illetve a társas cselekvések adekvát kivitelezésében. Gyilkosoknál ezen területek alulműködését figyelték meg, az ezeken a területeken agysérülést szenvedtek pedig agresszívvá, impulzusaik kontrollálására képtelené válnak.

A vizsgálat során feltételezték, hogy a kooperáció lényege maga az elmeteória, ezáltal a vizsgálat tekinthető úgy, mint kísérlet az elmeteória neurális szubsztrájtainak feltárására. A korábbi vizsgálatok (például: Goel és mtsai, 1995; Gallagher és mtsai, 2000; Brunet és mtsai, 2000; Vogeley és mtsai, 2001) alapján három körülírt régió aktivációját feltételezték: (1) a medialis praefrontális kéreg anterior része (az anterior pericingulum), (2) a sulcus temporalis superior a temporoparietalis területen és (3) a temporalis lebeny amygdala körüli része (az amygdala autistáknál jellemzően kevésbé aktiválódik, ez magyarázat lehet az érzelmi érdektelenségre).

E három terület igen nagy valószínűséggel a mentalizációs hálózat alapjainak tekinthető. Funkcionális szempontból (sorrendben) egy központi végrehajtó funkció – például a munkamemória –, valamint a multiszenzoros integráció és az érzelmi működések bevonódására utalnak. A munkamemória az információk fenntartása szempontjából lehet hasznos (például: mi a célunk az interakcióval), míg a multiszenzoros integráció a komplex környezet monitorozására szolgálhat annak érdekében, hogy ez az információ a célállapottal összevethető legyen. Az érzelmek kísérik és időről időre meg is határozzák, esetleg felülírják a viszonyulást.

A vizsgálat során a korábban említett területek aktivációján felül aktivációt találtak a gyurus occipitalis inferiorban (extrastriatum) és a basalis temporalis területeken. Az extrastriatum aktivációja az autista és a kontrollcsoportba tartozó személyek között minden kondícióban megegyezett, míg a mentalizációs kondícióban az autisták mentalizációs hálózata jóval gyengébb aktivációt mutatott. Ezek alapján feltételezhető, hogy a mentalizációs deficit egyik oka az, hogy az információ hiányosan jut el (bottom-up hipotézis) az alacsonyabb bemeneti areákból a magasabb asszociációs kéregrészek felé. Mivel olyan kéregré-

szek aktivációja is csökkent, amelyek normális körülmények között a figyelmet a feldolgozott jelekre koncentrálnak, nem lehet elvetni annak lehetőségét sem, hogy az információ a figyelem következményes hiánya miattvész el (top-down hipotézis).

Rilling, Sanfey, Aronson, Nystrom és Cohen (2004) egészséges személyekkel végeztek fMRI-vizsgálatot az elméleti neurális szubsztrájtjainak feltárására. A vizsgálat arra irányult, milyen agyi aktivációk mutatkoznak olyan társas feladatok megoldásakor, mint a jól ismert fogolydilemma (a feladatban a legnagyobb össznyereséget mindkét fél kooperációja hozza, azonban mindkét félnek úgy kell döntenie a másikkal való együttműködésről, hogy nem ismeri a másik szándékait, tehát szükségszerű elővételeznie azokat). A feladat során aktivációt találtak a posterior cingulumban, a sulcus temporalis superiorban, a bal hippocampusban, egy kiterjedt közepagi régióban, továbbá a dorsolateralis praefrontalis cortexben. Utóbbi és a hippocampus valószínűleg a feladat kognitív kontrolljában vesz részt. A sulcus temporalis superior és a cingulum – a Castelli-féle munkacsoport eredményeihez hasonlóan – itt is specifikusan a mentalizáció területének tűnik.

A vizsgálat során a kooperációt és elméleti igénylő játékokat a résztvevőkkel humán és számítógép-partnerekkel is lejátszották. A két helyzet összehasonlítása alapján az említett agyi areák nemcsak mentalizáció-, hanem humánspecifikusak is: amikor a vizsgálatban részt vevők úgy tudták, számítógép ellen játszanak, ezek az areák kevésbé aktiválódtak. Mindemellert a posterior cingulum aktivációját gyakran kötik az érzelmek feldolgozásához is (Maddock, 1999), ami arra utal, hogy az érzelmek a szociális kognícióban kulcsszerepet játszanak, elemzésük (például az anyai szeretet, a morális érzékenység) a kooperáció kutatásának területén is elengedhetetlen (például: Moll, 2002).

Decety és munkatársai (2004) az én-másik, illetve az egyén-társadalom elméleti problematikáját vizsgálták. A korábbi elemzéseket kiegészítve azt feltételezték, hogy kooperatív viselkedés esetén az én és a másik reprezentációi sokkal inkább egybeesnek, mint versengéskor, ami azt is jelentheti, hogy az én reprezentációjának a kooperatív viselkedési spektrumban igen fontos szerep jut. Természetesen az, hogy kivel kooperál az egyén, nagymértékben függ attól, miként tekint önmagára, mindazonáltal a felvetés az önismert fejlesztésének kérdését is új megvilágításba helyezi. Főként pszichológiai jellegű, azonban semmiképpen nem elhanyagolható kérdés, hogy az énkép erősítése, az önismert fejlesztése általánosan jobb kooperációs hajlamra vezet (például a biztosabb énhatárok nyújtotta biztonságérzet révén), vagy csak az egyént segíti abban, hogy jobban meg tudja válogatni kooperációs partnereit.

A kutatók egyetértenek abban, hogy az ágenciaérzés („én csinálom”) szubsztrátja az inferoparietális kéreg (például: Blakemore és Frith, 2003). Az inferotemporalis kéreg akkor is aktiválódik, ha az alany cselekvéseit valaki utánozza, tehát olyan helyzetben, amikor az én elválasztását a nem-éntől provokáljuk. A szkizofrénia diszkonnekciós elméletei (Kéri és Janka, 2003), melyeknek alap gondolata, hogy a szkizofrénia egyes tünetei azon alapulnak, hogy az egyén nem képes bizonyos belső eseményeket önmagának tulajdonítani, nem említik ezt a területet.

Decety és munkatársai (2004) olyan fMRI-paradigmát dolgoztak ki, amely egyfelől mentalizációt kívánt, másfelől az én explicit azonosítását mint a cselekvés végrehajtóját. Feltételezésüket az én elkülönülésével kapcsolatban kooperatív és kompetitív helyzetekben az inferotemporalis cortex eltérő aktivációja igazolta. Klinikai és kísérleti megfigyelések is igazolják, hogy az orbitofrontális kéregnek (a ventromediális frontális kéreggel együtt) jelentős szerepe van az agresszió regulációjában, illetve a társas cselekvések adekvát kivitelezésében. Gyilkosoknál ezen területek alulműködését figyelték meg, az ezeken a területeken agysérülést szenvedettek pedig agresszívvá, impulzusaik kontrollálására képtelenné válnak (Pietrini és mtsai, 2000). Pietrini és munkatársainak (2000)

vizsgálati eredményei a területek szerepére vonatkozó feltételezéseket PET-vizsgálattal megerősítették.

A Decety-kutatócsoport (2004) megfigyelésének egy lehetséges értelmezése az, hogy az orbitofrontális kéreg aktivációja a személyes érdek átmeneti korlátozását jeleníti meg egy fölérendelt cél érdekében. A kutatók szerint a kooperáció a jutalmazó rendszereket is érinti, ugyanakkor arról nincs adat, hogy ez csak sikeres együttműködés esetén van így, vagy esetleg maga az együttműködés ténye is előidézi ezt az érintettséget. Nem zárható ki a személyes ágenciaérzés jutalmazó szerepe sem.

A vizsgálatok eredményei alapján a kooperáció evolúciós fontosságú viselkedésforma, amely a versengéssel egyensúlyt tartva az egyéni és a társadalmi fejlődés előmozdítója. Ezek a viselkedésformák elméleti igényelnek, azaz mások érzéseinek, szándékainak, várható cselekvéseinek elővételezését. A kooperációs spektrumban – akár az elméletiában való részvételén keresztül – szerep jut az én reprezentációjának, esetenként az agresszió vagy a versengés elnyomásának és minden esetben az érzelmek bevonódásának. Az említett funkciókhoz egyre jobban körvonalazódó, funkcionálisan vizsgálható agyterületek köthetők.

Funkcionális vizsgálóeljárások a kooperatív spektrum kutatásában

A műszeres vizsgálóeljárások közül a PET (pozitron-emissziós tomográfia), az fMRI (funkcionális mágneses rezonanciás képalkotás) eljárásokat, valamint részletesebben az EEG (elektroencephalographia) technikát ismertetjük. Gyermekvizsgálatára – biztonsági és etikai szempontokat figyelembe véve – az utóbbi a legalkalmasabb (*Gulyás, 2003*). A nem invazív neuropszichológiai technikák közül a Rutgers Tanult Ekvivalencia Paradigmát (*Myers, Shohamy, Gluck, Grossman, Kugler, Ferris, Golomb, Schnirman és Schwartz, 2003*) mutatjuk be, amely különösen alkalmas gyermekek vizsgálatára.

A PET és az fMRI jellemzői

E funkcionális képalkotó eljárások az egyes agyterületek metabolizmusa alapján következtetnek az ott végbemenő aktivációra, deaktivációra, arra az elvre alapozva, hogy az egyes agyterületek megnövekedett metabolizmusa aktivitásnövekedést jelez. A PET esetében kontrasztanyag (többnyire glükózanalóg) beadása szükséges, amelynek felvétele nyomon követhető. Használható a PET a lokális agyi vérátáramlás vizsgálatára is (amely a funkcionális hyperaemia jelensége alapján az aktiváció indikátora). Nagy előnye, hogy segítségével az agy egyes átvivőanyag-rendszerei vizsgálhatók. Gyermekvizsgálatokban hátránya, hogy kontrasztanyag-terhelésnek teszi ki a fejlődő szervezetet, továbbá félig invazív. Etikai szempontból a PET alkalmazása egészséges gyermekeken fejlődésvizsgálati céllal igen problematikus.

Az fMRI lényege, hogy a testben elhelyezkedő protonok erős mágneses térbe helyezve megváltoztatják mágneses momentumukat, majd az erős tér megszűntével törekednek alapállapotukba visszatérni, ami regisztrálható energiakibocsátással jár. A módszer alkalmas az agyi átvivőanyag mérésére, illetve mérni lehet vele a hemoglobin oxigénkötését. Az eljárás ugyan nem invazív, de nincsenek adatok arra nézve, hogy a keltett mágneses tér milyen hatással lehet a fejlődő szervezetre, ezért gyermekvizsgálatokban való felhasználása szintén nem javasolt.

A PET és az fMRI főként a pszichopatológiai és a neurológiai kutatásokban használt eljárások. Ezek az eredmények az egészségeseken végzett fejlődésvizsgálatok megértését is segíthetik, hiszen térbeli felbontásuk igen jó, ami az egyes funkciók lokalizálása területén hasznos. Ugyanakkor időbeli felbontásuk elmarad az EEG és a MEG

(magnetoencephalogram) módszereikétől, ezért ezek jóval alkalmasabbak – többek között – az egyes folyamatok pontos időbeli lefolyásának vizsgálatára.

Az EEG jellemzői

Az EEG-vel kevésbé költségigényes és nem invazív módon (is) megvalósítható vizsgálatok végezhetők. Lényege, hogy a vizsgált személy fejbőréről elektromos aktivitást vezetnek el az azon elhelyezkedő elektródok segítségével. Ezek az elektromos jelek neuronpopulációk együttes aktivitását tükrözik. A jelek számítógépen rögzíthetők, később elemezhetők. Az eljárás milliszekundum pontosságú, a vizsgált személynek pedig semmiféle kellemetlenséget nem okoz. Az EEG segítségével vált lehetségessé az agy néhány alapállapotának (delta, théta, alfa, béta, gamma) feltárása is (*Kéri és Gulyás, 2003*).

Már korán bebizonyosodott, hogy külső ingerlés hatására az idegsejtek válaszaik megváltoznak; ezek a változások megjelennek az EEG-regisztrátumban is. Az ilyen változásokat nevezzük kiváltott potenciáloknak. Mára számos standard kiváltott potenciált azonosítottak, amelyek az ingerlések széles skálájához köthetők. Klasszikus példa a P300-as hullám (az ingerlés után 300 ms körül bekövetkező pozitív kitérés), amely főképp kategorizációs, szelektív figyelmet igénylő feladatokban jelenik meg, de van olyan kiváltott válasz is (syntactic positive shift – SPS), amely a nyelvtani szabályalkalmazás hibáit jelzi.

Bár az olyan absztrakt fogalmak, mint a 'kategorizáció' agyi leképezésének megjelenítése látványos eredmény, az egyes EEG-komponensek lokalizációja nehéz feladat. Ennek fő oka az inverz-probléma, hiszen egy gömbszerű test felszínéről elvezetett aktivitás forrása elméletileg a gömbön belül bárhol elhelyezkedhet. Ennek kiküszöbölésére egy lehetséges módszer az egysejt-vizsgálat, amely során mélyelektród segítségével egy adott régió neuronjainak viselkedése vizsgálható, ugyanakkor ennek emberi alkalmazása teljességgel kizárt. Mivel a PET és az fMRI térbeli felbontása igen jó, logikusnak tűnik a két eljárás együttes elvégzése, és a kiváltott potenciálok forrásának ily módon való lokalizálása. A probléma azonban az, hogy a két módszer időléptéke eltérő, így együttes alkalmazásuk sem hozna megbízható eredményt. A lokalizációs probléma megoldására ismereteink szerint kielégítő megoldás még nem született.

Ugyanakkor a kooperatív spektrum fejlődésvizsgálatában az EEG-módszer mégis fontos szerepet játszhat, hiszen az EEG nem invazív, egészségi kockázattal nem jár, mindez pedig lehetővé teszi humán alkalmazását korhatár nélkül – a klinikumban (ma már a kutatásban is) elfogadott gyakorlat akár csecsemők EEG-vizsgálata is. A vizsgálatoknak elsősorban az agy egyes területek felett mérhető magas frekvenciás aktivációjára (40 Hz és a felett) kellene fókuszálniuk. Ilyen tevékenységet az agy bonyolult kognitív folyamatok során mutat (például a már említett mentalizáció). A gamma sávba eső agyi aktivitás vizsgálatának mintegy 20 éve alatt elfogadottá vált, hogy az oszcillatorikus gamma aktivitás funkciója egyes agyterületek szinkronizációja valamely egész reprezentációja érdekében. Ilyen módon az oszcillatorikus gamma aktivitás egy általános kognitív hozzárendelő funkcióval bírhat, ami a rendelkezésre álló információk alapján összeállítja a világ aktuálisan vizsgált részletének reprezentációját (*Singer, 1993; Singer és Gray, 1995; Singer, Engel, Kreiter, Munk, Neuenschwander és Roelfsema, 1997; Singer, 1999; Tallon-Baudry és Bertrand, 1999; Engel és Singer, 2001*).

Mivel az oszcillatorikus gamma aktivitás lényege az, hogy szélesebb agyterületeket szinkronizál, a lokalizáció problémája itt nem merül fel olyan mértékben, mint a kiváltott potenciáloknál (amelyek valószínűleg az elemi feldolgozás folyamatait tükrözik). Amit elsősorban vizsgálni szükséges, az az, hogy a korábbiakban bemutatott, a kooperatív viselkedésben fontos agyi területek megfelelő feladathelyzetben milyen mértékben képesek

összehangolt működésre. Ennek életkori vizsgálata, majd az eredmények összevetése a megfigyelésekkel, kirajzolhatja a kooperatív spektrum egy lehetséges fejlődésgörbéjét.

Rutgers Tanult Ekvivalencia Paradigma (Fish-face teszt)

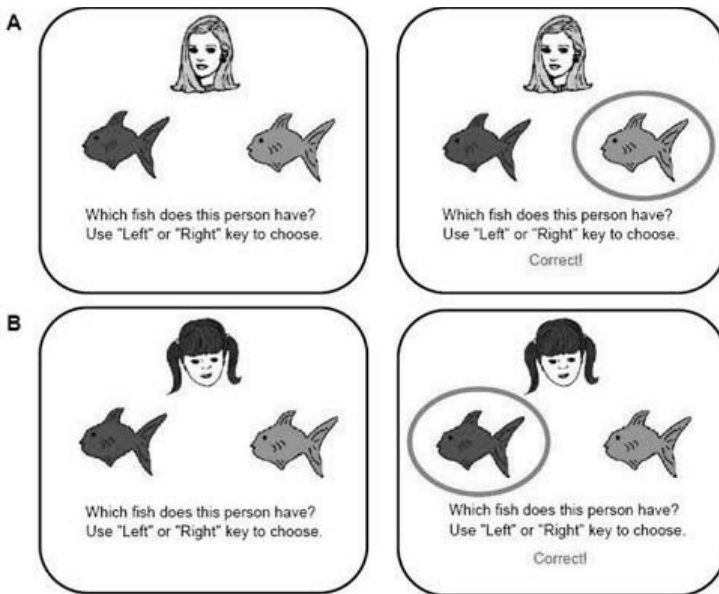
A számítógépes neuropszichológiai teszt játékos formában vizsgálja az alapvető tanulási képességeket: párok asszociációja, implicit szabályelsajátítás és az elsajátított szabály alkalmazása új helyzetekre (Kéri, 2008). Parkinson-kóros betegek és hippocampalis atrophiaiban (HA) szenvedők (a hippocampus – a halántéklebény belső oldalán található, főként az emlékezés folyamataival összefüggésbe hozott struktúra – sorvadása) tesztelése során derült fény arra, hogy míg a Parkinson-betegek a feladat pártanulási részében mutatnak súlyos deficitet, a HA csoportba tartozók az elsajátított szabályszerűség transzferjére nem voltak képesek (Myers és mtsai, 2003). Az eredmények alapján az említett struktúrák valószínűleg alapvetően fontosak az ilyen jellegű feladatok megoldásához, valamint a teszt alkalmas ezen struktúrák működésének vizsgálatára.

Kutatócsoportunk egy általunk felállított, tesztelésre váró hipotézisből indul ki, amelynek alapja a neuronális újrahaznosítás ('neuronal recycling') elve. Az elv szerint egy agyterület (neuronpopuláció) több eltérő funkciót is elláthat, így az adott agyterület működési deficitjének vagy rendellenességének valószínűleg több érintett funkció deficitjében is jelentkeznie kell. Ez alapján hipotézisünk az, hogy az agy a társas kogníció tekintetében is ugyanazon egyszerű műveletekkel operál, mint a nem társas környezet manipulációja kapcsán, függetlenül attól, hogy a társas kogníció elemei attribútumok jóval gazdagabb és összetettebb hálózatával kapcsolódnak. értékű, és emiatt később gyakrabban keressük társaságát.

A vizsgálat során a tesztalanytól azt kéri, tanulja meg, milyen színű hal tartozik a képernyőn látott egyes arcokhoz, hogy ezt egy későbbi fázisban fel tudja idézni. A teszt rávezető fázisában az alany találgatással fedezi fel a megfelelő párokat, helyes párosítás (például férfi–sárga hal, nő–piros hal) megtalálásakor pozitív visszacsatolást kap, valamint a helytelen párosítást szintén jelzi a rendszer. A szabálykialakítás szakaszában egy adott ingerhez újabbakat csatol a rendszer (például férfi/fiú: sárga hal, nő/lány: piros hal), s az optimális begyakorlottság szintjén kialakul egy általánosabb szabály, amely szerint – esetünkben – férfiakhoz x, nőkhez y rendelhető hozzá.

Az új inger fázisa arra szolgál, hogy megalapozza a transzferet. Ebben a fázisban új színű halak is megjelennek (kék és zöld), azonban az alany ezekről már csak hiányos információt kap, például azt tanulhatja meg, hogy a kék halhoz is a férfi és a zöld halhoz is

a nő tartozik, valamint a fiú és a lány viszonya az új színekhez nem jelenik meg expliciten. A felidézési és a transzferfázisban az alanynak visszacsatolás nélkül kell helyes párosításokat végezni. Ehhez részben elegendők a korábban megtanult párosítások, azonban az összesen 48 próbából 12 esetben addig még nem látott párokat kell megalkotni (amelyeket az utolsó fázisban nem tanított a rendszer). Ez csak akkor lehetséges, ha az alany a szabályt sikeresen elsajátította és azt az új ingerpárookra is képes alkalmazni.



2. ábra. Képek a Fish-face tesztből. Bal oldal: „Melyik hal tartozik ehhez az archoz?” Jobb oldal: a tesztalany választása és a visszacsatolás.

A teszt első fázisa egy egyszerű visszacsatolásos tanulás, amely idegélettani szempontból a dopamin mint átvivőanyag és a meso-limbo-corticalis pályarendszer bevonódását feltételezi. Ebből a szempontból a Parkinson-betegek csökkent teljesítménye logikus, hiszen a Parkinson-betegség lényege éppen a dopaminerg rendszerek egy részének (a substantia nigra pars compacta, illetve a nigrostriatalis pálya) pusztulása (Szirmai, 2005). A transzferfázis egyfelől a szabály (többnyire nem tudatosuló, vagyis implicit) kivonását igényli, másfelől ennek a szabálynak az állandó fejben tartását, hogy az az egyes esetekre alkalmazható legyen. Az előbbi funkcióért a hippocampus felelős, azonban utóbbihoz mindenképpen szükséges a dorsolateralis prefrontalis kéreg (DLPFC) is mint a szabály átmeneti reprezentációjának fenntartója. A teszt azonban arra nem alkalmas, hogy a transzferfázisban ez utóbbi terület működése külön vizsgálható legyen, így az eredmények értelmezése során a hippocampalis/DLPFC hozzájárulás elkülönítése problematikus. A mérőeszközt eddig csak klinikai populációkon tesztelték, azonban játékos jellege és neurológiai megalapozottsága miatt egészséges gyermekpopulációk jellemzésére is alkalmas.

Természetesen felmerül a kérdés, a teszt alkalmazható-e, s ha igen, milyen módon a társas viselkedés kutatásában. Ennek vonatkozásában kutatócsoportunk (1) egy általunk felállított, tesztelésre váró hipotézisből indul ki, amelynek alapja a neuronális újrahatszolás ('neural recycling') elve (Dehaene, 2004). Az elv szerint egy agyterület (neuronpopuláció) több eltérő funkciót is elláthat, így az adott agyterület működési deficitjének vagy rendellenességének valószínűleg több érintett funkció deficitjében is jelentkeznie kell. Ez alapján hipotézisünk az, hogy az agy a társas kogníció tekintetében is ugyanazon egyszerű műveletekkel operál, mint a nem társas környezet manipulációja kapcsán, függetlenül attól, hogy a társas kogníció elemei attribútumok jóval gazdagabb és összetettebb hálózatával kapcsolódnak. Egy visszacsatolásos tanulás – például dicséret kapcsán az így jutalmazott viselkedés gyakoribbá válik – lényegileg nem különbözik attól, mint amikor egy személy kellemes viselkedése számunkra jutalomértékű, és emiatt később gyakrabban keressük társaságát.

Úgy véljük, a különféle pozitív visszacsatolások közös nevezője az agyi dopaminerg jutalmazórendszer, és ennek működési színvonala hatással van mind a társas, mind a nem társas jellegű visszacsatolások tanulás hatékonyságára, vagyis a kérdés az, mennyire hatékonyan képes az egyén társas környezetét jutalmazó vagy averzív értékkel felruházni. Ennek vizsgálatára a neveléstudomány fenomenológiai megközelítésében alkalmas néhány papír-ceruza teszt, például a Szociálisérdék-érvényesítő képességek kérdőív (SZÉK) (Kasik, 2008a; 2008b). A SZÉK egyes itemcsoportjain elért eredmények statisztikailag összevethetők a Fish-face teszt pontszámaival, így a hipotézis vizsgálhatóvá válik. Hasonló logika alkalmazható a transzferfázis és az elméletória vonatkozásában is, amennyiben az elméletória lényegének a társas megfigyelések kapcsán kialakult előrejelző képességet tekintjük.

Záró gondolatok

A neveléstudományi kutatások és fejlesztések számára rendkívül fontos, hogy megfelelő adatokkal rendelkezünk arról, a fejlődés és a fejlesztés milyen agyi változásokkal jár, és milyen változásokat idéz elő. A társas viselkedést tekintve különösen fontos – főként az alapvető viselkedési formák (például az együttműködés, a versengés) esetében – a kritikus periódusok pontos ismerete, például annak meghatározása, mely életkorig alkalmas az agy plasticitása a kielégítő társas integrációra, valamint milyen szociális környezet fejleszti leghatékonyabban a társas agyat. Nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre a deklaratív tudás (például a tantárgyi ismeretek) és a társas tudás (például hogyan kérek segítséget) egymáshoz való viszonyáról és e kapcsolat életkori, nemek szerinti alakulásáról is. A neveléstudományi kutatásokkal együtt elvégzett idegtudományi vizsgálatok a fenomenológiai jellegű megfigyelések természettudományosan megalapozott interpretációját segíthetik.

Jegyzet

(1) A 2008-ban alakult SZTE Szociális Kompetencia Kutatócsoport vezetője Zsolnai Anikó (SZTE BTK Neveléstudományi Intézet), tudományos tanácsadója Nagy József (SZTE BTK Neveléstudományi Intézet), tagjai: Braunitzer Gábor (SZTE ÁOK Élettani Inté-

zet), Jámbori Szilvia (SZTE BTK Pszichológiai Intézet), Kasik László (SZTE BTK Neveléstudományi Intézet), Lesznyák Márta (SZTE JGYPK Gyógypedagógiai Intézet) és Tóth Edit (SZTE BTK Neveléstudományi Intézet).

Irodalom

Abell, F., Happé, F. és Frith, U. (2001): Do triangles play tricks? Attribution of mental states to animated shapes in normal and abnormal development. *Cognitive Development*, 1–16.

Belmonte, M. K., Allen, G., Becker-Mitchener, A., Boulanger, L. M., Carper, R. A. és Webb, S. J. (2004): Autism and Abnormal Development of Brain Connectivity. *The Journal of Neuroscience*, 42. 9228–9231.

Blakemore, S. J. és Frith, C. D. (2003): Self-awareness and action. *Curr. Opin. Neurobiol.*, 13. 219–224.

Brunet, E., Sarfati, Y., Hardy-Bayle, M. C. és Decety, J. (2000): A PET investigation of the attribution of intentions with a nonverbal task. *Neuroimage*, 11. 157–166.

Cacioppo, J. T. és Berston, G. G. (1992): Social psychological contributions to the decade of the brain. *American Psychologist*, 47. 1019–1028.

Castelli, F., Frith, C., Happé, F. és Frith, U. (2002): Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain*, 125. 1839–1849.

Chugani, H. T., Behen, M. E., Muzik, O., Juhász, Cs., Nagy, F. és Chugani, D. (2001): Local Brain Functional Activity Following Early Deprivation: A Study of Postinstitutionalized Romanian Orphans. *Neuroimage*, 14. 1290–1301.

Decety, J., Jackson, P. L., Sommerville, J., Chaminade, T. és Meltzoff, A. N. (2004): The neural bases of cooperation and competition: an fMRI investigation. *Neuroimage*, 23. 744–751.

Dehaene, S. (2004): Evolution of human cortical circuits for reading and arithmetic: The „neuronal recycling” hypothesis. In: Dehaene, S. (szerk.): *From Monkey Brain to Human Brain*. MIT Press, Cambridge, MA.

- Emanuele, E., Politi, P., Bianchi, M., Minoretta, P., Bertona, M. és Geroldi, D. (2006): Raised plasma nerve growth factor levels associated with early-stage romantic love. *Psychoneuroendocrinology*, 31. 288–294.
- Gallagher, H. L., Happé, F., Brunswick, N., Fletcher, P. C., Frith, U. és Frith, C. D. (2000): Reading the mind in cartoons and stories: an fMRI study of 'theory of mind' in verbal and nonverbal tasks. *Neuropsychologia*, 38. 11–21.
- Gergely György (2003): A cselekvő én (szelf mint ágens) fogalmának kialakulása csecsemő- és kisgyermekkorban. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 285–326.
- Goel, V. Grafman, J., Sadato, N. és Hallett, M. (1995): Modeling other minds. *Neuroreport*, 6. 1741–1746.
- Gulyás Balázs (2003): Funkcionális képalkotó eljárások a kognitív idegtudományokban. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 81–93.
- Györi Miklós (2003): A neurokognitív fejlődés moduláris zavarai: az autizmus. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 738–763.
- Hajdu Ferenc (2004): *Vezérfonal a neuroanatómiához*. Semmelweis Kiadó, Budapest.
- Kállai János, Bende István, Karádi Kázmér és Racsmány Mihály (2008): *Bevezetés a neuropszichológiába*. Medicina Kiadó, Budapest.
- Kandel, E., Schwartz, J. és Jessell, T. (1991, szerk.): *Principles of Neural Science*. Elsevier, New York–Amsterdam–London–Tokyo.
- Kasik László (2008a): A szociálisérdek-érvényesítő képességek működésének jellemzői 4, 8, 11 és 17 éves korban. I. *Magyar Pedagógia*, 1. (megjelenés alatt)
- Kasik László (2008b): A szociálisérdek-érvényesítő képességek működésének jellemzői 4, 8, 11 és 17 éves korban. II. *Magyar Pedagógia*, 2. (megjelenés alatt)
- Kéri Szabolcs és Gulyás Balázs (2003): Elektrofiziológiai módszerek a kognitív idegtudományokban. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 81–93.
- Kéri Szabolcs és Janka Zoltán (2003). A szkizofrénia diszkonnekciós elméletei. In: Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest. 724–738.
- Kéri Szabolcs (2008): *Szkizofrénia a kognitív deficit tükrében*. Gondolat Kiadó, Budapest.
- Maddock, R. J. (1999): The retrosplenial cortex and emotion: new insights from functional neuroimaging of the human brain. *Trends Neuroscience*, 22. 310–316.
- Moll, J., Oliveira-Souza, R. de, Eslinger, P. J., Bramati, I. E., Mourão-Miranda, J., Andreiuolo, P. A. és Pessoa, L. (2002): The neural correlates of moral sensitivity: A functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *The Journal of Neuroscience* 7. 2730–2736.
- Myers, C. E., Shohamy, D., Gluck, M. A., Grossman, S., Kluger, A., Ferris, S., Golomb, J., Schnirman, G. és Schwartz, R. (2003): Dissociating hippocampal versus basal ganglia contributions to learning and transfer. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15. 252–268.
- Piczil Márta (2005): Anómia-elméletek. In: Pikó Bettina (szerk.): *A deviáns magatartás szociológiai alapjai és megjelenési formái a modern társadalomban*. JATE Press, Szeged.
- Pietrini, P., Guazzelli, M., Basso, G., Jaffé, K. és Grafman, J. (2000): Neural correlates of imaginal aggressive behavior assessed by positron emission tomography in healthy subjects. *Am J Psychiatry*, 157. 1772–1781.
- Pléh Csaba, Kovács Gyula és Gulyás Balázs (2003, szerk.): *Kognitív idegtudomány*. Osiris Kiadó, Budapest.
- Rilling, J. K., Sanfey, A. G., Aronson, J. A., Nystrom, L. E. és Cohen, J. D. (2004): The neural correlates of theory of mind within interpersonal interactions. *Neuroimage*, 22. 1694–1703.
- Schultz, R. T., Gauthier, I., Klin, A., Fulbright, R. K., Anderson, A. W. és Volkmar, F. (2000): Abnormal ventral temporal cortical activity during face discrimination among individuals with autism and Asperger syndrome. *Arch Gen Psychiatry* 57. 331–340.
- Singer, W. (1993): Synchronization of cortical activity and its putative role in information processing and learning. *Annu. Rev. Physiology*, 55. 349–374.
- Singer, W. (1999): Neuronal synchrony: a versatile code for the definition of relations? *Neuron*, 24. 49–65.
- Singer, W., Engel, A. K., Kreiter, A. K., Munk, M. H. J., Neuenschwander, S. és Roelfsema, P. R. (1997): Neuronal assemblies: necessity, signature and detectability. *Trends in Cognitive Sciences*, 7. 252–261.
- Singer, W. és Gray, C. M. (1995): Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis. *Annu. Rev. Neuroscience*, 18. 555–586.
- Szily Erika és Kéri Szabolcs (2008): Az érzelmi folyamatokkal kapcsolatos agyi területek funkcionális anatómiája. *Ideggyógyászati Szemle*, 3–4. 77–86.
- Szirmai Imre (2005): *Neurológia*. Medicina Kiadó, Budapest.
- Tallon-Baudry, C. és Bertrand, O. (1999): Oscillatory gamma activity in humans and its role in object representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 4. 151–162.
- Urbán Róbert (2003, szerk.): *A magatartás, a lelki élet és az immunrendszer kölcsönhatásai*. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Vogel, K., Bussfeld, P., Newen, A., Herrmann, S., Happé, F. és Felkai, P. (2001): Mind reading: neural mechanisms of theory of mind and self-perspective. *Neuroimage*, 14. 170–181.