

Eötvös Loránd Tudományegyetem

PPK – Pedagógiai és Pszichológia Intézet, Szombathely

Pszichológia BA – 5. Félév

**A kognitív profil szerepe a pályaválasztásban, és a munkamemória fejlődési oldala az
egyetemi tanulmányok során**

Készítette: Tafferer István (ZEL7X2)

Témavezető: Dr. Kemény Ferenc egyetemi docens

2022/2023 1. félév

Absztrakt

Az alábbi empirikus kutatás célja a humán és reál szakos egyetemista diákok munkamemória képességeinek összehasonlítása, és az egyetem memóriafejlesztő hatásának tesztelése. 63 egyetemista (31 humán, és 32 reál szakon tanuló hallgató), a munkamemória három nagy területét lefedő tesztsomag feladatait végezték el. A nyelvi rövidtávú memóriát mérő álszóismétlési tesztet és számterjedelem teszteket a téri-vizuális memóriát mérő Corsi-kockák teszteket és a központi végrehajtó funkciókat mérő n-back feladatot, Trail Making Tesztet, és Stroop tesztet. Az eredmények alapján a reál szakosok jobban teljesítettek a verbális-, és téri munkamemória feladatokban, és egy végrehajtó funkció mérő feladatban is. Megfigyelhető az eredmények alapján az egyetemi tanulmányok álszóismétlési terjedelem növelő hatása. Emellett észrevehető volt a sok időt egyetemen töltött humán szakos személyek komplex téri-vizuális terjedelem különbsége a többi csoporthoz képest. Ezt okozhatják a tanulmányok is, de az is okozhatja, hogy idő alapján a későbbi csoportba eső résztvevők között az évek során volt lemorzsolódás az egyetemekről. A csoportosítás segítségével elkülöníthetőek csoportok, amikben egyedi képességmintázatok lelhetőek fel, specifikusan az egy-egy szak túlsúlyával. Emellett olyan csoportok is vannak melynek tagjai között egyenlően vannak képviselve a szakok, így nem különböztethető meg egymástól teljesen a két hallgatói csoport.

Tartalomjegyzék

Absztrakt	2
Bevezetés.....	4
A munkamemória	4
Központi végrehajtó.....	5
A munkamemória deficitjei	6
A munkamemória és az akadémiai teljesítés kapcsolata	7
Nyelvelsajátítás, idegennyelv tanulás.....	7
A matematikai képességek és a munkamemória összefüggései	8
Fejleszthető-e a munkamemória?	9
Hipotézisek	11
Módszer	12
Résztvevők.....	12

Mérőeszközök.....	13
Fonológiai hurok mérése	13
Álszóismétlési teszt.....	13
Számterjedelem tesztek.....	14
Téri-vizuális vázlattömb mérése.....	14
Corsi-kockák	14
Központi végrehajtó tesztelése	14
Stroop feladat	14
N-back feladat.....	15
Trail Making Test A & B.....	15
Statisztikai módszer.....	15
Eredmények.....	15
ANOVA eredmények	17
Fonológiai hurok mérése	17
Álszóismétlési teszt.....	17
Számterjedelem tesztek.....	18
Téri-vizuális Vázlattömb mérése.....	19
Corsi-kockák előre	19
Corsi-kockák vissza	20
Végrehajtó funkciók mérése	21
N-back feladat.....	21
Trail Making Teszt A és B.....	21
Stroop Teszt	22
A klaszteranalízis eredményei.....	23
A klaszterek jellemzése	26
1. Klaszter	26
2. Klaszter	26
3. Klaszter	27
4. Klaszter	27
Diszkusszió.....	29
Első hipotézis: Az egyetemi szakosodás területspecifikus munkamemória teljesítménykülönbségekben mutatkozik meg.....	29
H1:A A humán csoport jobb teljesítményt mutat a fonológiai hurok működését mérő feladatokban.....	29
H1:B A reál csoport jobb teljesítményt mutat a téri-vizuális rövidtávú memória mérési feladatokban.....	29

H1:C A reál csoport jobb teljesítményt mutat a végrehajtó működést mérő feladatokban.	29
H1:D A reál csoport jobb eredményt ér el a komplex terjedelmi feladatokban.	30
Második hipotézis: A képzési idő hatással van a munkamemória teljesítményre.....	30
Harmadik hipotézis: Megkülönböztethetők humán, és reál munkamemória képességmintázatok	31
Összefoglalás	32
Reflexió, limitációk.....	33
Köszönetnyilvánítás	34
Irodalom	34

Bevezetés

A megfelelő személyek kiválasztása, és kiképzése minden oktatás lényegi eleme, és elengedhetetlen a kultúrák tudásának továbbításához. Mi alapján választják ki az „optimális” tanulót? A legegyszerűbb válasz, hogy motiváció, illetve intellektuális alkalmasság alapján szelektálnak az intézmények. Az intelligenciának egy része a memória, melynek egyik része a rövidtávú memória. Vajon a különböző egyetemi szakoknak eltérő „vevő közönsége” is van? Különböznek csoport szinten a hallgatók szakjaik alapján rövidtávú memóriaképességeik terén? Az egyetemi tanulmányok hathatnak vajon ezeknek a képességeknek a fejlődésére? A tehetséggondozás, a nagy potenciállal rendelkező emberek kiválasztása minden oktatás célja. Amennyiben vannak azonosítható képesség mintázatok, kognitív területek szerint, akár a tehetséggondozás, akár a pályaválasztás kérdéskörének alkalmazott módszereit is bővíteni lehetne.

A munkamemória

Mi is a munkamemória? Ez a rendszer szolgál arra, hogy az ember a világ ingereit átmenetileg tárolja és biztosítja az erőforrásokat, hogy manipulálni tudjuk a megtartásra került elemeket. A látás, hallás érzékszervei által biztosított ingereket az ingernek megfelelő rendszer dolgozza fel. A szenzoros tárból a figyelem segítségével kiemelődnek az éppen fontos forrásból, az éppen fontos részek, és bekerülnek az ingertípusnak megfelelő alrendszerbe. A munkamemória egy komplex, több komponensű rendszer, ami Baddeley és Hitch (1974) nevéhez köthető. Több

részből áll, ezek az alábbiak: a fonológiai hurok, a téri-vizuális vázlattömb, a központi végrehajtó, és az epizodikus puffer (Baddeley, 2000; Baddeley & Hitch, 1974).

A fonológiai hurok a nyelvi alapú információk megtartásáért és az azon való manipulációért felel. A hurkot alkotó alkomponensek a fonológiai tár, ahol megtartásra maradnak az elemek, és az artikulációs kontrollfolyamat, ami a tárban jelen lévő elemek fenntartásáért felel, egy belső ismétléssel, ezzel elkerülve az elemek elhalványulását, kiesését a rendszerből (Baddeley, 2003).

A téri-vizuális vázlattömb a vizuális, és téri alapú információk megtartásáért felel és az azon való manipulációt biztosítja. Fontos alapja a téri tájékozódásnak, a képzeletnek (Baddeley, 2003a).

Az epizodikus pufferrel csak később egészítették ki a modellt. Ez egy korlátozott kapacitású rendszer, ami multimodális bemenetével (vizuális, és verbális) az információkat blokkokba, epizódokba tudja rendezni, ezzel létrehozva egy téri és idői dimenzióval ellátott, multidimenzionális reprezentációt. Működésében elkülönül a központi végrehajtótól, de nagyban támaszkodik arra. Feltételezhetően a tudat alapját képezi ez az elem (Baddeley, 2003a).

Központi végrehajtó

A rövidtávú memória rendszerének központi eleme a központi végrehajtó, ami az alárendelt rendszerek közötti erőforráselosztásért felel, a feladatok monitorozásáért, a figyelem fenntartásáért. A központi végrehajtó működésének eredménye a fenntartott figyelem. Ennek a komponensnek a fő funkciói a következők: frissítés, gátlás, váltás (Miyake et al., 2000):

A *frissítés* (updating) folyamata a munkamemória „munkafelületén” való tartalmak, információk fenntartásáért, szükség szerint az információk leváltásáért felel. Biztosítja a feladatmegoldáshoz szükséges aktualizált reprezentációt a megfelelő modalitás szerint. A munkamemóriában jelenlévő reprezentációk aktív-dinamikusan változó tárolását, az elemek lecserélését biztosítja ez a funkció (Miyake és mtsai., 2000; Morris & Jones, 1990). Amennyiben a frissítés nem működik célszerűen, akkor a „túl régi” információk perszerválnak, a jelen pillanatban fontos friss információk „nem jutnak be” optimális módon. Tehát nem a releváns, régi információk maradnak meg a munkamemória tárában.

A *gátlás* (inhibiton) funkció az aktuális feladat(ok) elvégzéséhez kapcsolódóan irreleváns információkat, ingereket, prepotens válaszokat blokkolja, ezzel a zökkenőmentes működést segítve. Egyszerre a személyekre a kognitív térben rengeteg információ árad, amiknek egy része aktuálisan szinte teljesen irreleváns, vagy hátráltató. Amennyiben ezekre

irányul a figyelem, tehát a funkció jó működésének hiánya látható, a feladatvégzés sebessége és minősége károsul (Miyake és mtsai., 2000; Stroop, 1935).

A *váltás* funkció (set shifting/cognitive flexibility) a mentális beállítódások közötti rugalmas átjárás mechanizmusa (Miyake és mtsai., 2000). Amikor párhuzamos szabályokat kell alkalmaznia az embernek, ennek a segítségével tudja mindig az éppen szükséges szabályt alkalmazni. Ez például mind a multitasking helyzetekben (több feladat, több szabállyal párhuzamosan), mind pedig a komplex feladatokban (egy feladat, de több részfeladat, több szabállyal) elengedhetetlen. A hétköznapi élet elvárja (váltakozó sűrűséggel), hogy rugalmasan váltson az ember gondolkodási kereteiben, céljaiban, a bevetett szabályokban (Ionescu, 2012).

A munkamemória deficitjei

A munkamemória rendszerének alulműködése megfigyelhető különböző betegségek, fejlődési rendellenességek terén. A figyelemhiányos hiperaktivitás-zavar (ADHD) kórképében az figyelhető meg, hogy a személyek nehezen tudják fenntartani a figyelmüket, feladataik megszervezése, elkezdése, befejezése, a részletekre való odafigyelés nehezen kivitelezhető a számukra. A hiperaktivitás-impulzivitás a „nyugton” maradás problémájába mutatkozik meg, a személy állandóan mozgolódik, túl sokat beszél, nehezen várakozik, nehezen gátolja a viselkedését. A zavar fennállásának diagnózisához a figyelemhiány és vagy a hiperaktivitás-impulzivitás tüneteinek is jelen kell lennie, ezeknek az aránya pedig a figyelemzavaros, de hiperaktivitás mentes, figyelemhiányos vagy hiperaktív túlsúlyt jelzik a tünetek (APA, 2016). Az ADHD esetében a végrehajtó funkciók alulműködése figyelhető meg, ami miatt csökken a komplex fonológiai teljesítmény is (Tánczos & Németh, 2010).

Williams-szindrómás gyermekek téri feladatban a tipikus fejlődésű gyerekekből álló kontrollcsoportokhoz képest térképtanulási feladatban kevesebb helyes útvonalat tudnak felidézni, kevesebb támpontot tudnak meg jegyezni a térképről, és több próba kellett nekik a sikeres tanuláshoz is. A térképtanulás nehézségének mutatói összefüggnek a téri munkamemória alacsony kapacitásával (Racsmány, 2001; Racsmány et al., 2008). Ezzel ellentétesen Down-kóros gyermekek téri-vizuális kapacitása nem tér el az átlagtól, viszont fonológiai téren igen, és nehezített számukra az új szavak elsajátítása (Jarrold, 1999; Tánczos & Németh, 2010).

Skizofrénia esetén megfigyelhető a kognitív mutatók romlása, például szótanulás esetén a tudatos emlékezési/felejtési paradigmában kevésbé emlékeznek azokra az elemekre, amikre megjegyzési és vagy felejtési instrukciójuk volt, mint a kontroll. A gátló funkciók

romlása/hiánya magyarázhatja a kórkép pozitív tünetei közül az intrúzív gondolatok, a hallucinációk, perszeveratív hibák meglétét (Racsmány, 2001).

A munkamemória alrendszereinek sérülései, rendellenes működése bemutatást enged a rendszer egészséges működésébe is, láthatjuk, hogy hogyan függ össze a téri-vizuális memória a térképtanulással, vagy a fonológiai teljesítmény a szótanulással például.

A munkamemória és az akadémiai teljesítés kapcsolata

A következő rész bemutatja, hogy a munkamemóriának milyen összefüggései vannak a tanulással, arra fókuszálva, hogy a tanulás különböző témaköreiben mihez köthető a működésük leginkább. Az áttekintés fókuszában, az idegennyelv tanulás, a matematikai-fizikai képességek lesznek.

Nyelvelsajátítás, idegennyelv tanulás

A fonológiai hurok egyedfejlődésben betöltött szerepére van egy hipotézis, hogy a nyelvelsajátítás alapját szolgáló mechanizmust biztosítja a rendszer (Baddeley, 2003b). Ezt példázza PV esete is, akinek agysérülést követően jelentős fonológiai munkamemória deficitje lett (Baddeley, 2003b). Az anyanyelvén képes volt asszociációkat kialakítani szópárok között (angol: horse-castle), olyan gyorsasággal, mint a kontrollcsoport. Ezzel szemben egy számára ismeretlen nyelven (orosz: rose-svieti) ugyanezt egyáltalán nem tudta megtenni.

A fonológiai hurok nyelvtanulásban betöltött központi szerepét támogatja egy longitudinális kísérlet, melyben finn anyanyelvű gyermekek álszóismétlési terjedelme, az álszómásolási pontossága az idegennyelvi (angol) értékelő jegy jó bejósólójaként szolgált általános iskolásoknál (Service, 1992). Hong-Kong-i 7. osztályos tanulók álszóismétlési terjedelme negatív összefüggést mutatott az idegennyelvű (angol) szólista elsajátításához szükséges próbák számával (Cheung, 1996). Más metaanalízis viszont a komplex (tehát manipulációt is igénylő) fonológiai munkamemória mérés bejósoló erejét támogatja az elsődleges nyelv értésének, használatának minőségét tekintve, szemben az egyszerű tárolást mérő feladatokkal (Daneman & Merikle, 1996). A fonológiai terjedelem összefügg a szövegértési képességekkel is, a szintaktikai és pragmatikai szabályok elsajátításával is, ami elengedhetetlen képesség ahhoz, hogy valaki a tanuláshoz szükséges nagy mennyiségű információból megfelelően tudjon következtetéseket levonni (Just & Carpenter, 1992).

A fonológiai hurok teljesítménye az intelligenciánál, vagy életkornál jobb bejósoló a szókincs méretére vonatkozva (Racsmány, 2001). A fonológiai hurok működése tehát a

nyelvtanulás, bázisát adja azzal, hogy fenntartja elég ideig a rövid távú reprezentációt, hogy kialakulhasson belőle emlékenyom (Gathercole et al., 1994; Tánczos & Németh, 2010).

A fonológiai hurok működése összefügg az olvasással, a rendszer kapacitása hat az olvasástanulásra, ami visszahat, és növeli a fonológiai kapacitást (Tánczos & Németh, 2010). Az iskolai teljesítést tekintve az anyanyelvi nyelvtan és irodalom tárgy teljesítményét a téri-vizuális, és komplex verbális munkamemória jósolta be (Tánczos et al., 2014).

A matematikai képességek és a munkamemória összefüggései

A munkamemória alrészzeit tekintve a matematikai tudás kifejlődésében nem mutat egyenlő hozzájárulást. 7 évesek számrangsorolási, aritmetikai feladatokban elért pontszámában a verbális munkamemória magyarázó ereje nagyobb, mint a 8 évesek között. A mennyiségi megkülönböztetésben és számprodukcióban viszont mindkét korosztályban a téri-vizuális vázlattömböt mérő feladatok eredményei voltak jó magyarázó erejűek (Alloway & Passolunghi, 2011). A téri-vizuális terjedelem bejósolja a számismereti tudást az óvodáskor végén és az iskola kezdő éveiben pedig a matematikai teljesítményt (Fanari et al., 2019). Emellett a végrehajtó működések magas szintje jó bejósolója a matematikai teljesítménynek gyermekeknél a munkamemóriakapacitás mellett (Cragg & Gilmore, 2014).

A munkamemória területspecifikus hozzájárulását felnőtt populációban a kifejezetten magas matematikai képességekhez nem tudták igazolni egy svájci STEM (Science Technology Engineering Mathematics) fókuszú technológiai egyetem hallgatóin. A vizsgálat során a munkamemória elkülönülő részei nem függték össze erősebben a magas teljesítménnyel és a nem nagy különbségek mellett is a verbális munkamemória kapacitásával tudtak erősebb összefüggést kimutatni (Berkowitz et al., 2022). A munkamemória működésének szintje a feladatokban használt megoldási stratégiákban is szerepet játszhat (Beilock & DeCaro, 2007).

A munkamemória fontos komponense a központi végrehajtó, aminek működése gyermekeknél összefüggésbe hozható a matematikai képességek elsajátításával. Egy holland vizsgálatban, első és másodikos gyermekeknél a matematikai teljesítmény legjobb magyarázójaként a frissítés funkcionált, az ő jelenlétében a váltás és gátlás funkciója nem szolgált jó bejósólóként (Van der Ven et al., 2012). Egy másik gyermekeken végzett vizsgálat alapján a frissítés funkciója mind a verbális, mind pedig a vizuális rövidtávú kapacitással összefüggött. Ebben a vizsgálatban területspecifikus hozzájárulását látták a verbális, és vizuospeciális komponenseknek. A munkamemória a matematika és irodalom készségekhez, a

gátlás végrehajtó funkció pedig az irodalom, matematika, és természettudományok terén járult hozzá leginkább a teljesítményhez (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006).

Egy magyar kutatás azt találta, hogy gyermekek matematikai és természetismereti tantárgyi teljesítményét ugyanazok a komponensek jósolják be, a téri-vizuális és a komplex munkamemória. A természetismereti beváláshoz a fluencia feladatok eredményei járultak hozzá (Tánczos et al., 2014).

Fejleszthető-e a munkamemória?

A munkamemória nagyban hozzájárul a legtöbb magas szintű kognícióval járó intellektuális tevékenységhez, így érdekelt mind a tudományos közösség, mind pedig a felhasználói oldal abban, hogy amennyiben lehet fejleszteni ezeket a készségeket, akkor a megfelelő tréningeket kialakítsák. A fejlesztő programoknak fontos kérdése, hogy alkalmasak-e a specifikus képességek kiélesítésére. Emellett viszont, hogy a hatásosság kérdése, hogy a személy által elért új képességszint, más képességszintben is okoz-e változást. Amennyiben csak a nagyon hasonló, vagy ugyanolyan képesség fejlődik, mint amit fejlesztünk a kiválasztott feladatunkkal, akkor közeli transzferről beszélhetünk. Amennyiben a fejlesztett képességtől eltérő funkciók is javulást mutatnak, távoli transzferről, vagy generalizációról beszélhetünk (Melby-Lervåg & Hulme, 2016).

Metaanalízisek alapján a munkamemória tréningek közeli transzferre alkalmasak, a résztvevők jobb eredményeket érnek el verbális és vizuális munkamemória feladatokon, viszont a hatásos távoli transzfer irányába nem mutat sok bizonyíték, például: az intelligenciamérések eredményei nem emelkednek, aritmetikai képességek, szövegértés nem fejlődik ezektől. Kis mértékű transzfer hatás mutatható ki a kognitív kontroll, vagy a figyelem területén. Viszont meg kell jegyezni, hogy a következtetések levonását nehezíti a kísérletek metodikájának nagy mértékű változékonysága.

Az n-back feladat távoli transzferét nem sikerült megerősíteni (Chooi & Thompson, 2012; Soveri et al., 2017). A munkamemória tréning felnőttkori IQ növelő hatását, vagy az időskori kognitív hanyatlás gátlásának potenciálját nem támogatják metaanalízisek (Melby-Lervåg & Hulme, 2016). Jellemzően a specifikus feladatok teljesítésében való teljesítménynövekedésnek nagy hatásméretét találják, de a közeli és távoli transzferre más feladatokban a programok által ígért fejlődésre vonatkozóan kicsi hatásméretetek mutathatók ki (Sala et al., 2019; Schwaighofer et al., 2015).

Tanulási zavarban küzdő gyermekeknél viszont a munkamemóriafejlesztő programok rövid távon (10 hónap) megmaradó fejlesztést mutattak a fonológiai hurok és a téri-vizuális vázlattömb területén emellett szódekódolási sebességük is javult (Peijnenborgh et al., 2016). Egy, az autizmus spektrum zavarban szenvedő személyek tréningjével foglalkozó metaanalízis alapján, megfigyelhető a végrehajtó funkciók tréningjeinek hatásossága. Itt persze felhívják a szerzők a figyelmet az óvatos interpretálásra, publikációs torzítások (a pozitív eredményű cikkeket nagyobb eséllyel látja a publikum) és a tanulmányok módszertanának változó színvonala miatt (Pasqualotto et al., 2021).

A fentiek alapján elmondható, hogy a kifejezetten munkamemória feladatokkal elérhető fejlesztés felnőtteknél limitált, ha egyáltalán következtethető, hogy nem csak az adott mérésre/fejlesztésre kitalált feladatban mutat teljesítménynövekedést a személy. A feladatokban való gyakorlottsága sokszor magas lesz a személyeknek, de átvinni nem tudják komplexebb működésekbe a specifikus fejlesztéseket.

De van-e reciprok kapcsolat a munkamemória és a tanulás kapcsolatában? Vajon a nem izolált/területspecifikus kognitív tréning (amennyiben nevezhető kognitív tréningnek, és nem csak a mentális reprezentációk átfogó kiterjesztésének, gazdagításának), maga a tanulás, készségelsajátítás növelheti-e a munkamemória teljesítményét? A munkamemória tréningek, mint például egy specifikus dizájnnal rendelkező n-back feladat (Soveri et al., 2017), vajon jól modellezi-e azt a potenciált, amit az egyetemi tanulmányok jelenthetnek? Míg az egyik feladatban a személy megadott időközig lát szeriálisan egy-egy betűt és döntést hoz azokról, addig a másik feladatban elméleti konstruktumok, bonyolult komplex mentális működést igénylő elméletek elsajátítását és azok gyakorlati implementálását viszi véghez. Láthatjuk, hogy az egyik a frissítés mechanizmusának elemi megragadása a méréshez elegendő, míg a másik a „való élet” oly komplexitását hordozza magában, aminek csak kis részét tudja megragadni az n-back feladat. Emellett nem csak rövid ideig (amennyiben rövidnek nevezhető például 10 hónap), hanem éveken keresztül tart ez a „tréning”. Okozhat-e az egyetemi tanulmány fejlődést a mutatókban, megterhelő, intenzív, és rendszerességet igénylő hosszútávú munkával?

Összefoglalva, a munkamemória különböző alrendszerei, összefüggésbe hozhatóak az iskolai teljesítmény különböző területeivel. A fonológiai hurok kapacitása bejósolja az anyanyelvi és idegennyelvi szókincs elsajátítását (Baddeley, 2003b; Cheung, 1996; Service, 1992). A munkamemória különböző tantárgyakkal való kapcsolata nem egyöntetű. Az anyanyelvi irodalom és nyelvtan tanulást bejósolja a komplex fonológiai kapacitás, és a téri-vizuális kapacitás is (Tánczos és mtsai., 2014). A nyelv értésével, annak használatának

minőségével, az olvasástanulással és a szövegértéssel is összefügg a komplex verbális kapacitás (Daneman & Merikle, 1996; Just & Carpenter, 1992; Tánczos & Németh, 2010). A matematikai, és természettudományi bevalást úgy tűnik a végrehajtó funkciók mellett a verbális és téri komplex munkamemória teljesítménye is bejósolja (Berkowitz és mtsai., 2022; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Tánczos és mtsai., 2014).

A fent említett irodalmak mentén, annak a vizsgálatára, hogy kimutathatóak-e humán-reál megkülönböztetés alapján különbségek a munkamemória teljesítményében a személyeknek, egyetemisták végeztek el a kutatás feladatait. A résztvevők fonológiai hurok a kapacitását az álszóismétlési teszt (Gathercole és mtsai., 1994; Racsmány és mtsai., 2005) és a számterjedelem teszt előre mérte, a komplex tárolási kapacitást a számterjedelem vissza feladat (Jacobs, 1887; Racsmány és mtsai., 2005). A téri-vizuális vázlattömb kapacitását a corsi-kockák előre teszt és komplex kapacitását a vissza feladat mérte (Corsi, 1972). A központi végrehajtó működését végrehajtó funkció mérő feladatokkal teszteltük, a gátlás funkciót a stroop teszttel (Stroop, 1935), a frissítés funkciót az n-back feladattal (Kirchner, 1958), a váltás funkciót a trail making teszttel (Partington & Leiter, 1949). Célunk az alábbi hipotézisek tesztelése volt:

Hipotézisek

H1.Az egyetemi szak hatása kimutatható specifikus munkamemória területeken. Ezek szerint:

- A. A humán csoport jobb teljesítményt mutat a fonológiai hurok működését mérő feladatokban.
- B. A reál csoport jobb teljesítményt mutat a téri-vizuális rövidtávú memória mérési feladatokban.
- C. A reál csoport jobb teljesítményt mutat a végrehajtó működést mérő feladatokban.
- D. A reál csoport jobb eredményt ér el a komplex terjedelmi feladatokban.

H2.A képzés idejének hatása kimutatható a hallgatók teljesítményében.

H3.A résztvevők eredményei között megkülönböztethető reál és humán képességmintázat.

Módszer

Résztvevők

A mintába sorolás egyetemi szak alapján történt. A humán csoportot nyelvi szakosok, és nyelvszakos tanár hallgatók alkották (n=31). A reál csoportot mérnök szakos hallgatók alkották, illetve matematika, és fizika szakos tanár hallgatók (n=32). Azok kerültek idő alapján az első csoportba, akik az első vagy második évük elején jártak (n=35). A harmadik év kezdetétől vagy az felett a képzési idő szerinti második csoportba kerültek a résztvevők (n=28). A csoportok leíró statisztikái az 1. és 2. Táblázatában találhatóak. A kezdeti 74 kitöltőből 9 tanár szakos személy adata nem került a végső elemzésbe, mivel az egyik szakpárjuk a nyelvészet mellett valamilyen természettudomány volt, ezzel a csoportosítás elméleti alapja miatt jelentettek problémát, egy másik személy adata az online tesztelés technikai nehézsége miatt lett félbeszakítva. A résztvevőket a közösségi médián keresztül kerestük meg alapvetően, vagy egyetemi előadásokon kértük meg őket a részvételre, a toborzás kényelmi-, és hólabda módszerrel történt. Az adatgyűjtés anonim módon történt. Az adatfelvétel egy nyugodt környezetű egyetemi teremben történt, 11 résztvevő online TeamViewer-en keresztül oldotta meg a feladatokat, az ő papír alapú eredményeik hiányoznak. A résztvevők nagyjából 1 óra alatt tudták megoldani a feladatokat. A résztvevők a tesztfelvétel helyére való megérkezésük után egy beleegyező nyilatkozatot töltöttek ki, majd elkezdték a feladatok megoldását. Alkalomtól függően, az adatgyűjtő otthonában (kollégiumi szobában, vagy egy családi ház szobájában), vagy az egyetem egyik üres termében dolgoztak. Minden esetben nyugodt, csendes körülmények voltak biztosítva.

1. Táblázat:

A csoportok nemi és életkori eloszlásai

Csoport		Nemek eloszlása					Életkor	
Szak	Képzési idő	Férfi	Nő	N	M	SD	Minimum	Maximum
Humán	Képzése elején	7	9	16	19,75	0,86	18	21
	Képzése vége felé	5	10	15	20,933	0,7	20	22
Reál	Képzése elején	13	6	19	19,684	0,82	19	22
	Képzése vége felé	7	6	13	22,615	1,85	21	27
Szak	Humán	12	19	31	20,32	0,98	18	22
	Reál	20	12	32	20,875	1,96	19	27
	Képzés elején	20	15	35	19,71	0,85	18	22

Képzési idő	Képzés vége felé	12	16	28	21,71	1,58	20	27
-------------	------------------	----	----	----	-------	------	----	----

2. Táblázat:

Évfolyamok aránya a csoportokban

Csoport	Évfolyam	Gyakoriság	%
Humán képzés elején	1	11	68,75
	2	5	31,25
	Total	16	100,00
Humán képzés vége felé járók	3	15	100,00
	Total	15	100,00
Reál képzés elején	1	16	84,21
	2	3	15,79
	Total	19	100,00
Reál képzés vége felé járók	3	9	69,23
	4	2	15,39
	5	1	7,69
	6	1	7,69
	Total	13	100,00

Mérőeszközök

A Trail Making Test A és B kivételével minden tesztet elektronikusan az E-Prime 3.0 szoftveren vettünk fel (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA).

Fonológiai hurok mérése

A fonológiai hurok méréséhez az Álszóismétlési Tesztet és a Számterjedelem Teszt előre és vissza verzióját végezték el (Gathercole et al., 1994; Jacobs, 1887; Racsmány et al., 2005).

Álszóismétlési teszt

Az álszóismétlési teszt során a résztvevők a magyar nyelv fonotaktikai struktúráját követő értelmetlen szavakat hallanak (Gathercole et al., 1994; Racsmány et al., 2005). A terjedelem aszerint van meghatározva, hogy hány szótagos a szó. 1-től 9-ig terjedt a szótaghosszúság, minden adott hosszúságon 4 ingert hallott a vizsgálati személy, abból pedig legalább 2 elemet helyesen kellett visszamondania ahhoz, hogy a következő terjedelemhez jusson.

Számterjedelem tesztek

A Számterjedelem Tesztek során a vizsgálati személyek fejhallgatón keresztül 2-9 elem hosszúságú számsorokat hallottak, majd ezeket a hallott sorrendben kellett leírniuk a laptopon, amin a feladatot végezték (Jacobs, 1887; Racsmány et al., 2005). Egy adott hosszúságból minimum két sikeres próba kellett a továbbjutáshoz. A második feladat során a számsorokat fordítva kellett, hogy visszagépeljék.

Téri-vizuális vázlattömb mérése

Corsi-kockák

A téri-vizuális vázlattömb kapacitását mérő feladat a Corsi-kockák teszt volt (Corsi, 1972). A feladat során a laptop kijelzőjén egy 4x4-es rácson felvillanó négyzetekből álló sorozatokat kellett megjegyezniük a vizsgálati személyeknek, majd vissza kellett kattintaniuk azokat. 2-től 9-ig tartott a hosszúsága a sorozatoknak, minden terjedelmen 4 sorozatot láttak, abból kettőt kellett teljesíteniük ahhoz, hogy tovább jussanak. Az első feladatként a látott sorrendben, utána a másodikban megfordítva kellett visszaadniuk a sorozatot.

Központi végrehajtó tesztelése

A központi végrehajtó működésének mérésére három feladat szolgált. A gátlás funkcióját a Stroop-feladat, a frissítés funkcióját az n-back feladat, a váltást pedig a Trail Making Test A & B feladat.

Stroop feladat

A Stroop feladat során a személyeknek négy színt kellett megjegyezniük, majd a felvillanó szavak tinta színére kellett reagálniuk. A kontroll feltétel az xxx-ek sorozata volt. Ezen kívül voltak kongruens, és inkongruens próbák. A kongruens próbák során színnevek jelentek meg, de megegyező tintaszínnel. Az inkongruens próbák során a használt tintaszín, és a leírt színnév között jelentés rivalizáció történik, így hosszabb lesz a reakcióidő, mivel le kell gátolnia a vizsgálati személynek az automatikus olvasás által generált prepotens válaszokat (Stroop, 1935). A végső pontszámot a helyesen megválaszolt inkongruens és kongruens próbák reakcióidő különbsége adta.

N-back feladat

Az N-back feladat során a személyek egyenként láttak megjelenni betűket a laptop kijelzőjén, majd azt kellett eldönteniük, hogy megegyezik-e az n számmal előttivel (Kirchner, 1958). Az egy-back feltételben a vizsgálati személynek azt kellett észrevenni, ha egy betű kétszer annyi ideig van a képernyőn, mint a többi. A kettő-back feltételben már egy betű beékelődik a keresett betű, és aközé, amire emlékezni kell. A legnehezebb a négyet-vissza volt. A feladat során arra van szüksége a vizsgálati személynek, hogy állandóan frissítse a mentális reprezentációt, ami alapján döntenie kellett az éppen látott betűről, levágva az irreleváns betűket, majd hozzáadva az újakat. A feladat végső pontszámát a 2-, 3-, 4-back próbák összesített mutatója adta.

Trail Making Test A & B

A Trail Making Test A & B feladat a váltás funkcióit méri (Partington & Leiter, 1949). A feladat A részénél az a feladata a vizsgálati személynek, hogy növekvő sorban kössön össze köröket, amikben számok vannak 1-től 25-ig. A B feltételben viszont a számokat mindig az angol abc megfelelő betűjének kell követnie, tehát váltogatnia kell a személynek a szám és betű szabály között. A végső eredményét az eszköznek a B és A rész reakcióidő különbsége adta.

Statisztikai módszer

A kapott eredményeken egy 2x2-es ANOVA-t alkalmaztam. Két dichotóm változó hatását vizsgáltam, a képzési időét és az egyetemi szakét. Ezeket a tesztek az SPSS.28. programban futtattam le.

Emellett az adatokon klaszteranalízist is végeztem, hogy teszteljem, azonosítható-e valamilyen képesség mintázat, aminek a segítségével differenciálni lehet a hallgatók között. Ezt az elemzést a JASP 0.16.4.0 programban végeztem el.

Eredmények

A változók összesített leíró statisztikáit az 4. Táblázat mutatja, az 5. Táblázat pedig csoportokra tartalmazza a leíró statisztikákat. Ahogy láthatjuk a csoportok változóinak legnagyobb része nem normális eloszlást követ. Így az ANOVA tesztek bootstrapping eljárással is elvégeztem, a szignifikáns kapcsolatok ezután sem módosultak.

4. Táblázat:

Változók leíró statisztikái

Teszt	N	Hiányzó adat	<i>M</i>	<i>SD</i>	Shapiro- Wilk	Shapiro-Wilk <i>p</i> -értéke	Min.	Max.
Álszóterjedelem	63	0	6,619	1,113	0,884	< ,001	4,000	9,000
Számterjedelem	63	0	6,873	1,100	0,875	< ,001	4,000	9,000
Számterjedelem vissza	63	0	5,937	1,343	0,877	< ,001	1,000	9,000
Corsi-oda	63	0	5,238	0,856	0,814	< ,001	3,000	7,000
Corsi-vissza	63	0	4,603	0,890	0,884	< ,001	3,000	7,000
N-back Összpontszám	63	0	17,730	5,609	0,958	0,029	6,000	29,000
Trail Making Teszt B-A	52	11	27,097	20,49 0	0,820	< ,001	0,890	88,010
Stroop Inkongruens- kongruens	62	1	157,565	174,5 29	0,948	0,011	-209,000	839,500

5. Táblázat:

A csoportok leíró statisztikái

Teszt	Csoport	<i>N</i>	Hiányzó adat	<i>M</i>	<i>SD</i>	Min,	Max,	Shapiro- Wilk	Shapiro- Wilk <i>p</i> - értéke
Álszóterjedelem	H1	16	0	6,188	1,328	4	8	0,865	0,023*
	H2	15	0	7,2	0,676	6	9	0,705	< ,001*
	R1	19	0	6,211	1,032	5	8	0,866	0,012*
	R2	13	0	7,077	0,954	5	9	0,851	0,030*
Számterjedelem	H1	16	0	6,875	1,408	4	9	0,936	0,305
	H2	15	0	6,467	1,125	5	9	0,822	0,007*
	R1	19	0	7,158	0,834	6	9	0,782	< ,001*
	R2	13	0	6,923	0,954	5	8	0,742	0,001*
Számterjedelem vissza	H1	16	0	5,75	1,183	4	7	0,764	< ,001*
	H2	15	0	5,133	1,598	1	8	0,857	0,021*
	R1	19	0	6,211	1,084	4	8	0,858	0,009*
	R2	13	0	6,692	1,109	5	9	0,908	0,175
Corsi-oda	H1	16	0	5	0,894	3	7	0,845	0,011*
	H2	15	0	5,067	0,704	3	6	0,651	< ,001*
	R1	19	0	5,316	0,946	3	7	0,869	0,014*
	R2	13	0	5,615	0,768	5	7	0,756	0,002*
Corsi-vissza	H1	16	0	4,75	0,856	3	6	0,884	0,044*

	H2	15	0	4	0,756	3	5	0,823	0,007*
	R1	19	0	4,684	0,671	4	6	0,781	< ,001*
	R2	13	0	5	1,08	4	7	0,811	0,009*
N-back Összpontszám	H1	16	0	15,56	5,266	6	24	0,963	0,717
	H2	15	0	16,93	7,304	6	29	0,944	0,429
	R1	19	0	17,84	4,22	7	23	0,92	0,113
	R2	13	0	21,15	4,375	10	27	0,885	0,083
Trail Making Test B-A	H1	16	0	36,49	28,09	9,48	88	0,782	0,002*
	H2	13	2	25,87	18,3	0,89	63,7	0,885	0,084
	R1	16	3	22,6	10,1	8,13	41,2	0,935	0,291
	R2	7	6	18,19	16,94	1,81	53,5	0,819	0,062
Stroop Inkongruens- kongruens	H1	16	0	193,3	158,6	-119	513	0,991	1
	H2	15	0	99,6	187	-209	417	0,96	0,697
	R1	19	0	177,3	215,3	-30	840	0,794	< ,001*
	R2	12	1	151,2	84,37	- 12,5	256	0,825	0,019*

Megjegyzés: Csoport oszlop jelölései: H=Humán, R=Reál, 1=Képzés elején járók, 2=Képzés vége felé járók

Hiányzó adatpont a Stroop teszt esetén a reál csoportban, a képzésben később járók között egy esetben volt, mivel az alany szintévesztő volt, így nem tudta elvégezni a feladatot. A Trail Making Teszt esetén viszont 11 résztvevő adata hiányzik, mivel ők online végezték a teszteket, így a papír alapúakat nem tudták megoldani.

ANOVA eredmények

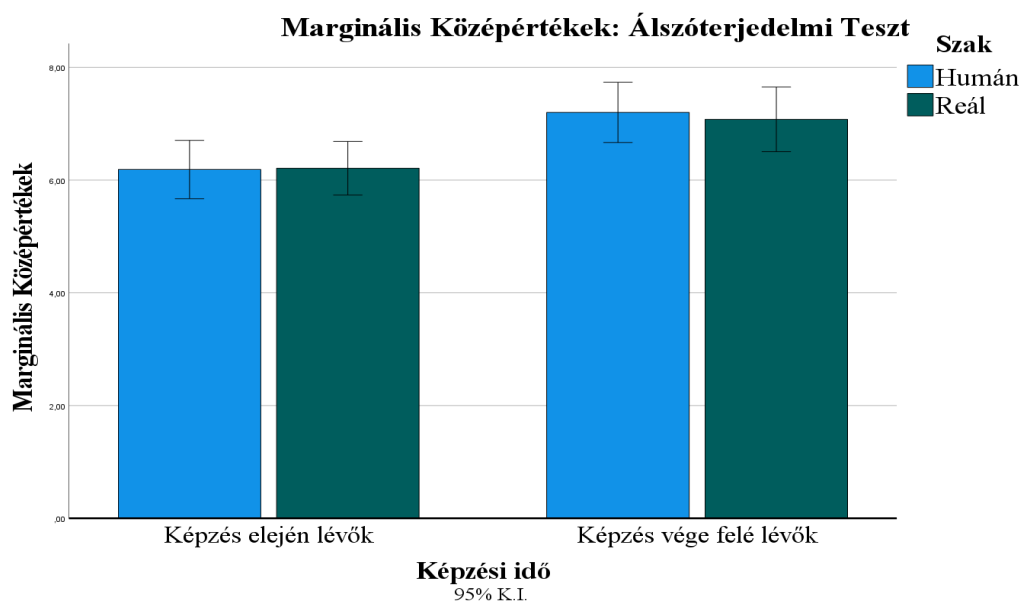
Fonológiai hurok mérése

Álszóismétlési teszt

Az álszóismétlési teszt eredményeiben az egyetemi szak főhatását nem lehetett kimutatni $F(1,59)=0,036$, $p=0,850$, $\eta_p^2=0,001$. Ezzel szemben, a képzési idő főhatása megmutatkozott az adatokban $F(1,59)=12,795$, $p=0,001^*$, $\eta_p^2=0,178$. Interakciós nem mutatkozott $F(1,59)=0,077$, $p=0,782$, $\eta_p^2=0,001$. A főhatás a képzési idő szerint később járók eredményeiben mutatkozott jobb teljesítményben $M_{\text{különbség}}=0,94$, $p<0,001^*$, K.I.=[-1,465, -0,414]. Az eredmények az 1. ábrán láthatóak.

1.Ábra:

Álszóismétlési Teszt eredmények

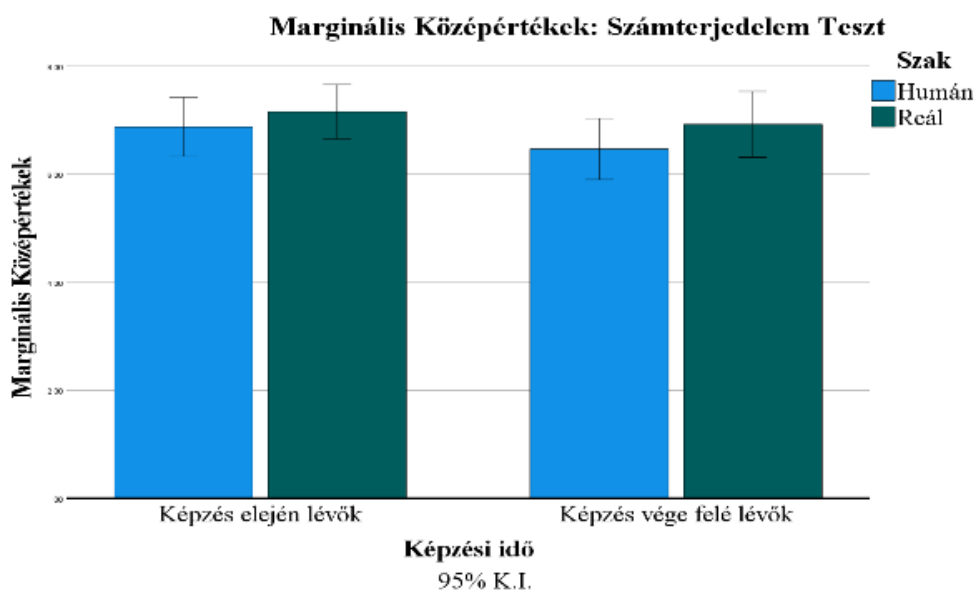


Számterjedelem tesztek

A Számterjedelem előre teszten nem volt fellelhető szak főhatás $F(1,59)=1,757$, $p=0,190$, $\eta_p^2=0,029$, se képzési idő főhatás $F(1,59)=1,330$, $p=0,253$, $\eta_p^2=0,022$, se interakció $F(1,59)=0,097$, $p=0,757$, $\eta_p^2=0,002$. A csoportok teljesítményét a teszteken 2. Ábrán láthatjuk.

2.Ábra:

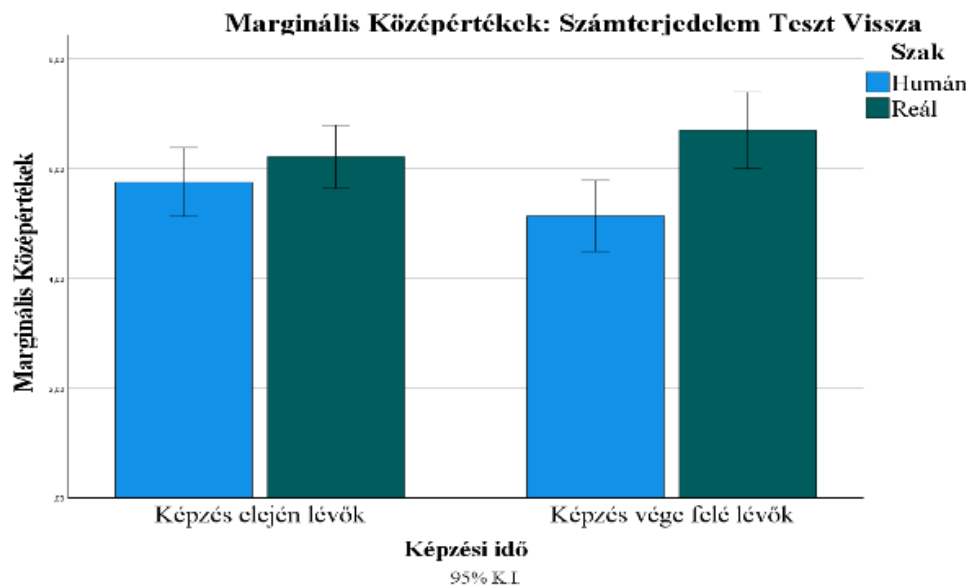
Számterjedelem Teszt eredmények



A fordított számterjedelem teszten viszont kimutatható szak főhatás $F(1,59)=10,037, p=0,002^*$, $\eta_p^2=0,145$. Képzési idő főhatás nem volt látható $F(1,59)=1,330, p=0,253, \eta_p^2=0,022$, se interakció $F(1,59)=2,970, p=0,090, \eta_p^2=0,048$. A reál csoport teljesített jobban $M_{\text{különbség}}=1,01, p=0,002^*, K.I.=[0,372, 1,648]$. Az eredmények a 3. ábrán láthatóak.

3. Ábra:

Számterjedelem Teszt Vissza eredmények

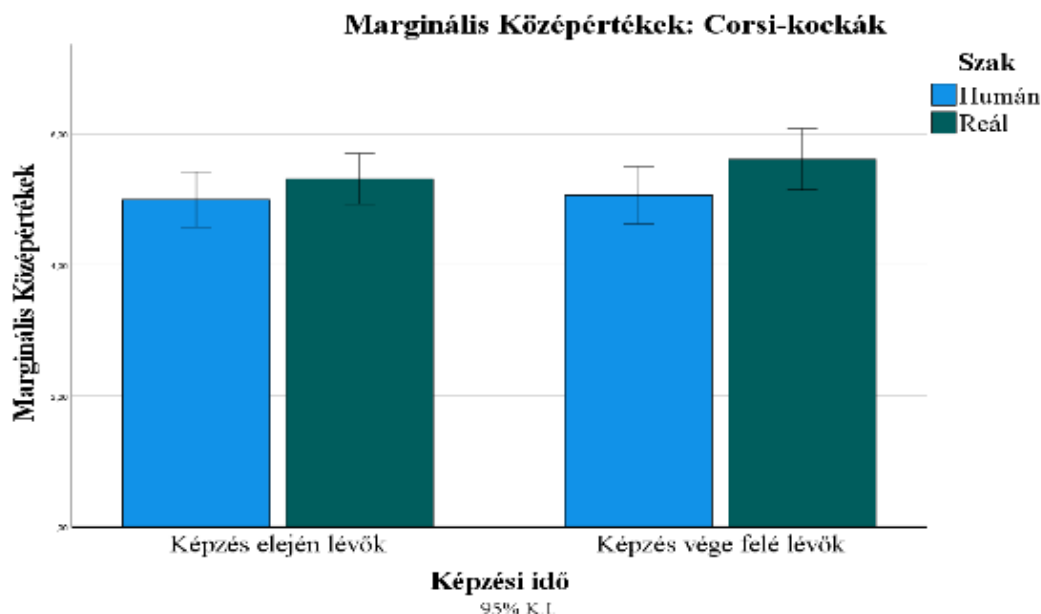


Téri-vizuális Vázlattömb mérése

Corsi-kockák előre

Szak főhatás mutatkozott a Corsi-kockák teszt eredményekben $F(1,59)=4,047, p=0,049^*$, $\eta_p^2=0,064$. Idői hatás nem volt megfigyelhető $F(1,59)=0,726, p=0,398, \eta_p^2=0,012$. Interakció nem mutatkozott $F(1,59)=0,294, p=0,590, \eta_p^2=0,005$. Az átlagok összehasonlítása alapján a reál csoport teljesített jobban $M_{\text{különbség}}=0,432 p=0,049^*, K.I.=[0,002, 0,862]$.

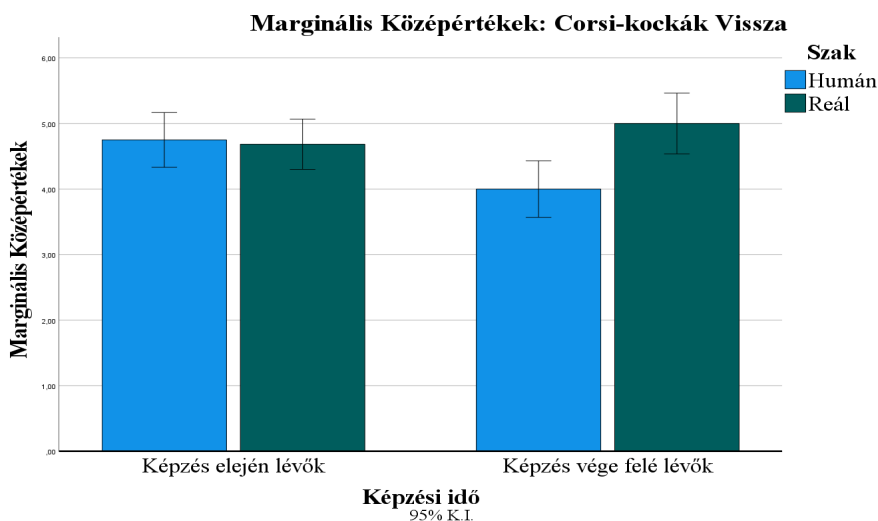
4. Ábra:
Corsi-kockák teszt eredmények



Corsi-kockák vissza

A Corsi-kockák vissza feladatban szak főhatás jelentkezett $F(1,59)=4,842$, $p=0,032^*$, $\eta_p^2=0,076$. Idői hatás nem mutatkozott $F(1,59)=1,046$, $p=0,311$, $\eta_p^2=0,017$. Interakció viszont mutatkozott a Corsi vissza teszten $F(1,59)=6,302$, $p=0,015^*$, $\eta_p^2=0,097$. A főhatás a reál csoport teljesítmény előnyében volt látható $M_{\text{különbség}}=0,467$, $p=0,032^*$, K.I.=[-0,892, -0,042]. Az interakció ellenőrzésére egyutas ANOVA-t végeztem a képzésük vége felé járó reál, és humán csoport között, mely szignifikáns hatást mutatott $F(1,26)=8,231$, $p=0,008$, $\eta_p^2=0,24$.

5. Ábra:
Corsi-kockák Vissza Teszt eredmények



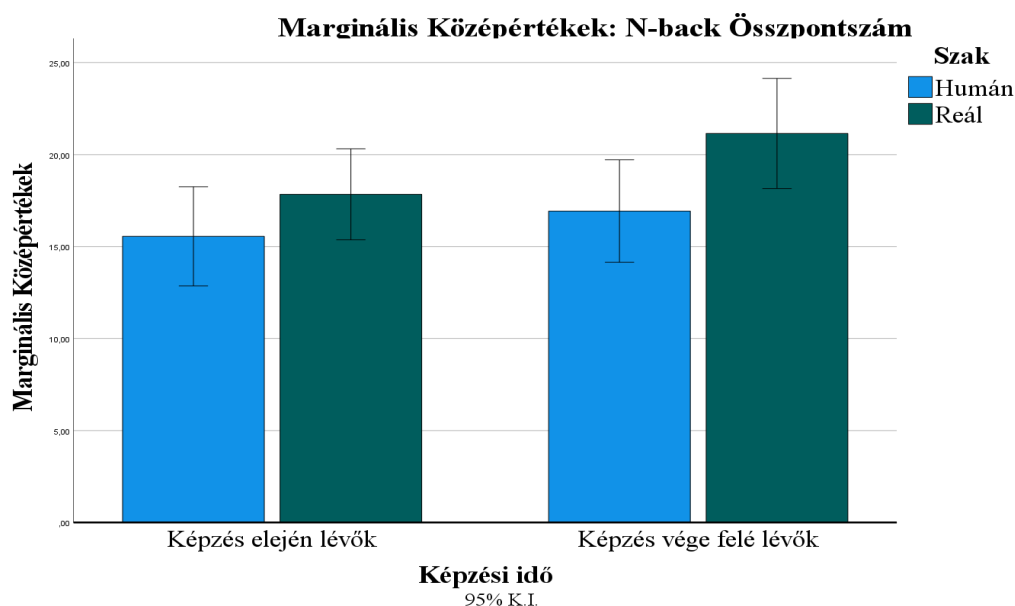
Végrehajtó funkciók mérése

N-back feladat

Az N-back feladat összesített pontszámában kimutatható volt a mérnök szakos hallgatók előnye $F(1,59)=5,624$, $p=0,021$, $\eta_p^2=0,087$. Idői hatás $F(1,59)=2,919$, $p=0,093$, $\eta_p^2=0,047$, vagy interakció nem jelentkezett $F(1,59)=0,501$, $p=0,482$, $\eta_p^2=0,008$. A post hoc tesztek alapján a mérnökök érték el magasabb pontokat $M_{\text{különbség}}=3,25$, $p=0,021^*$, K.I.=[0,508, 5,992]. Az eredményeket a 6. Ábrán láthatjuk.

6. Ábra:

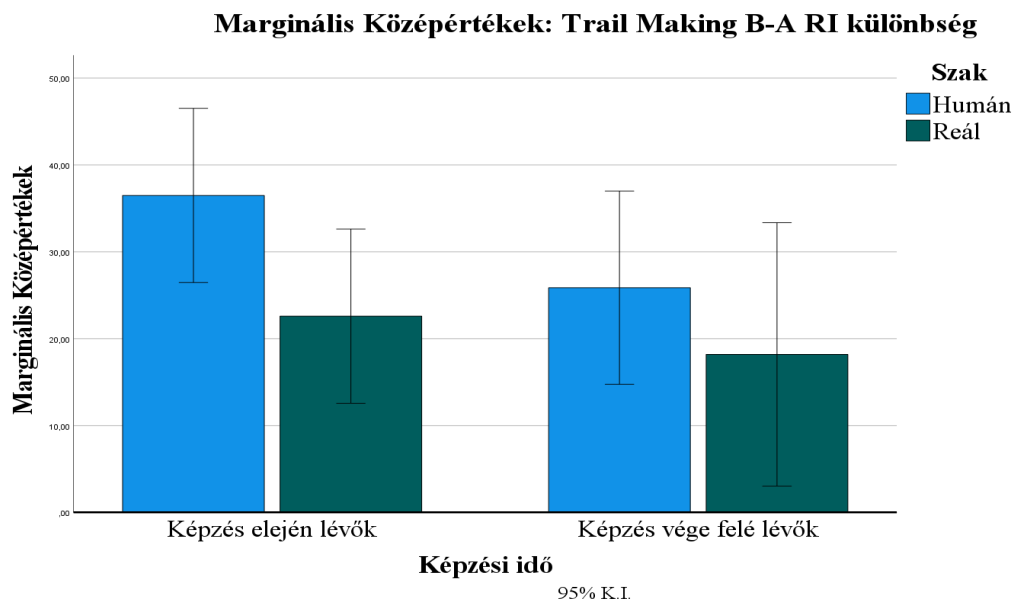
N-back feladat eredmények



Trail Making Teszt A és B

A Trail Making Teszt B-A reakcióidő különbségében nem volt kimutatható se szak $F(1,48)=3,387$, $p=0,072$, $\eta_p^2=0,066$, se idői $F(1,48)=1,645$, $p=0,206$, $\eta_p^2=0,033$, se interakciós hatás $F(1,48)=0,281$, $p=0,598$, $\eta_p^2=0,006$. Az eredményeket a 7. Ábrán láthatjuk. A szignifikáns hatások megtalálásához nagyobb elemszám kellett volna, de sajnos sok hiányzó adatpont van ebben a feladatban.

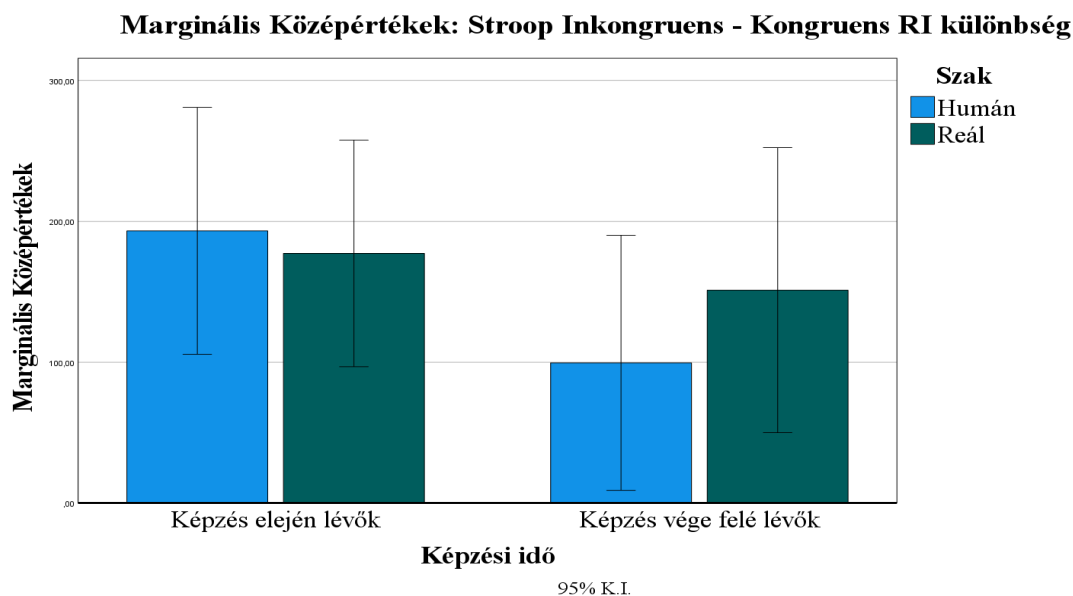
7. Ábra:
Trail Making Teszt eredmények



Stroop Teszt

A Stroop Tesztben nem mutatott befolyásoló hatást se az egyetemi szakosodás $F(1,58)=0,156$, $p=0,695$, $\eta_p^2=0,003$, se a tanulmányok ideje $F(1,58)=1,765$, $p=0,189$, $\eta_p^2=0,03$, és kölcsönhatás se volt megfigyelhető $F(1,58)=0,561$, $p=0,457$, $\eta_p^2=0,01$. Az adatokat a 8. Ábrán lehet látni.

8. Ábra:
A Stroop feladat eredmények



A megtalált szignifikáns hatások hatásméreteiket tekintve négyen közepesek ($\eta_p^2 > 0,06$) és ketten nagy hatásméretűek ($\eta_p^2 > 0,14$). A 18 nem szignifikáns hatás (4 szak, 7 képzési idő, 7

interakciós) esetében a mutatók kis hatásméreteket mutatnak. A szignifikáns hatásokat a 6. és 7. Táblázat foglalja össze.

6. Táblázat:

Szignifikáns hatások összefoglalása

Munkamemória területe	Változó	Hatás típusa	F(1,59)	p-érték	η^2
Fonológiai hurok	Álszóismétlés	Képzési idő	12,795	0,001*	0,178
	Számterjedelem visszafelé	Szak	10,037	0,002*	0,145
Téri-vizuális vázlattömb	Corsi	Szak	1,047	0,049*	0,064
	Corsi vissza	Szak	4,842	0,032*	0,076
	Corsi vissza	Szak*Képzési idő	6,302	0,015*	0,097
Végrehajtó funkciók	N-back szum	Szak	5,624	0,021*	0,087

7. Táblázat:

Csoportok szignifikáns átlag különbségei

Munkamemória területe	Változó	Hatás típusa	Magasabb M	Alacsonyabb M	Páros összehasonlítás			K.I.	
					M különbség	SE	p-érték	Alsó	Felső
Fonológiai hurok	Álszóismétlés	Képzési idő	Képzés vége felé lévők	Képzés elején lévők	,939*	0,263	0,001	-1,465	-0,414
	Számterjedelem visszafelé	Szak	Reál	Humán	1,010*	0,319	0,002	0,372	1,648
Téri-vizuális vázlattömb	Corsi	Szak	Reál	Humán	,432*	0,215	0,049	0,002	0,862
	Corsi vissza	Szak	Reál	Humán	,467*	0,212	0,032	0,042	0,892
Végrehajtó funkciók	N-back szum	Szak	Reál	Humán	3,250*	1,370	0,021	0,508	5,992

A klaszteranalízis eredményei

Az adatok klaszterekbe sorolását Szomszédsági-Alapú Klaszteranalízissel, végeztem (Neighborhood-Based Clustering, K-Means Clustering). Az adatokat, hogy a különböző skálázású mérőeszközöket is felhasználhassam, z-transzformáltam. Hiányzó adatpont esetén, az eljárásból kiesik az a résztvevő, akinek legalább egy adatpontja hiányzik az egyik felhasznált változón. Emiatt a Trail Making Test A & B feladat eredményeit nem vettem figyelembe a klaszterek képzésekor, mivel akkor 11 résztvevő adata veszett volna el.

Az adatra legjobban illeszkedő modell a BIC pontszám szerint lett kiválasztva. Az AIC érték optimalizálása magában hordozza a túlillesztés veszélyét, míg a BIC inkább képviseli az „aranyközéputat”. A Silhouette érték használata alul illesztéshez is vezethet. A kiválasztott csoportosítás $k=4$, négy indexből 3-on közepesen jó megoldásnak mutatkozik a választott k érték. Emellett a túl és alul illesztés a későbbi eredményértelmezést jelentősen nehezítené. A lehetséges modelleket a 8. Táblázat foglalja össze. A 9. Táblázatban olvashatóak a kiválasztott $k=4$ változóihoz rendelt klaszter középpontok, a 9. Ábrán pedig láthatjuk azoknak a vizuális ábrázolását. A 10. Táblázatban pedig a klaszterek leíró statisztikáit láthatjuk.

8. Táblázat:

K-átlag csoportosítás mutatói

k	N	R^2	AIC	BIC	Silhouette	Max. átmérő	Min. elválasztás	Pearson's γ	DI	E	CH
2	62	0,24	354,36	384,14	0,22	7,50	1,47	0,41	0,20	0,65	18,50
4	62	0,42	302,99	362,55	0,17	5,86	1,04	0,43	0,18	1,36	14,09
8	62	0,60	282,39	401,51	0,19	4,92	1,18	0,42	0,24	1,98	11,62

Megjegyzés: a sötéttel jelölt értékek azt jelzik, hogy a statisztikai szoftver melyik értékre optimalizálta a csoportosítást. AIC=Akaike Információs Kritérium, BIC=Bayesiánus Információs Kritérium DI =Dunn index, E =Entrópia, CH =Calinski Harabasz index

A klaszterek a variancia 42%-át tudják megmagyarázni. A Silhouette érték -1 és 1 között terjedhet, ahol -1 esetében minden adat a lehető legrosszabbul lett besorolva, 1 pedig az ahol a legoptimálisabban. A 0 körüli értékek a képzett csoportok közötti átfedésre utalnak. A modell Silhouette értékei jelentős átfedésekre utalnak az adatban (6., és 7. Táblázat).

A klaszter megoldás entrópia mutatója $E=1,36$, ahol ha $E=0$ akkor a legnagyobb a rendezettség van az adatokban, míg az e feletti értékek nem tiszta csoportokra utalnak. $CH=14$, ami a saját klaszterrel való kohéziót, és más klaszterektől való szeparáció mértékét méri. Más lehetséges modellek közül ($CH_{k2}=18,5, CH_{k8}=11,62$) a $k=4$ ez a középső érték. A $DI = 0,18$, ami alacsony. Pearson's $\gamma=0,43$, ami a legmagasabb a modellek között.

A megmagyarázott klaszteren belüli heterogenitás arányát, és a Silhouette pontszámát figyelembe véve (lásd: 9. Táblázat) az mondható, hogy a klasztereken belül nem a lehető leghomogénebbek, és a klaszterek között pedig nem elég nagy a heterogenitás.

9. Táblázat:

Klaszter eredmények

Klaszter	1	2	3	4
N	17	15	10	20
Megmagyarázott klaszteren belüli heterogenitás arány	0,36	0,23	0,18	0,23
Klaszteren belüli négyzetek összege	89,36	56,76	44,51	56,37
Silhouette pontszám	0,10	0,14	0,13	0,28
Klaszter középpontok (normalizált adatok)	1	2	3	4
Álszóterjedelem	-0,33	0,48	-1,35	0,59
Számterjedelem	-0,79	1,02	0,12	-0,15
Számterjedelem vissza	-0,95	0,85	0,13	0,10
Corsi	-0,74	0,83	0,20	-0,09
Corsi vissza	-0,55	0,96	0,55	-0,52
N-back szum	-1,23	0,63	0,22	0,46
Stroop inkongruens-kongruens RI különbség	0,38	-0,51	0,69	-0,28

10. Táblázat:

A klaszterek változóinak leíró statisztikája

Teszt	Klaszter	N	M	SD	Min.	Max.
Álszóterjedelem	1	17	6,235	0,97	5	8
	2	15	7,133	0,915	5	9
	3	10	5,1	0,568	4	6
	4	20	7,25	0,639	6	9
Számterjedelem	1	17	6	1	4	7
	2	15	8	0,756	7	9
	3	10	7	0,943	5	9
	4	20	6,7	0,733	5	8
Számterjedelem vissza	1	17	4,647	1,222	1	7
	2	15	7,067	0,884	5	9
	3	10	6,1	1,101	5	8
	4	20	6,05	0,945	5	7

Corsi	1	17	4,588	0,939	3	6
	2	15	5,933	0,884	5	7
	3	10	5,4	0,516	5	6
	4	20	5,15	0,366	5	6
Corsi vissza	1	17	4,118	0,857	3	6
	2	15	5,467	0,64	5	7
	3	10	5,1	0,738	4	6
	4	20	4,15	0,489	3	5
N-back szum	1	17	10,824	3,283	6	18
	2	15	21,333	3,638	16	29
	3	10	19	3,464	15	26
	4	20	20,35	4,12	7	25
Stroop inkongruens- kongruens RI különbség	1	17	223,38	148,37	-84	513
	2	15	68,9	121,7	-119	310
	3	10	277,85	238,72	40,5	840
	4	20	107,98	145,13	-209	395

A klaszterek jellemzése

A klaszterközéppontok vizuális megjelenítését a 9. ábrán láthatjuk, a szak és képzési idő szerinti jellemzést a 10. Táblázat foglalja össze.

1. Klaszter

Az 1-es klaszter az álszóismétlési teszt és a stroop teszt kivételével minden változón a legalacsonyabb középponttal rendelkezett az átlag alatt. A klaszterben ($n=17$) 14 humán szakos (82,25%), és 3 reál szakos (17,75%) hallgató volt. A képzési idő szerint előbb lévők közül 9-en (53,4%), képzésben később lévők 8-an voltak (47%). A képzési idők képviseltsége egyenlő a klaszterben. A résztvevők 27% sorolódott ebbe a csoportba.

A csoport a munkamemóriaterületek szerint úgy jellemezhető, mint ami átlag alatti fonológiai hurok, téri-vizuális vázlattömb, és végrehajtó funkciókkal rendelkezik.

2. Klaszter

A 2-es klaszter az álszó- és számterjedelem mutatók kivételével a legmagasabb középpontokkal rendelkezik. Ebbe a klaszterbe 15-en kerültek, 7 humán (46,66%), és 8 reál (53,33%) hallgató. 9 képzési idejében előbb (60%), 6 később járó (40%). A résztvevők 24% került ebbe a klaszterbe.

A csoport átlag feletti mind a fonológiai, mind téri-vizuális teljesítményében, és végrehajtó funkcióiban is.

3. Klaszter

A 3-as klaszternek volt a legalacsonyabb álszóterjedelem központja, és legmagasabb stroop interferencia pontszáma (ami ellentétes irányú, mint a többi változó, tehát az átlag felettieknek van a legmagasabb reakcióideje, ami „nem jó”). Minden más változóban az átlaghoz közelítenek. 2 humán (20%) és 8 reális (80%) alkotta a klasztert ($n=10$), 9-en képzésük elején (90%), 1 ember volt később képzésében (10%). A minta 15,9% volt képviselve ebben a csoportban.

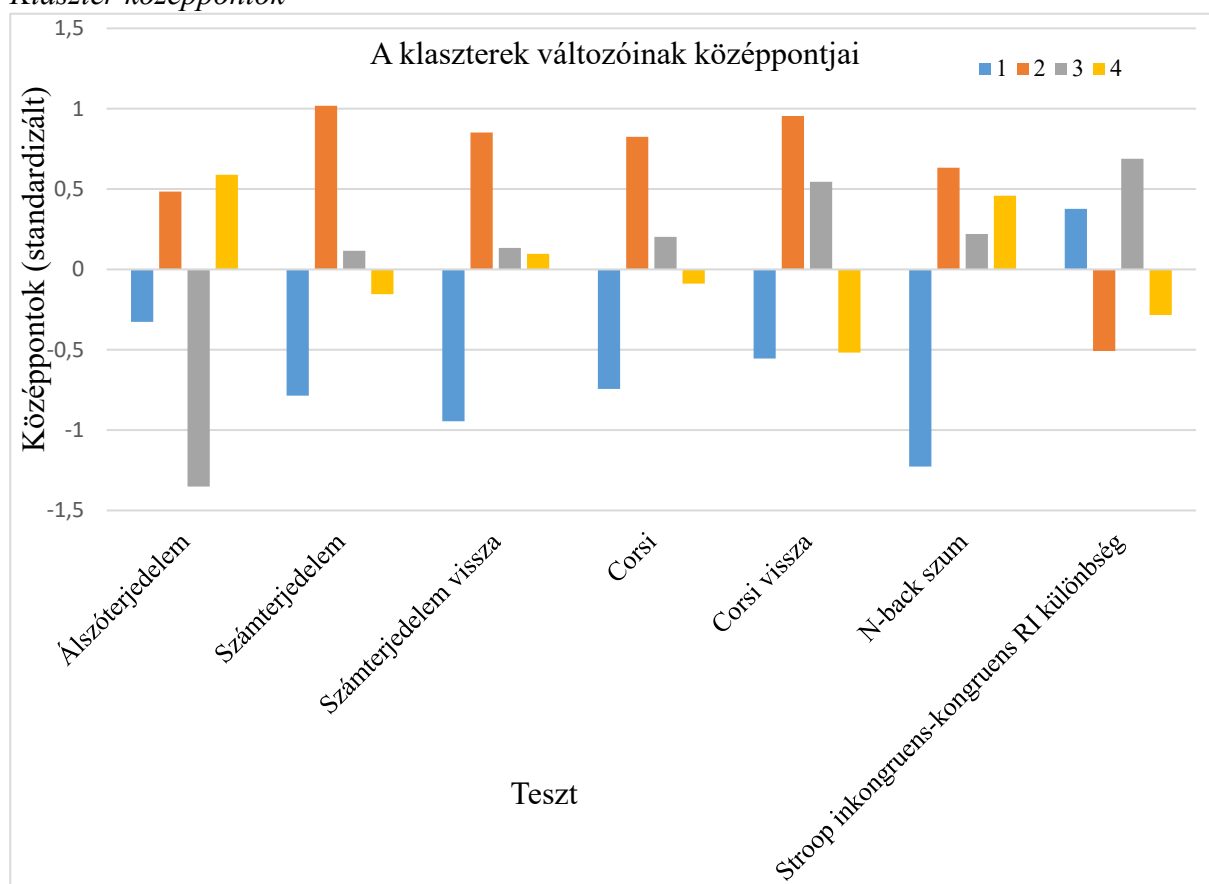
A csoport úgy jellemezhető, mint ami jó fonológiai hurok teljesítményében, de átlagon aluli a nem számokkal dolgozó verbális memória feladatban. Téri teljesítménye átlagos, de jobb a komplex kapacitást mérő feladatban. A végrehajtó működése átlagos, magas reakcióidővel.

4. Klaszter

A 4-es klaszter A Corsi visszafelé feladaton olyan rosszul teljesített, mint az 1-es klaszter. Viszont ők rendelkeznek a legmagasabb klaszter középponttal az álszóismétlési teszten. Minden más mutatóban közelítenek az átlaghoz. A klaszter 8 humán (40%), 12 reál (60%) szakost, 8 személy járt képzése elején (40%), 12 járt a vége felé (60%). A minta ($n=20$) 31,7% került ebbe a csoportba.

Úgy jellemezhetőek a tagok, mint akiknek fonológiai teljesítménye átlagos, téri-vizuális terjedelme átlag alatti, végrehajtó működése átlag feletti.

9. Ábra:
Klaszter középpontok



10. Táblázat:
A klaszterek tagjainak csoporttagsága

Klaszter	Csoport	Előfordulás	%
1	H1	7	41,18
	H2	7	41,18
	R1	2	11,77
	R2	1	5,88
2	H1	6	40,00
	H2	1	6,67
	R1	3	20,00
	R2	5	33,33
3	H1	2	20,00
	H2	0	0,00
	R1	7	70,00
	R2	1	10,00
4	H1	1	5,00
	H2	7	35,00
	R1	7	35,00
	R2	5	25,00

*Megjegyzés: Csoport oszlop jelölései:
H=Humán, R=Reál, I=Képzés elején
járók, 2=Képzés vége felé járók*

Diszkusszió

Első hipotézis: Az egyetemi szakosodás területspecifikus munkamemória teljesítménykülönbségekben mutatkozik meg

Az állított három hipotézis csak részben kapott megerősítést. Az első hipotézis, miszerint a munkamemóriának területspecifikus eltérései vannak az egyetemi szakosodás alapján megerősítést nyert.

H1:A A humán csoport jobb teljesítményt mutat a fonológiai hurok működését mérő feladatokban.

A humán szakos tanulók szignifikánsan rosszabbul teljesített az alapvetően mérnökökből álló csoportnál a fonológiai rövid távú memóriát érintő fordított számterjedelem teszten. A másik két teszten nem volt statisztikailag szignifikáns különbség. Ennek az alrendszernek az esetén csak a komplex terjedelmet mérő feladat képződtek különbséget, aminek eredményébe a központi végrehajtó terheltsége is beleszól, míg a másik két feladatban nem olyan súlyban van jelen. Itt eredeti feltételezésünk, miszerint a humán szakosok fognak jobban teljesíteni nem igazolódott.

H1:B A reál csoport jobb teljesítményt mutat a téri-vizuális rövidtávú memória mérési feladatokban.

A reál csoport a téri-vizuális memória teljesítményében jobbnak bizonyult a humán csoportnál, az egyszerű, és a komplex terjedelmet is mérő Corsi-kockák tesztekben.

H1:C A reál csoport jobb teljesítményt mutat a végrehajtó működést mérő feladatokban.

A végrehajtó funkciót mérő feladatok közül csak a frissítés funkciójában előzte meg a reál csoport a humán csoportot. A váltás és gátlás funkcióban mutatott reakcióidőben nem volt látható különbség.

H1:D A reál csoport jobb eredményt ér el a komplex terjedelmi feladatokban.

A központi végrehajtót is jobban terhelő komplex terjedelem teszteken is a reál csoport előnye volt látható.

Összefoglalva, az alapvetően mérnökökből álló csoport tagjai úgy jellemezhetőek, mint akik a humán érdeklődésű személyeknél hosszabb vizuális ingersorozatot tudnak megtartani. Emellett humán szakos ellenpárjaiknál nagyobb számsorokat, és téri sorozatokat tudnak megjegyezni, amennyiben terhelés alatt áll központi végrehajtójuk. Emellett jobbnak bizonyul a képességük, abban, hogy fenntartsanak és állandóan cseréljenek egyre hosszabb sorozatú elemeket a fonológiai rendszerükben. (8 feladatból 4-ben mutatkozott szakspecifikus hatás összefoglalja az 5. Táblázat).

Második hipotézis: A képzési idő hatással van a munkamemória teljesítményre

A második hipotézis, miszerint a képzési idő hatással van az eredményekre, részben megerősítést nyert.

Az álszóterjedelmi teszt eredményei alapján úgy tűnik, hogy az egyetemi tanulmányok ideje hatással van a fonológiai terjedelemre. Ez összefügghet azzal az elvárással, hogy a diákoknak jelentős mennyiségben kell olvasniuk és oldaniuk meg feladatokat. A tanulás szóreprezentációkban való gazdagítása összefügghet akár az álszóterjedelem feladat hibázási mintáival, például amikor a résztvevő „melléhall” betűket (például jellemző volt: m és n hang cseréje) és emiatt esik ki az adott szinten. A nyelv behatóbb használata okozhatja a nyelvi rövidtávú memóriarendszer bővülését, a nagyobb érzékenységet a hangzók megkülönböztetésére. Érdekes kiegészítése lehetett volna a mérésnek, hogyha a szakos, és képzési idő hatását idegennyelvi álszóterjedelem tesztek eredményein is mértük volna. Ez lehetőséget adna arra, hogy lássuk milyen specifikus hozzájárulása van az intenzív nyelvtanulásnak a fonológiai hurok nem anyanyelvi kapacitásában.

A téri-vizuális komplex terjedelem eredmények alapján egy kölcsönhatás figyelhető meg, a képzésükben később járó humán szakos résztvevők teljesítménye elmaradt reális párjuktól. A kutatás elrendezése miatt a képzési idő hatásáról messzemenő és megbízható következtetést levonni nehéz. Utalhatnak az eredmények akár arra, hogy az egyetemi tanulmányok alatt a humán szakosok nem használják olyan minőségben téri-vizuális vázlattömbük, mint a reál szakosok, így gyakorlás hiányában valamennyire csökkenhet a terjedelmük. Feltételezhetően a mérnöki képzésben tanulók sokkal több térben való gondolkozást elváró tudást sajátítanak el, például terveznek, matematika, fizika téri feladatokat

oldanak meg, mint humán szakos diáktársaik, ezzel jobb karbantartásban, „edzésben” lehet ez a rendszerük, mint a humán szakon több időt eltöltött személyeknek.

Összefoglalva: úgy tűnik, hogy az egyetemi éveknek hatása van a memória funkcióinak fejlődésében, a nyelvi rendszer tekintetében legalábbis.

Harmadik hipotézis: Megkülönböztethetők humán, és reál munkamemória képességmintázatok

A harmadik hipotézis, miszerint a résztvevők adatai között lehet humán és reál teljesítmény csoportokat elkülöníteni részben igazolódott. A következőkben amikor a csoportok eredményeiről beszélek, mindig a klaszterközéppontokra utalok majd eredményként/teljesítményként.

Két klaszter esetén legalább 80% túlsúlya volt legalább az egyik szaknak. A leginkább átlag alatti teljesítmények a humán túlsúlyú ($n=17$, 82,25%-a humán szakos, 53,4%-a képzése elején jár) klaszterben (1-es) voltak. Ebben a csoportban láthatjuk meg a humán csoport eredményeinek elmaradását a reál csoporttól.

A legjobb eredményekkel a 2-es klaszter jellemezhető, a szakok, és képzési idő megoszlása nagyjából egyenlő ($n=15$, 53%-a reális, 60%-a képzés elején).

A reál túlsúlyú 3-as klaszter átlaghoz közeli eredményeket ért el, de rossz reakcióidővel, a legrosszabb álszóterjedelemmel és jó komplex terjedelemmel ($n=10$, 80%-a reál szakos, 90% képzése elején jár). Ebben a csoportban mintha megelhetnénk a képzési idő hatását az álszóterjedelem tesztekben és ennek a mérnök csoportnak a komplex téri terjedelem előnyét, a többiekkel szemben.

A 4-es klaszter esetében az átlagnál jobb az álszóterjedelem középpontja, a többi fonológiai terjedelem átlagos, átlagnál jobb a stroop reakcióidő különbség, és jobb az n-back pontszám, és alacsonyabb a komplex téri terjedelem. Szintén nagyjából egyenlő eloszlású ($n=20$, 60% reális, 60% képzés vége felé van).

Két klaszter halmozott fel szak túlsúlyt, az elsőbe az összes humános 45% került, a másodikba a reálisok ~26%. Az elsőben megelhető a humánosok teljesítményelmaradása, az utóbbiban pedig a reálisok téri-terjedelem előnye, és álszóterjedelem hátránya.

A reálisok 10% került átlag alatti teljesítményű klaszterbe (1-es klaszter). 90% került besorolásba (2-es, 3-es, 4-es klaszter, lásd: 8. Táblázat) olyan klaszterbe, ami alapvetően nem mutat negatív eltérést az átlagtól, csak a második klaszter esetében az álszóterjedelemben (de itt egyenlő a szaki eloszlás), a 4.-ben pedig a Corsi-vissza feladatban (szintén nagyjából egyenlő

szak szerinti eloszlás). A humánosok 45% került átlag alatti teljesítményű csoportba, 65% a maradék három klaszterben oszlott el.

Ez alapján úgy tűnik a két csoport elkülöníthető. Az első csoport alapvetően átlag alatti teljesítményű, humán túlsúlyú (n=17). A másik csoport álszóterjedelme alacsonyabb, viszont magas komplex téri-vizuális teljesítményt mutatnak, ez a mérnök túlsúlyú csoportot (n=10). Ez a résztvevők 43,5%-a. A maradék klaszterekben nem különíthetők el a szakok.

Összefoglalás

Kutatásomban arra kerestem a választ, hogy miben különböznek a reál és humán érdeklődésű egyetemisták. Úgy tűnik több rendszer, funkció (fonológiai hurok, téri-vizuális vázlattömb, központi végrehajtó: frissítés funkció) mentén a reál érdeklődésű személyek jobban teljesítenek.

Arra a kérdésemre, hogy az egyetemi tanulmányok okozhatnak-e változást a személyek kognitív funkcióiban, konklúzív választ nem tudtam kapni. A hallgatók fonológiai memóriarendszere jobb azokban a csoportokban akik képzési idő szerint többet jártak egyetemre.

A kutatás arra választ tudott adni, hogy van-e különbség a reál és humán szakosok között munkamemóriájukban. Ez alapján úgy tűnik, hogy a magasabb munkamemóriájú személyek inkább mennek mérnöki szakokra, tehát a pályaválasztásban valamilyen szerepet játszik a munkamemória. Amennyiben azt láthatjuk, hogy a magas munkamemória kapacitású emberek inkább szívják magukba a mérnöki képzések, mintsem a nyelvi szakok, akár intő jel is lehet ez a képzőintézményeknek. Felhívhatja a figyelmet a jobb marketingre, a leendő hallgatók jobb bevonzási taktikáira.

A pedagógiai felhasználásukat tekintve, lehetne akár gimnáziumokban tehetséggondozáshoz való kiválasztási eszközként használni a munkamemória teszteket, kiegészítve a tantárgyakkal kapcsolatos szorongás és motiváció mérésével például. Ezzel fejleszthető lenne a tehetséggondozáshoz való „alany” kiválasztás eszköztára. Nem kizárt, hogy valakinek megvannak az optimális munkamemória mutatói, kiváló végrehajtó funkció teljesítménnyel, de az adott tárgyi teljesítménye mégis más befolyások miatt nem megfelelő. Amennyiben valakinek csak a tantárgy tanulása iránti motiváció hiányzik lehetséges, hogy azt egy jó pedagógus valahogy fel tudja kelteni. A fentiek gyakorlatban való felhasználáshoz az további kutatásokra van szükség, melyek a pályaválasztást rendszerszemléletben közelítik meg,

amiben láthatnánk azt is, hogy a munkamemória különböző képzési területeken, hogyan járul hozzá a sikerességhez. Befolyásoló faktor lehet a motiváció, a személyiség, vagy akár valamilyen specifikus szorongás, érdekes kérdés, hogy ezek hogyan játszanak közre a munkamemória és a teljesítmény kapcsolatában. Itt további kutatások indokoltak, hogy az egyetemek felé irányulók, és a kiválaszt intézmények minél jobb döntéseket tudjanak hozni.

Reflexió, limitációk

Az alábbi bekezdésben a kutatás limitációiról szeretnék beszélni. A klaszteranalízis eredményeit tekintve a modell értékei afelé mutatnak, hogy stabilabb, és megbízhatóbb is lehetne a modell, amennyiben messzemenő következtetéseket szeretnénk levonni a látható képességmintázatokról. Ehhez hozzájárul, hogy a tesztelés online formátumú megoldása miatt ki kellett dobni egy konkrét funkció adatait a csoportosításban. Ez a változó a szakirodalom alapján összefügg a gyermekkori természettudomány és matematika teljesítménnyel (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006).

Többet tudhattunk volna meg az egyetemisták végrehajtó funkcióiról amennyiben kimutatható lett volna a váltás funkció előnye a reál csoportban. Ehhez persze szükséges lett volna meg a 11 kieső személyénél is több adat. A fonológiai terjedelem mérésében hasznos kiegészítés lehetett volna a komplex terjedelmet mérő, és nem számokkal dolgozó Hallási mondatterjedelem teszt (Janacsek et al., 2009). Lehetséges, hogy egy nem számokkal dolgozó komplex terjedelmi feladatban más csoportközi különbségeket láthattunk volna.

Nem egyértelmű, hogy tényleg leépülhet-e a manipulálást igénylő kapacitása személyeknek az évek alatt, amennyiben az másokhoz képest alacsonyabb használatnak van kitéve. Időbeli hatásra az elrendezés végett csak erősen korlátozottan tudunk következtetni. A legjobb alapot a képzés idői hatásainak vizsgálatához egy longitudinális elrendezés adná, (T1) egyetemre való beiratkozáskor, (T2), „félidőben”, és a diploma átvételekor (T3), így biztosan felfedezhetnénk az egyetemi oktatás kognitív teljesítmény növelő természetét. A hatásméretmutatók tekintetében a képzési idő statisztikailag szignifikáns hatásainak megtalálásához nagyobb elemszámra lenne szükség.

A kutatási elrendezés miatt maradnak nyitott kérdések a témában, melyek további kutatást indokolnak. Vajon a specifikus tananyagokban való sikeres teljesítmény milyen munkamemória mutatók által jósolható be? Különböznek-e a „jó” reál és humán szakosok abban, hogy a területükön való sikerükhöz milyen komponensek magas működése társulhat?

A nyelvre való hangsúlyfektetés egy ellentmondást is generál. Semmi nem zárja ki, hogy a reálisok idegen nyelven tanuljanak, vagy hogy egy nyelvi szakos jó legyen matekból.

Az adatban erre vonatkozó változó nem volt, aminek segítségével kontrollálhattuk volna ezeket a hatásokat. A mintára vonatkozó legpontosabb résztvevő kiválasztási szabály megfogalmazása így szólna: „Humán szakos csoportba az kerülhet, aki valamilyen nyelvi szakra járó személy, és NEM tanul aktívan matematikát, természettudományokat. Reál csoportos az lehetett aki mérnöki szakra jár, vagy matematikát, fizikát tanul. Láthatjuk ez sokkal nagyobb teret enged, mintha például matematikai, magyar/idegen nyelv képességszint alapján tudtunk volna választani résztvevőket (angol nyelvű tesztre példa: Woodcock-Johnson IV Test of Achievement, Villarreal, 2015). Emellett limitáció lehet, hogy elérhetőségi problémák miatt több intézményből is jöttek a hallgatók, ez pedig nem lett bevezetve, mint változó az elrendezésbe. Homogénebb mintán lehetséges, hogy más adatokat kaptunk volna, akkor viszont inkább specifikus intézmény hallgatóiról kaptunk volna képet, ami szintén nehezíti valamilyen szemszögből az általánosíthatóságot.

A kutatás sikerrel zárulhatott, találtunk különbségeket a csoportok között, szak és képzési idő szerint is. Képességmintázatokat is el tudtunk különíteni az adatban.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném köszönetemet kifejezni a témavezetőmnek, Dr. Kemény Ferencnek, akinek szakmai segítsége nélkül a dolgozatom nem születhetett volna meg. Köszönettel tartozom testvéreimnek, és szombathelyi barátaimnak, akik segítettek elérni a résztvevőket, nem melleleg hálás vagyok minden résztvevőnek, aki segített a feladatok elvégzésével.

Irodalom

- Psychology Software Tools, Inc. (2016). [E-Prime 3.0]. Hozzáférés helye: <https://support.pstnet.com/>.
- Alloway, T. P., & Passolunghi, M. C. (2011). The relationship between working memory, IQ, and mathematical skills in children. *Learning and Individual Differences*, 21(1), 133–137. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.09.013>
- American Psychiatric Association. (2016). *DSM-5 diagnosztikai klasszifikációs rendszer*. Oriold és Társai.

- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. (2003a). *Az emberi emlékezet*. Osiris Kiadó.
- Baddeley, A. (2003b). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189–208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In *Psychology of Learning and Motivation* (Köt. 8, o. 47–89). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Beilock, S. L., & DeCaro, M. S. (2007). From poor performance to success under stress: Working memory, strategy selection, and mathematical problem solving under pressure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(6), 983–998. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.6.983>
- Berkowitz, M., Edelsbrunner, P., & Stern, E. (2022). The relation between working memory and mathematics performance among students in math-intensive STEM programs. *Intelligence*, 92, 101649. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2022.101649>
- Cheung, H. (1996). Nonword span as a unique predictor of second-language vocabulary language. *Developmental Psychology*, 32(5), 867–873. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.32.5.867>
- Chooi, W.-T., & Thompson, L. A. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence*, 40(6), 531–542. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2012.07.004>
- Corsi, P. (1972). *Memory and the Medial Temporal Region of the Brain*. Doctoral Thesis in Philosophy. McGill University.
- Cragg, L., & Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(2), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2013.12.001>
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422–433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- Fanari, R., Meloni, C., & Massidda, D. (2019). Visual and Spatial Working Memory Abilities Predict Early Math Skills: A Longitudinal Study. *Frontiers in Psychology*, 10, 2460. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02460>

- Gathercole, S. E., Willis, C. S., Baddeley, A. D., & Emslie, H. (1994). The children's test of nonword repetition: A test of phonological working memory. *Memory*, 2(2), 103–127. <https://doi.org/10.1080/09658219408258940>
- Ionescu, T. (2012). Exploring the nature of cognitive flexibility. *New Ideas in Psychology*, 30(2), 190–200. <https://doi.org/10.1016/j.newideapsych.2011.11.001>
- Jacobs, J. (1887). EXPERIMENTS ON “PREHENSION”. *Mind*, os-12(45), 75–79. <https://doi.org/10.1093/mind/os-12.45.75>
- Janacsek, K., Tánzos, T., Mészáros, T., & Németh, D. (2009). The Hungarian version of Listening Span task. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 64(2), 385–406. <https://doi.org/10.1556/mpszle.64.2009.2.5>
- Jarrold, C. (1999). Genetically dissociated components of working memory: Evidence from Downs and Williams syndrome. *Neuropsychologia*, 37(6), 637–651. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(98\)00128-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(98)00128-6)
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.1.122>
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358. <https://doi.org/10.1037/h0043688>
- Melby-Lervåg, M., & Hulme, C. (2016). There is no convincing evidence that working memory training is effective: A reply to Au et al. (2014) and Karbach and Verhaeghen (2014). *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(1), 324–330. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0862-z>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Morris, N., & Jones, D. M. (1990). Memory updating in working memory: The role of the central executive. *British Journal of Psychology*, 81(2), 111–121. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1990.tb02349.x>
- Partington, J. E., & Leiter, R. G. (1949). Partington's Pathways Test. *Psychological Service Center Journal*, 1, 11–20.
- Pasqualotto, A., Mazzoni, N., Bentenuto, A., Mulè, A., Benso, F., & Venuti, P. (2021). Effects of Cognitive Training Programs on Executive Function in Children and Adolescents

- with Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. *Brain Sciences*, 11(10), 1280. <https://doi.org/10.3390/brainsci11101280>
- Peijnenborgh, J. C. A. W., Hurks, P. M., Aldenkamp, A. P., Vles, J. S. H., & Hendriksen, J. G. M. (2016). Efficacy of working memory training in children and adolescents with learning disabilities: A review study and meta-analysis. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26(5–6), 645–672. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1026356>
- Racsmány, M. (2001). A munkamemória működése és patológiája. *Agy és Tudat*, 10.
- Racsmány, M., Lukács, Á., Németh, D., & Pléh, C. (2005). A verbális munkamemória magyar nyelvű vizsgálóeljárásai. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 60(4), 479–506. <https://doi.org/10.1556/mpszle.60.2005.4.3>
- Racsmány, M., Lukács, Á., & Pléh, C. (2008). Támpont és útvonal, téri emlékezet Williams-szindrómában: A Térkép-feladat. *Magyar Pszichológiai Szemle*, 63(1), 87–102. <https://doi.org/10.1556/mpszle.63.2008.1.6>
- Sala, G., Aksayli, N. D., Tatlidil, K. S., Gondo, Y., & Gobet, F. (2019). Working memory training does not enhance older adults' cognitive skills: A comprehensive meta-analysis. *Intelligence*, 77, 101386. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2019.101386>
- Schwaighofer, M., Fischer, F., & Bühner, M. (2015). Does Working Memory Training Transfer? A Meta-Analysis Including Training Conditions as Moderators. *Educational Psychologist*, 50(2), 138–166. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1036274>
- Service, E. (1992). Phonology, Working Memory, and Foreign-language Learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 45(1), 21–50. <https://doi.org/10.1080/14640749208401314>
- Soveri, A., Antfolk, J., Karlsson, L., Salo, B., & Laine, M. (2017). Working memory training revisited: A multi-level meta-analysis of n-back training studies. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1077–1096. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1217-0>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759. <https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tánczos, T., Janacsek, K., & Németh, D. (2014). A munkamemória és végrehajtó funkciók kapcsolata az iskolai teljesítménnyel. *Alkalmazott Pszichológia*, 14(2).

- Tánczos, T., & Németh, D. (2010). A munkamemória mérőeljárásai és szerepük az iskolai szűrésben és fejlesztésben. *Iskolakultúra*, 7–8, 95–111.
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., & Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: A dynamic relationship: Development executive functions mathematics. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 100–119. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2011.02035.x>
- Villarreal, V. (2015). Test Review: Schrank, F. A., Mather, N., & McGrew, K. S. (2014). *Woodcock-Johnson IV Tests of Achievement*. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 33(4), 391–398. <https://doi.org/10.1177/0734282915569447>