

Kognitív gének – a munkamemória és a végrehajtó funkciók öröklődésének vizsgálata

Tápai Dorina, Lukács Lilla

Szegedi Tudományegyetem, Pszichológia Intézet

E-mail: dorina4@msn.com

Absztrakt

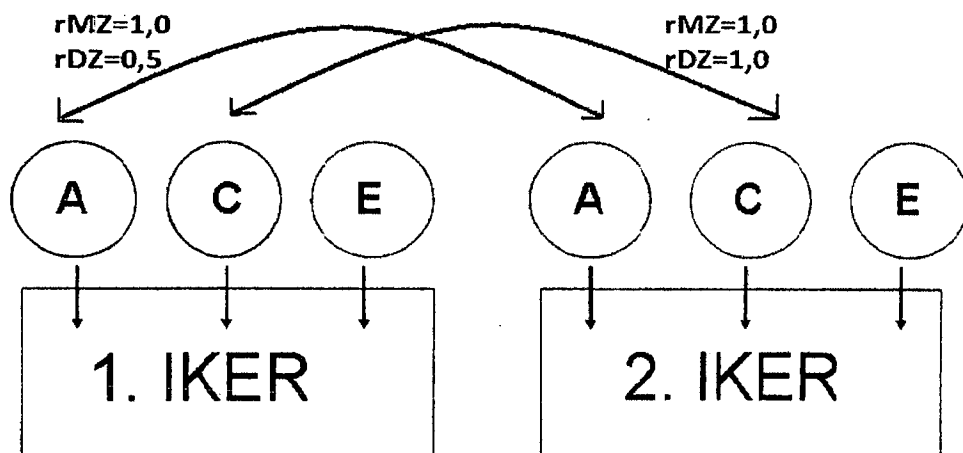
Az emberek különböznek egymástól aszerint, hogy milyen jól működik a memóriájuk, tudnak-e fejszámolást végezni, vagy logikusan gondolkodni. A mentális képességek különbségét okozhatják veleszületett és környezeti hatások, de az máig kérdés, hogy melyik a meghatározóbb és milyen az egymáshoz való viszonyuk. 10 egypetűjű (monozigóta, MZ) és 7 kétpetűjű (dizigóta, DZ) ikerpár segítségével a munkamemória különböző komponenseit és a végrehajtó funkciók öröklődését vizsgáltuk. Az öröklődés dominánsabb hatását a verbális munkamemóriát mérő számterjedelem teszt, a temporális lebeny működéséhez kötött szemantikus fluencia és a komplex munkamemóriát mérő hallási mondatterjedelem tesztek esetén sikerült kimutatni. A közös, illetve az egyedi környezet szerepe szinte az összes vizsgált kognitív próba mentén jelentős volt. Jelen kutatásunk során megbecsültük, hogy a munkamemória működésének variációját milyen mértékben magyarázzák az örökletes és a környezeti tényezők. A pontosabb és megbízhatóbb eredmények érdekében fontos lenne a jövőben a viselkedésgenetika és a molekuláris biológia kutatási módszereit is bevonni a vizsgálatba.

Kulcsszavak: öröklődés, környezet, ikrek, munkamemória, végrehajtó funkciók

Az egyéni variancia háttérében álló örökletes és környezeti faktorok szerepét és azok interakciójának vizsgálatát a viselkedés genetikai analízise teszi lehetővé, kvantitatív elemzések segítségével. A kvantitatív genetika célja az egyének közötti látható, mérhető különbségek háttérében álló örökletes tényezőkre vonatkozóan számszerű becslést adni. Elsősorban egymással rokonságban álló személyeket tanulmányoz, leggyakrabban használt módszerei között szerepel a család-vizsgálat, az adoptív vizsgálat – amelynek során külön nevelt testvéreket, adop-

táló szülő-gyermek, adoptált testvérek teljesítményét hasonlítja össze, valamint az ikervizsgálat is (GERVAL, 2008).

Az ikerkutatások kiindulópontja az a tény, hogy a MZ és a DZ ikrek esetén közös a környezet, viszont eltérő a genetikai hasonlóság (1. ábra). Egy adott fenotípus háttértényezői lehetnek genetikai (additive genetic, A), közös környezeti (common environmental, C), és egyedi (nonshared environmental, E) faktorok (FRIEDMAN, MIYAKE, YOUNG, DEFRIES, CORLEY, & HEWITT, 2008). A genetikai hatást általában több gén együttes összjátéka eredményezi. A közös környezeti faktorok olyan tényezőket foglalnak magukba, amelyek közösek az ikerpár mindkét tagjánál (családi körülmények, szociális kapcsolatok, a terhesség alatti hormonszint, stb.). Az egyéneket külön-külön érő hatások különbségeket okoznak az ikrek teljesítményében, személyiségében, sőt néha az ikrek törekszenek ilyen különbségek kialakítására, mert zavarja őket, hogy egy emberként tekintenek rájuk.



1. ábra: Az 1. iker és a 2. iker teljesítményének háttérében genetikai (A), közös környezeti (C) és egyedi (E) faktorok állhatnak. MZ ikreknél az ikerpáron belül a genetikai korreláció 100%, a DZ ikreknél 50%. A közös környezeti korreláció mind a MZ, mind pedig a DZ ikerpáron belül 100%. Az egyedi faktorok esetén nincs azonosság. (Az ábra Friedman et al., 2008 útmutatása alapján készült).

Tudjuk tehát, hogy a MZ ikrek az összes génben, a DZ ikrek a gének felében osztoznak, és mindkét ikercsoport esetén közös a környezet. Így, ha a MZ ikerpárok tagjai között magasabb a korreláció egy tetszőleges viselkedéses mérésen, mint a DZ ikerpárok tagjai között, akkor a mérés eredményét nagy valószínűséggel genetikai hatások befolyásolják. Ha pedig a DZ korreláció nagyobb, mint a MZ korreláció fele, akkor közös környezeti hatások állnak a háttérben. Ezekből az összefüggésekből lehet következtetni az örökletességre.

Genetikai hatások az egyes agyterületeken és a kognitív funkciókon

Az agyi területek örökletességére vonatkozóan az agyi képalkotó eljárások szolgálhatnak bizonyítékokkal. GLAHN, PAUS és THOMPSON (2007) összefoglaló tanulmányukban számos vizsgálatot említenek, amelyek alátámasztják az agy anatómiai örökletességére vonatkozó feltételezéseket. Bemutatnak egy olyan kutatást, ahol 150 MZ és DZ egészséges ikerpárt vizsgáltak (GIEDD, SCHMITT, & NEALE, 2007). Ennek eredményei azt mutatják, hogy a legtöbb agyi alaktani mérés magas örökletességet mutat és gyerekkorban minimális a szerzett környezeti hatások befolyása. KAHN és munkatársai (2007) kiegészítették ezeket az eredményeket egy felnőtt mintán végzett kutatással. Kimutatták, hogy a genetikai hatások eltérő módokon hatnak a különböző agyterületekre. A legnagyobb örökletességet a frontális lebeny területén találták (90-95%), mérsékelt genetikai meghatározottságot a hippomcampus területén (40-69%). A mediális agyi területeken viszont környezeti faktorok hatását állapították meg (GLAHN, PAUS, & THOMPSON, 2007). THOMPSON és munkatársai (2001) 10 egytetű és 10 képtetű ikerpárt, valamint random párokból képzett kontrollcsoportot vizsgáltak MR-rel. A MZ párokon belül a szürkeállomány különbsége teljesen jelentéktelen volt a frontális, a szenzomotoros, a Broca (BA 44)-, valamint a Wernicke (BA 22) nyelvi területeken. DZ ikreknél a Wernicke területen és a parieto-occipitális asszociációs területen találtak 60-70%-os korrelációt. Mivel ezeknek az agyterületeknek kiemelt jelentőséget tulajdonítunk bizonyos kognitív feladatok megoldása során, így logikusnak tűnik az a feltételezés, hogy a mentális folyamatokra is hatást gyakorol a genetika.

Az információ feldolgozási sebességre, mint alacsony szintű mentális folyamatra vonatkozóan LUCIANO, WRIGHT, SMITH, GEFFEN, GEFFEN, & MARTIN (2001) eredményei azt mutatják, hogy a 2, 4 és 8 választási reakcióidő (Choice

Reaction Time, CRT) feladatban a MZ ikerpárok tagjai között nagyobb a korreláció. LUO, THOMPSON és DETTERMAN (2003) szintén azt találták, hogy a feldolgozási sebesség, az alapvető kognitív képességek és az iskolai teljesítmény egyaránt mutat örökletes és környezeti hatásokat, és ráadásul ezek a képességek nagyon erősen korrelálnak egymással.

A végrehajtó funkciók működéséhez az örökletesség hozzájárulását 34% és 68% közöttinek írták le egy időskorú ikrekkel végzett vizsgálatban, és a legkevésbé a verbális fluencia teszten elért teljesítményt tulajdonították genetikai hatásoknak (CARMELLI, SWAN, DECARLI, & REED, 2002). Ezzel összefügg GIUBILEI és munkatársainak (2008) vizsgálata is, akik azt találták, hogy a cigarettázás (vagyis egy egyedi környezeti hatás) rontja a verbális fluencia teljesítményt: a párok dohányzó tagja szignifikánsan rosszabb eredményt ért el, mint a nem dohányzó ikerpárja. Ez az összefüggés mind MZ, mind DZ ikreknél megfigyelhető.

A munkamemória tárolási komponensét önmagában vizsgálták KREMEN és munkatársai (2008), és a MZ ikreknél (59%) nem sokkal nagyobb korrelációt találtak, mint a DZ ikreknél (41%). Azonban amikor olyan feladatot csináltak a személyek, amely nemcsak a rövid távú memóriát, hanem a végrehajtó funkciókat is igénybe vette, közel kétszeres volt a különbség a MZ és a DZ ikreknél. Ennek a komplex munkamemóriának (vagyis a rövid távú memória és a végrehajtó funkciók együttesének) genetikai meghatározottságát 43-49% közöttire becsülték egyes kutatók (ANDO, ONO, & WRIGHT, 2001).

A XIX. században megjelent Francis Galton az Öröklött lángelme című műve, melyben az intelligencia kialakulásában az öröklődést tartotta meghatározónak. Az intelligencia a viselkedésgenetika Szent Grálja, hiszen több vizsgálat irányult az intelligenciahányados öröklődésének vizsgálatára, mint bármely más képességre (GERVAI, 2008). Összességében azt mondhatjuk, hogy az együtt nevelt MZ ikrek intelligenciahányadosa 88%-ban azonos, míg a külön nevelt MZ ikrek azonossága 77%-os (FAZEKAS & SZERÉNYI, 2002). Vagyis a környezetnek is fontos szerepe van a gének mellett. Ezzel egybehangzó eredményt kaptak azok a kutatók is, akik a rendszeres marihuána használat hatásait vizsgálták ikreknél (LYONS et al., 2004). A marihuánát használó ikrek általános intelligencia teljesítménye a Weschler-intelligenciaskálán szignifikánsan rosszabb volt, mint a marihuánát nem használó ikerpárjuké.

A dolgozat további részében azt vizsgáljuk, hogy az örökletes tényezők milyen mértékben befolyásolják a munkamemória teljesítményt. A kérdés megvála-

szolásához MZ és DZ ikrekkel vettük fel a verbális-, és téri munkamemóriát, a végrehajtó funkciókat és a komplex munkamemóriát mérő teszteket.

Módszerek

Résztevők

A vizsgálatban 10 MZ és 7 DZ ikerpár vett részt, összesen 34 fő. A DZ ikerpárok esetén fontos kritérium volt, hogy egyneműek legyenek a pár tagjai, ezáltal kizártuk a nemek közötti különbségek megjelenését a páron belül. A kutatásban a nemek aránya egyenlőtlenül oszlott meg (24 nő, 10 férfi). A mintába került személyek életkora 17 és 24 év között váltakozott, átlagosan 20,06 évesek (szórás=2,15), többségük felsőfokú tanulmányokat folytat. A vizsgálat megkezdése előtt a személyek aláírták a beleegyező nyilatkozatot, melyben tájékoztattuk őket arról, hogy a vizsgálati adatok kutatási és nem diagnosztikai célokat szolgálnak.

Eszközök és eljárás

A felhasznált próbák (lásd 1. táblázat) egyéni kísérleti felvételt igényeltek, így a résztvevőkkel egyenként foglalkoztunk. Az adatok rögzítése egy fővel átlagosan 2,5 órát vett igénybe. Az eredmények rögzítése a vizsgálati jegyzőkönyvben történt. Kétféle jegyzőkönyv volt, melyekben eltérő sorrendben szerepeltek a feladatok, de egy-egy ikerpár tagjainál ugyanazt a jegyzőkönyvi sorrendet követtük.

A verbális munkamemória legelterjedtebb vizsgálóeszköze a **Számterjedelem (Digit Span) teszt**, kutatásunkban a Racsmány, Lukács, Németh, & Pléh (2005) által standardizált magyar változatot használtuk. A téri munkamemória-funkciók mérésére a **Corsi-kockák feladat**, DeRenzi és munkatársai (Racsmány, 2007) által kialakított verzióját alkalmaztuk. A **Verbális fluencia teszt** a végrehajtó funkciók mérésére szolgált (Abwender, Swan, Bowerman, & Connolly, 2001). Alkalmazása során arra kérjük a kísérleti személyt, hogy a rendelkezésre álló idő alatt generáljon annyi szót, amennyi csak eszébe jut és egy adott betűvel kezdődik (betű fluencia), vagy a megadott kategóriához tartozik (szemantikus fluencia). A **Hallási mondatterjedelem (Listening Span) teszt** alkalmas a komplex munkamemória funkciók mérésére. A teszt magyar standardizálása Janacsek, Tánczos, Mészáros és Németh (2008) nevéhez fűződik. Felvételre került még a **Számlálási terjedelem (Counting Span) teszt** is, melynek magyar standardizálása szintén

Janacsek és munkacsoportja (előkészületben) nevéhez köthető. A feladat a komplex munkamemóriát hivatott mérni. A felvétel során a TUHOLSKI (2002) által készített E-Run Script File-t használtuk.

| MÉRŐELJÁRÁS | VIZSGÁLT MUNKAMEMÓRIA-KOMPONENS |
|--------------------------|---------------------------------|
| Számterjedelem teszt | Verbális munkamemória |
| Corsi-kocka feladat | Téri munkamemória |
| Fluencia teszt | Központi végrehajtó |
| Hallási mondatterjedelem | Komplex munkamemória |
| Számlálási terjedelem | |

1. táblázat: A vizsgált munkamemória-komponensek és a hozzájuk tartozó mérő-eljárások összefoglalása

Statisztikai analízis

A kvantitatív genetikai vizsgálatok végkicsengése általában ez a mondat: „A genetikai faktorok a populáció varianciájának X%-át magyarázzák Y jegy esetén” (POSTHUMA et al., 2003). A populációban előforduló fenotípusok (a megjelenő tulajdonságok) genetikai és környezeti behatások során alakulnak ki. A MZ ikrek osztoznak a közös környezetben és a közös génállományban. Tehát, ha közöttük eltérés van, akkor azért az egyedi környezeti hatások tehetők felelőssé. A DZ ikreknél szintén közös a környezet, de a génállomáynak csupán a fele. A közöttük lévő különbségek okozója egyaránt lehet a részben eltérő genetikai adottság, valamint az egyedi környezeti hatás. A MZ és DZ ikreket összehasonlító vizsgálatokban mód van ezeken a behatásoknak az elkülönítésére. Az elemzés első lépéseként korrelációs számítását végzünk az ikrek mindkét csoportjában páronként, így megállapíthatjuk a hasonlóság mértékét. Ezután, ha a MZ ikrek korrelációs értékéből kivonjuk a DZ ikrek korrelációs értékét, a különbséget pedig megszorozzuk kettővel, akkor megkapjuk az örökletességet; $A=2(r_{MZ}-r_{DZ})$. A közös környezeti hatás hozzájárulását is kiszámolhatjuk, ha a DZ ikrek korrelációs értékét megszorozzuk kettővel, majd kivonjuk belőle a MZ ikrek korrelációs értékét: $C=2r_{DZ}-r_{MZ}$. Valamint a harmadik fontos tényező, vagyis az egyedi környezeti hatás befolyását is megtudhatjuk, ha egy egészéből kivonjuk a MZ

ikrek korrelációs értékét: $E=1-r_{MZ}$ (POSTHUMA et al., 2003). Kutatásunkban ezeket a becsült értékeket kívánjuk meghatározni. A statisztikai elemzésekhez az SPSS 15.0 for Windows programot használtuk.

Eredmények

A mintába került MZ és DZ ikrek demográfiai jellemzői szinte teljesen azonosak. Az ikerpárok többsége felsőfokú tanulmányokat folytat, négy pár a vizsgálat évében fejezi be a középiskolát. Elmondható, hogy mindkét csoportban lényeges többségben vannak a nők, a tanulók és a jobb kezesek. A résztvevő MZ személyek közül senki sem dohányzik, a DZ ikrek közül mindössze 4 fő. A testvérükkel a MZ ikrek átlagosan 12 évet (szórás=2,44), a DZ ikrek 10 évet (szórás=3,67) tanultak egy osztályban. A közös környezet szempontjából nagyon fontos tényező, hogy az ikrek mindkét csoporton belül közel ugyanannyi évet tanultak együtt.

A kutatási kérdés megválaszolásához korrelációs számításokat végeztünk. Először az ikerpárok tagjai között, majd az ikrek mindkét csoportjánál minden – a vizsgálatban felhasznált – feladat esetén korrelációt számoltunk. A Pearson-féle korrelációs együtthatókat a 2. táblázatban tüntettük fel.

| Feladat | MZ korreláció | DZ korreláció |
|--------------------------|---------------|---------------|
| Számterjedelem teszt | ,87** | ,38 |
| Corsi-kocka feladat | ,35 | ,54 |
| Fluencia K | -,22 | ,29 |
| Fluencia T | -,33 | -,16 |
| Fluencia A | ,04 | ,73 |
| Fluencia Állat | ,83** | ,67 |
| Fluencia Bolt | ,43 | -,25 |
| Hallási mondatterjedelem | ,86** | ,70 |
| Számlálási terjedelem | ,25 | -,43 |

2. táblázat: Az ikrek korrelációs értékei az egyes feladatokon elért teljesítmény alapján, n=34. ** A korreláció szignifikáns a 0,01-es döntési szinten.

A korrelációs értékek meghatározása utána következett a heritabilitás, a közös környezet és az egyedi környezeti hozzájárulásának kiszámítása, a korábban ismertetett képletek segítségével (3. táblázat).

| Feladat | Örökletesség $A=2(r_{MZ}-r_{DZ})$ | Közös környezet $C=2r_{DZ}-r_{MZ}$ | Egyedi környezet $E=1-r_{MZ}$ |
|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Számterjedelem | 0,98 | -0,11 | 0,13 |
| Corsi-kocka feladat | -0,38 | 0,73 | 0,65 |
| Betű fluencia | -0,36 | 0,50 | 0,86 |
| Szemantikus fluencia | 0,38 | 0,35 | 0,27 |
| Hallási mondat- terjedelem | 0,32 | 0,54 | 0,14 |
| Számlálási terjed- elem | -0,36 | 0,61 | 0,75 |

3. táblázat: Az örökletesség, a közös környezet és az egyedi környezet hozzájárulása a kognitív próbákon, $n=34$.

Áttekintve az egyes tényezők hozzájárulását, megállapíthatjuk, hogy a Corsi-kocka feladat, a betű fluencia és a számlálási terjedelem tesztek esetén az örökletesség nem értelmezhető, mert a heritabilitás becsült értékének 0 és 1 közé kell esnie. Jelen vizsgálat a számterjedelem teszt mutatja a legmagasabb öröklődési hatást. A szemantikus fluencia és a hallási mondat-terjedelem tesztek is mutatnak örökletes hatást, ám a közös környezeti és az egyedi környezeti hatások is fontos szerepet játszanak az egyéni variancia kialakulásában.

Megvitatás

Dolgozatunk fő célkitűzése az volt, hogy az egyéni variancia háttérében álló genetikai és a környezeti faktorok hozzájárulásának mértékét feltérképezzük egy-egy kognitív képesség esetén. MZ és DZ ikreket hasonlítottunk össze öt kognitív próba mentén, hogy választ kaphassunk a kérdésre.

Kutatásunkban a számterjedelem teszt mutatta a legmagasabb genetikai hatást, mely egybeesik KREMEN és munkatársai (2008) vizsgálatával, akik szintén erős genetikai determináltságot állapítottak meg ennél a tesztnél. Még nagyobb korrelációt találtak abban az esetben, amikor nemcsak a rövid távú memóriának, hanem a végrehajtó funkcióknak is szerepe van. Jelen kutatásban a hallási mondatterjedelem tesztet és a számlálási terjedelem tesztet használtuk a komplex munkamemória rendszer mérésére. A hallási mondatterjedelem teszt esetén mérsékelt genetikai hozzájárulást találtunk (32%), nagyon jelentős környezeti hatások mellett (54%). Ez az eredmény hasonlít ANDO és munkatársai (2001) kutatási eredményeihez, amelyben a komplex munkamemória genetikai meghatározottságát 43-49% közöttire becsülik. Viszont a számlálási terjedelem teszténél a közös, illetve az egyedi környezet hatása olyan erős, hogy ezek mellett már nem értelmezhető az örökletesség. Ennek a meglepő eredménynek talán az lehet az oka, hogy a számlálási terjedelem teszt viszonylag hátul volt a sorrendben mindkét kísérleti elrendezésben, a hallási mondatterjedelem teszt viszont az első feladatok között szerepelt, az ikrek pedig eltérhetnek egymástól a páron belül abban, hogy mennyi ideig tudják fenntartani a figyelmüket. Ezért a jövőben szisztematikusabban kell változtatni a feladatok sorrendjét. Valamint a két feladat közötti korreláció hiánya is magyarázhatja az eredményeket. Sem a MZ ($r=0,34$, $p=0,13$, $n=20$), sem pedig a DZ ikrek ($r=0,31$, $p=0,27$, $n=14$) csoportjában nincs szignifikáns korreláció a hallási mondatterjedelem és számlálási terjedelem tesztek között. Ez alapján felmerülhet a kérdés, hogy vajon mennyiben lehet úgy tekinteni a két tesztre, hogy mindkettő ugyanazt a területet (a komplex munkamemóriát) hivatott mérni. Mindenképp szem előtt kell tartani, hogy míg a hallási mondatterjedelem teszt alapvetően egy verbális, addig a számlálási terjedelem teszt egy vizuális feladat, így az ezek háttérében meghúzódó örökletes faktorok is eltérőek lehetnek. Eredményeink alapján pedig a verbális munkamemória esetén sikerült bizonyítani az örökletes tényezők nagyobb mértékű befolyását.

Ezzel összefüggésben a téri munkamemória aktivitását vizsgáló Corsi-kocka feladatnál sem találtunk genetikai hozzájárulást. A téri-vizuális feladatoknál egyszerre több agyterület aktivitásváltozása figyelhető meg: a jobb oldali parietális terület, a bal premotoros (BA 6), a bal inferior temporális (BA 37) és a bal inferior parietális (BA 37 és környéke) (GRUBER & CRAMON, 2003). A sok érintett struktúra is lehet az oka annak, hogy nem jelenik meg a genetikai hatás, ezért feltételezhetjük, hogy ez a mérőeszköz nem alkalmas az örökletesség-környezet

problémakör kutatásában. Továbbá a szakirodalomban sem találtunk a téri munkamemória örökölhetőségére vonatkozó adatokat.

CARMELLI, SWAN, DECARLI, & REED (2002) több neuropszichológiai mérő-eljárás eredményei közül a verbális fluencia teljesítményét találták a legkevésbé genetikailag meghatározottnak, ami azért meglepő, mert mint arra ABWENDER és munkatársai (2001) is utalnak, a betű fluencia a frontális lobus működésétől függ. Az agyi képpalkotó eljárásokkal szerzett bizonyítékok pedig genetikailag nagyban meghatározottnak mutatják ezt az agyterületet (THOMPSON et al., 2001). Jelen kutatásban úgy tűnik, hogy a betű fluencia teszten elért eredményekért leginkább az egyedi környezeti (86%) hatások tehetők felelősek, melyet GIUBILEI és munkatársai (2008) idős mintán végzett kutatásai is igazoltak már. Ezt támasztja alá az is, hogy a betű fluencia teljesítményt rontja a dohányzás. A szemantikus fluenciánál pedig az egyedi hatásoknál jelentősebb genetikai (38 %) és közös környezeti (35%) hozzájárulás figyelhető meg.

Kutatásunkban – az ismereteinkhez mérten – korrelációs számítással, és a klasszikus biometrikus modell alkalmazásával próbáltunk választ adni a heritabilitás-környezet kérdésre. Azonban ezen kívül több lehetséges módon is elemezhetjük az ikerkutatások adatait. A multivariáns analízis például lehetővé teszi, hogy kiszámoljuk a genetikai és a környezeti korrelációt, valamint a genetika és a környezet hozzájárulását a megfigyelt korrelációhoz (POSTHUMA et al., 2003). Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy a kvantitáiv genetika becsléseit bizonytalanná tehetik a gén-környezet kölcsönhatások, valamint az a tény, hogy gyakran a környezeti faktorok is a gének befolyása alatt állnak (GERVAL, 2008). Ráadásul, bár ezek a matematikai egyenletek lehetővé teszik, hogy megbecsüljük a mennyiségi jelek hátterében álló látens változókat, de arra nem képesek, hogy beazonosítsanak és elkülönítsenek egymástól géneket. Ez utóbbi csak a molekuláris biológiával együttműködve valósulhat meg. Ezen tudományterületek módszereinek összevonásával pontos képet kaphatunk arról, hogy a jelölt gén milyen mértékben felelős egy jellemvonás kialakításáért, és ha ezeket a vizsgálatokat ikerrel is elvégzik, akkor azt is megtudhatjuk, hogy az adott jellemvonás örökletes-e.

Az örökletesség vizsgálatának több szempontból is kiemelt jelentősége van. Az egyik ezek közül a fejleszthetőség kérdése. A kutatások alapján megállapítható, hogy az iskolai oktatás eredményessége és az örökletes képességek kölcsönösen befolyásolják egymást. Valamint több eredmény is alátámasztja, hogy az

alacsonyabb szintű mentális képességek, mint például a reakcióidő, vagy a munkamemória kapacitás erősen korrelál az intelligenciával (LUCIANO et al., 2001). Ezért is fontos a munkamemória komponensek vizsgálata, hiszen ezek öröklődéséből következtetni lehet az intelligencia örökletességére is. Ennek bizonyítására a magyar populációban, a későbbiekben a jelen kutatásban felhasznált tesztek mellett fel kellene venni egy IQ tesztet is. Az öröklődés vizsgálatánál meg kell különböztetni a minőségi és a mennyiségi jegyeket. A minőségi jegyek kialakításáért általában egy gén a felelős, ilyen például az emberi vércsoport (FAZEKAS & SZERÉNYI, 2002). A vizsgált munkamemória komponensek esetén azért is nehéz kimutatni a fenotípus varianciáját, mert ezek mennyiségi jegyek. Sok összeadóó génhatás határozza meg tehát mentális képességeinket. Sőt, az is előfordulhat, hogy egyetlen gén több képesség kialakításában is szerepet játszik. A mennyiségi jelek kialakítását nagyban befolyásolják környezeti tényezők (FAZEKAS & SZERÉNYI, 2002). Ezért lehetséges, hogy a megegyező génállományú MZ ikrek eltérnek egy-egy mentális képesség tekintetében. Az eltérésekért az eltérő környezeti tényezők a felelősek, amit okozhat például a születési sorrend, vagy a pár-hatás.

Dolgozatunkban olyan neuropszichológiai mérőeljárásokat használtunk, amelyekkel lehetőség nyílt a munkamemória komponenseinek teljes lefedésére. Az elemszám növelése, a MZ és a DZ ikrek részvételi arányának kiegyenlítése utána lehetőség nyílna arra, hogy biztonsággal megállapíthassuk az öröklődés, a közös környezet és az egyedi környezet szerepét a kognitív képességek esetén. Ennek gyakorlati hasznát a molekuláris biológiával való együttműködés jelenthetné. Hiszen, ha sikerül bizonyítani, hogy a munkamemória bizonyos jellemzői öröklődést mutatnak, és vannak olyan objektív mérőeszközök, melyekkel lehet őket mérni, akkor el lehetne kezdeni „vadászni” azokat a speciális géneket, amelyek felelőssé tehetőek ezekért a belső fenotípusokért. A jövő kutatásainak a kognitív képességeket alakító gének azonosítására és lokalizációjára kell irányulniuk.

Köszönetnyilvánítás

Végezetül pedig szeretnénk megköszönni az ikerpároknak a részvételt, Németh Dezsőnek a felhasznált tesztekhez való hozzáférést, a vizsgálati jegyzőkönyv összeállítását, Janacsek Karolinának az adatelemzésben, és Erdélyi Violának a tesztfelvételben nyújtott segítségét.

Hivatkozások

- ABWENDER, D. A., SWAN, J. G., BOWERMAN, J. T., & CONNOLLY, S. W. (2001). Qualitative Analysis of Verbal Fluency Output: Review and Comparison of Several Scoring Methods, from the SAGE Social Science Collections.
- ANDO, J., ONO, Y., & WRIGHT, M. J. (2001). Genetic structure of spatial and verbal working memory. *Behavior Genetics*, 31(6), 615-624.
- CARMELLI, D., SWAN, G. E., DECARLI, C., & REED, T. (2002). Quantitative genetic modeling of regional brain volumes and cognitive performance in older male twins. *Biological Psychology*, 61(1-2), 139-155.
- FAZEKAS, GY., & SZERÉNYI, G. (2002). *Biológia II. kötet*. Budapest: Scholar Kiadó.
- FRIEDMAN, N. P., MIYAKE, A., YOUNG, S. E., DEFRIES, J. C., CORLEY, R. P., & HEWITT, J. K. (2008). Individual Differences in Executive Functions Are Almost Entirely Genetic in Origin. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137(2), 201-225.
- GERVAI, J. (2009). Viselkedésgenetika a humán genom megfejtése előtt és után: kvantitatív és molekuláris genetikai alapok. *Pszichológia*, 29, 5-22.
- GIEDD, J. N., SCHMITT, J. E., & NEALE, M. C. (2007). Structural brain magnetic resonance imaging of pediatric twins. *Human Brain Mapping*, 28(6), 474-481.
- GIUBILEI, F., MEDDA, E., FAGNANI, C., BIANCHI, V., DE CAROLIS, A., SALVETTI, M., SEPEMONI, M., & STAZI, M. A. (2008). Heritability of neurocognitive functioning in the elderly: evidence from an Italian twin study. *Age Ageing*, 37, 640-646.
- GLAHN, D. C., PAUS, T., THOMPSON, P. M. (2007). Imaging Genomics: Mapping the Influence of Genetics on Brain Structure and Function. *Human Brain Mapping*, 28(6), 461-463.
- GRUBER, O., & CRAMON, D. Y. (2003). The functional neuroanatomy of human working memory revisited: evidence from 3-T fMRI studies using classical domain-specific interference tasks. *NeuroImage*, 19, 797-809.
- JANACSEK, K., TÁNCZOS, T., MÉSZÁROS, T. & NÉMETH, D. (2009). A munkamemória új magyar nyelvű neuropszichológiai mérőeljárása: A hallási mondatterjedelem teszt (HMT). *Magyar Pszichológiai Szemle*, 64(2), 385-406.
- JANACSEK, K., ÚJVÁRI, K., FEKETE, R., GYÜRE, T., FILEP, O., & NÉMETH, D. (előkészületben). A munkamemória fejlődésének vizsgálata: Új magyar nyelvű neuropszichológiai mérő-eljárások, a számlálási és a műveleti terjedelem teszt.
- KREMEN, W. S., & XIAN, H., & JACOBSON, K. C., & EAVES, L. J., & FRANZ, C. E., & PANIZZON, M. S., & EISEN, S. A., & CRIDER, A., & LYONS, M. J. (2008). Storage and Executive Component of Working Memory: INtegrating Cognitive Psychology and Behavior Genetics in the Study of Aging. *Journal of Gerontology*, 63 (2), 84-91
- LUCIANO, M., WRIGHT, M. J., SMITH, G. A., GEFFEN, G. M., GEFFEN, L. B. & MARTIN, N. G. (2001). Genetic Covariance Among Measures of Information Processing Speed, Working Memory, and IQ. *Behavior Genetics*, 31(6), 581-592.
- LUO, D., THOMPSON, L. A., & DETTERMAN, D. K. (2003). Phenotypic and Behavioral Genetic Covariation Between Elemental Cognitive Components and Scholastic Measures. *Behavior Genetics*, 33(3), 221-230.

- LYONS, M.J., BAR, J. L., PANIZZON, M. S., TOOMEY, R., EISEN, S., XIAN, H., & TSUANG, M. T. (2004). Neuropsychological consequences of regular marijuana use: a twin study. *Psychological Medicine*, 34(7), 1239-50.
- POSTHUMA, D., BEEM, A. L., GEUS, E. J. C., BAAL, G. C. M., HJELMBORG, J. B., IACHINE, I., & BOOMSMA, D. I. (2003). Theory and practice in quantitative genetics. *Twin Research*, 6(5), 361-376.
- RACSMÁNY, M. (2007). *A fejlődés zavarai és vizsgálómódszerei*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- RACSMÁNY, M., LUKÁCS, Á., NÉMETH, D., & PLÉH Cs. (2005). A verbális munkamemória magyar nyelvű vizsgálóeljárásai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 4, 479-505.
- THOMPSON, P., TYRONE, D. C., NARR, K. L., ERP, T., POUTANEN, V. P., HUTTUNEN, M., LÖNNQVIST, J., NORDENSTAM, C. G., KAPRIO, J., KHALEDY, M., DAIL, R., ZOULMAN, C. I., & TOGA, A. W. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature neuroscience*, 4(12), 1253-1258.