

Bevezetés

A bal és jobb agyfélteke számos feladatot lát el testünkben. Milsom (2008) szerint: nem csak testünket, de szellemi képességeink működését is az agyunk irányítja, melynek munkája izmaink összehangolásától a látottakon át, a problémamegoldásig terjed. A mozgás és érzékelés szabályozását tekintve az agyban található pályák keresztezik egymást, vagyis a jobb agyfélteke testünk bal oldalát, míg a jobb oldalt a bal agyfélteke irányítja. A test mozgatásán kívül a két agyféltekének különböző funkciókat is tulajdonítanak, mint például a bal agyféltekének: a beszéd, nyelvtudás, írás, logikus, analitikus, lineáris gondolkodásmód, időérzékelés, ezzel szemben a jobb agyféltekének: a látási képzetek, térbeli tájékozódás, térérzékelés, asszociáció, arcfelismerő képesség, kreativitás, figyelem, memória, nem verbális kommunikáció (Paul, 2006). A két terület funkciói azonban nem határoznak meg minket, nem jelenthetjük ki biztosan, hogy a jobb agyfélteke domináns személyek kreatívabbak, míg a bal agyfélteke dominanciával rendelkezők logikus gondolkodású emberek. Az agyi működés ennél sokkal komplikáltabb, amely megmutatkozik az élet minden területén. A két agyfélteke egymást kiegészítve tud hasznos munkát végezni, amiből megállapíthatjuk, hogy bilateralitás figyelhető meg az agyféltekék működését tekintve. Folyamatosan használjuk mind a két félteke különböző területeihez köthető képességeink sokaságát, valamint a két agyfélteke is kapcsolatban áll és kommunikál egymással (Dennison és Dennison, 1992; Milsom, 2008).

A nyelvtanulás és az agyféltekék kapcsolata

Korábbi vizsgálat bebizonyította, hogy az agyi plaszticitás és a nyelvtanulás összefügg egymással. A kutatás fő kérdése az volt, hogy eldöntse, melyik elmélet a meghatározóbb az agy működése és fejlődése szempontjából. A plaszticitás, az egész életen át tartó alkalmazkodás gondolata vagy a szenzitív periódus elmélete, mely szerint az agy meghatározott életszakaszokban fogékonyabb bizonyos dolgok elsajátítására. Megállapították, hogy minél korábban találkozik egy gyerek az idegen nyelvvel, annál könnyebben és gyorsabban sajátítja el azt. A későbbi elsajátítás során a nyelvtanulás hatékonysága nem csökken, csak nehezebb a tanuló számára, mivel abban a biológiaiilag meghatározott életkori szakaszban nem jutott hozzá azokhoz a releváns tapasztalatokhoz, amelyek megkönnyíthetnék azt. Ezen felül megállapították azt is, hogy az idegen nyelv tanulása a megértést és az alkalmazást egyaránt magában foglalja, az agyban viszont a nyelvtannak, illetve a szemantikának más-más neurológiai rendszer képezi az alapját. A nyelvtan elsajátítása során az agy bal féltekének frontális területe lép működésbe, míg a szemantikai feldolgozás, vagyis a szótanulás során a hátsó laterális terület aktiválódik mindkét féltekében (Liu et al., 2017).

További tanulmányok is bizonyítottan írják a két agyfélteke aktivációját nyelvtanulás során. Noha a nyelvi feladatok jóval nagyobb mértékben igénylik a bal agyféltekei működést, a jobb agyfélteke is részt vesz ezekben (Tervaniemi–Hugdahl 2003). Az agyféltekék működésére tehát jellemző a funkciómegoszlás és az együttműködés, mindez úgy megy végbe, hogy az egyik agyfélteke vezető szerepet tölt be a vezérlésben, vagyis domináns. Ezt nevezik agyfélteke-dominanciának vagy agyi lateralizációnak. Az agyfélteke-dominancia az anyanyelv-elsajátítás során, a különböző nyelvi ingerek hatására alakul ki, azonban a habituációs vizsgálatok azt mutatták, hogy már a csecsemőknél is igazolható bizonyos dominanciák jelenléte (Pléh, 1981; Hugdahl, 2003; Gósy, 2005). A jobbkezes emberek 96%-a bal agyféltekei dominanciával rendelkezik a nyelvfeldolgozást tekintve, míg a balkezeseknek csak 73%-a (Knecht és mtsai., 2000).

A nyelvtanulás során is – mint minden megismerési folyamatnál – akkor a leghatékonyabb a működés, ha mindkét agyfélteke aktiválódik. Másrészt különböző pólusú érzelmi élmények különböző oldali kérgi aktivációt váltanak ki, amellyel hatással vannak az információfeldolgozásra és arra, hogy bekerül-e a megtanulandó anyag a hosszú távú memóriába. Már az 1800-as évek második felétől ismert volt, hogy a szóbeli kifejezés képessége és a beszélt nyelv megértése a bal agyféltektől függ, de a XX. század közepén bizonyosodott be (Roger Sperry, 1981 Nobel-díj), hogy a jobb agyfélteke is önálló speciális funkciókat lát el, nevezetesen, az érzelmi események feldolgozásában, a nyelvi és affektív kommunikációban tölt be vezető szerepet (Racle, 1983).

Nyelvtanulás és mozgástanulás kapcsolata

Számos tanulmány vizsgálta már a nyelv és a mozgás közötti kapcsolatot. Nagy (2010) tanulmányában utal a nyelv mozgás közbeni elsajátítás hatékonyságára: alsó tagozaton különböző mozgásos tevékenységeken, játékokon keresztül valósul meg leghatékonyabban a tanulás. A kisiskolások emlékezete elsősorban cselekvéses tapasztalataikhoz, élményeikhez kötődik. A nyelvtanulást is megkönnyíti, ha a konkrét tárgyakat, fizikai cselekvéseket jelentő szavakat tényleges fizikai cselekvéssel kapcsoljuk össze. A Total Physical Response, röviden TPR a beszéd és a mozgás koordinációjára épít, a nyelvet motorikus cselekvések segítségével kívánja elsajátíttatni (Nagy, 2010). „A TPR legfőbb célja a szóbeli tevékenységi formák kialakítása a kezdő szakaszban. ... Jellemző módszere a szerepjátszás, a diavetítő használata. ... A módszer nem mond le az olvasásról és az írásról sem, de ezeket inkább csak a tanult struktúrák és lexikai egységek elmélyítésére használja az imperativusok után.” (Kunihira, 1968)

További kutatások kimutatták, hogy az aerob testmozgás az idegennyelv tanulása közben javíthatja az új szókincsszavak memorizálását. Úgy tűnik, hogy a testmozgás

megváltoztatja az agy biológiáját oly módon, hogy képlékenyebbé és fogékonyabbá teszi az új információkra. Ezt a folyamatot plaszticitásnak nevezik, és a tudósok kezdik jobban megérteni, hogyan működik valójában. A kutatók azonban most úgy vélik, hogy a tanulás során végzett fizikai aktivitás javítja ezt a tanulást (Dominguez, 2021). Az írországi tudósok nemrégiben arra kértek férfi főiskolai hallgatókat, hogy vegyenek részt egy memóriateszten, amelyet megerőltető testmozgás követ. Először is, a fiatal férfiak egy fotósorozatot figyeltek meg idegenek arcával és nevével. Egy kis szünet után megpróbálták felidézni a látott neveket, amikor a fotók ismét a számítógép képernyőjén megjelentek. Ezt követően a hallgatók fele álló kerékpárral közlekedett, egyre megerőltetőbb tempóban, amíg ki nem merültek. Ezután mindkét csoport újra elvégezte a tesztet. A fizikai aktivitást végző vizsgálati személyek szignifikánsan jobban teljesítettek a memóriateszten, mint az első próbálkozásakor, míg a statikus helyzetben lévő alanyok nem javultak. Eközben a kísérlet során vett vérminták biológiai magyarázatot adtak arra, hogy a fizikai aktivitást végzők körében felerősödött a memória képessége. Közvetlenül a megerőltető tevékenység után a kerékpárosoknál szignifikánsan magasabb volt az agyi neurotróf faktor vagy BDNF néven ismert fehérje szintje, amelyről ismert, hogy elősegíti az idegsejtek egészségét. A tudósok egy ideje úgy vélik, hogy a BDNF segít megmagyarázni, hogy miért tűnik úgy, hogy a mentális működés javul a testmozgással. Az ír tanulmány azt sugallja, hogy a BDNF testmozgás által kiváltott növekedése különleges szerepet játszhat a memória és a felidézés javításában (Gretchen, 2011).

Winter és munkatársai (2007) három szempont alapján értékelték az egészséges felnőtt német férfiak azon képességét, hogy új szókincset tanuljanak: a) nagy intenzitású anaerob sprintek után; b) 40 perc alacsony intenzitású aerob futás után; vagy c) 15 perc ülő/ statikus helyzetet követően. A szókincs tanulása két szakaszból állt, azaz egy képzési szakaszból és egy adatátviteli szakaszból. A tanulási fázisban a fizikai aktivitást követően és a vérminta gyűjtése után került sor a neurotróf faktorok tesztelésére. A képzés során a résztvevőknek ingerpárokat mutattak be, amelyek egy beszélt álszót és egy tárgy képét tartalmazták, majd el kellett dönteniük, hogy a párosítás helyes-e (azaz összhangban van-e a kísérlet elején meghatározott asszociációval) vagy sem (Breitenstein et al., 2002). Az átadási szakaszban, amely közvetlenül az edzés után, majd egy hét múlva és 6–8 hónap után történt, a vizuálisan ábrázolt tárgyakat a megfelelő német nevekkal helyettesítették. A résztvevőknek el kellett dönteniük, hogy az álszó és a tárgy nevének párosítása helyes-e vagy sem. A szókincstanulás 20% -kal gyorsabb volt, amikor a nagy intenzitású gyakorlat végzése után került sor a felmérésre, összehasonlítva mind az alacsony intenzitású edzéssel, mind az ülő állapottal. A nagy intenzitású testmozgás váltotta ki a legnagyobb mértékben a BDNF és a katekolaminok szintjének emelkedését (Flöel, 2010).

Egy következő kutatás célja a fizikai aktivitás L2 (második nyelv) tanulásra gyakorolt hatásának további vizsgálata volt. Ennek érdekében kutatást végeztek kínai-angol kétnyelvű tanulókkal, akiknek a tanulási fázisban kép-szó párokat mutattak be, és a tesztelési fázisban lexikai kontrollfeladatot és mondatszemantikai megítélési feladatot is el kellett végezniük. Először az L2 szavak szemantikai elemzésének fokozása érdekében képalapú módszert alkalmaztak, előrejelezve, hogy az ilyen elemzés javíthatja a szavak közötti kapcsolat szemantikai feldolgozását, ezáltal javítva a mondatszintű feldolgozást. Másodszor annak tesztelését végezték el, hogy a fizikai aktivitás lehetséges pozitív hatásai jelen vannak-e az L2 tanulásban. 40 jobbkezes kínai-angol L2-t tanuló egyetemi hallgatóval végezték el a kutatást: egyidejű fizikai aktivitás a tanulás során (20 résztvevő: kísérleti csoport) és statikus vagy hagyományos tanulás (20 résztvevő: Kontrollcsoport). A kísérlet előtt minden résztvevő esetében tesztelték az L2 jártasságot és az aerob edzettséget, valamint minden szó ismeretlen volt a résztvevők számára. A tanulási fázisban 8 tanulási ülést tartottak egy hét különbséggel. A kísérleti csoportban a résztvevőknek kerékpár ergométeren kellett fizikai aktivitást folytatniuk. Minden munkamenetben két feladatot alkalmaztak: egy szó-kép ellenőrzési feladatot és egy szemantikai megítélési feladatot. Minden tesztülésen 20 "régi" és 20 "új" képnév párt használtak. Húsz szemantikailag jól megformált és 20 rosszul formált mondatot építettek fel. Az L2 szókincs tanulásának lehetséges hosszú távú hatásának ellenőrzése érdekében késleltetett tesztet végeztek 4 héttel az utolsó tanulási és tesztelési munkamenet után. A tanulmány eredményei egyértelműek: egy idegen szókincs megtanulása egyidejű fizikai aktivitás közben jobb teljesítményt nyújt, mint ugyanazt a szókincset statikus helyzetben tanulni. Általánosságban elmondható, hogy a fizikai aktivitás egyrészt a szinaptikus plaszticitást részesíti előnyben, másrészt növeli az agyban lévő specifikus neurotróf anyagok, például a BDNF (Gold et al., 2003; Uysal et al., 2005) elérhetőségét, amelyek megkönnyítik a tanulást. A résztvevők a fizikai aktivitás hatásait mutatták ki, amikor négy hét után újra tesztelték őket anélkül, hogy beavatkoztak volna a kísérletekbe. Ez a minta kizárja annak lehetőségét, hogy a fizikai aktivitás hatása egy általános izgalmi szintnek tudható be, amely növeli az azonnali teljesítményt, ahelyett, hogy valódi tanulást ösztönözne a memóriakódolás szintjén következményekkel. Összefoglalva elmondható, hogy a fizikai aktivitás nemcsak a képzés konkrét szintjén (azaz lexikai szinten), hanem egy általánosabb, képzetlen feldolgozási szinten (azaz mondatszinten) is javítja az L2 tanulást. Sőt, nemcsak a kezdők, hanem az L2-nek már kitett tanulók is profitálhatnak az egyidejű fizikai aktivitásból, amelynek hatásai még egy hónap elteltével is jelen lehetnek (Liu et al., 2017).

A nyelvtanulás és mozgástanulás szenzitív időszakai

Mindkét terület szenzitív időszakait vizsgáljunk kellett ahhoz, hogy a két terület tanulási fázisa biztosan egy időbe essen. Ehhez korábbi kutatásokat használtunk fel, mint például a már említett Nagy (2010) kutatását, melyben megkapjuk a választ arra, mikor a legérzékenyebbek a gyerekek egy idegennyelv elsajátítására. A kisiskoláskori nyelvoktatás indítékaként az a fejlődés-lélektani tény szolgál, hogy a kisgyermekekben még ép a nyelv naiv átvételének képessége, ezáltal nagy nyelvi érzékenységgel és erős utánzóképeséggel rendelkeznek. Ennek eredményeként gyorsan tanulnak meg új szavakat, kifejezéseket környezetük szituációiból. Életkori sajátosság a hallóreceptorok és az artikulációs bázis rugalmassága is. A hangrepció és a hangreprodukció legnagyobb foka pedig a 4–8 éves kor közötti periódusra tehető. Ráadásul ebben az életkori periódusban a gyerekek befogadó készsége igen fejlett. Hajlékony hangképző apparátusuk révén könnyen tudják utánozni az idegen nyelv hangjait és hangkapcsolatait. Hangképzési bázisuk pedig még igen alkalmas a különböző, a magyarban ismeretlen hangok pontos képzésére, míg a serdülőkorú gyerekeknek már hosszasan és tudatosan kell az artikuláción dolgozniuk (Halliwell, 1996). Legkedvezőbb kor a kezdéshez a 6–8. év, mert akkor még nagy az „én” befogadóképessége, nem kritikus a befogadó, nincs kialakult, zárt énképe. A Piaget-féle fejlődési sorban a szenzomotorikus és a formális operációk szakasza közé, pontosabban a formális operációk szakasza elé kívánták a nyelvtanulás kezdését időzíteni, hogy az elsajátítás könnyebb és eredményesebb legyen (Nagy, 2010).

A mozgástanulás szenzitív időszakát főként az óvodás, kisiskolás korra datálják a kutatók. Az óvodában előtérbe kell helyezni az egészséges testi fejlődés kibontakoztatását, a motoros képességek komplex fejlesztési folyamatát, figyelembe véve a fejlődés érzékeny, szenzitív szakaszainak jellemzőit (Kunos, 2000). 3, 5 éves kortól 7- 7,5 éves korig az alapvető mozgásformák gyorsan tökéletesednek és az első mozgáskombinációk is kialakulnak. 7- 7,5 éves kortól 9-10 éves korig a mozgástanulási képesség gyors tökéletesedésének szakaszát határozzuk meg (Farmosi, 1999). A koordinációs képességek hangsúlyozott fejlesztése mellett a központi idegrendszer korai érésével párhuzamosan a gyorsasági képességek szenzitív időszaka is kimutatható az első gyermekkorban (Becsy és Kunos, 1994). További kutatásokat is figyelembe véve, az életkor tekintetében a gyermekkort és a prepubertás kort alapvető jelentőségűnek tartják az általános mozgáskoordináció kialakításának szempontjából. Minden egyes képességet az adott képesség szenzitív időszakában lehet a legeredményesebben fejleszteni, amely nem azt jelenti, hogy az adott életszakaszon kívül ne lenne szükség a

fejlesztésére. A szenzitív időszak előtti és utáni fejlesztés csekélyebb fejlődéssel jár, azonban ebben az időszakban előtérbe kerül a visszaesés megakadályozása (Harsányi, 2000).

A korábbi kutatásokból kiindulva és a két terület szenzitív időszakát tekintve tehát összefüggéseket találtak a mozgástanulás és nyelvtanulás között. Azt már megtudhattuk, hogy a fizikai aktivitás nem csak szenzitív időszakban, de későbbi életszakaszokban is pozitív hatást gyakorol a nyelvtanulásra. Ezt követően fogalmazódott meg kutatási kérdéskörünk, mivel ennek inverz esetére semmilyen szakirodalom nem áll rendelkezésünkre, ezért megvizsgáltuk, hogy a nyelvtanulásnak, milyen hatása van, illetve van-e hatása a mozgástanulásra, mint fordítva azt már bizonyították.

Célkitűzés

Kutatásunk során célul tűztük ki a nyelvtanulás és mozgástanulás közötti kapcsolat feltárását, melyben vizsgáltuk a nyelvtanulás mozgástanulásra gyakorolt hatását az 1-3. osztályos tanulók körében, agyfélteke dominancia megállapítást követően, egy gimnasztikai gyakorlatsor alkalmazásával.

Anyagok és eszközök

Kutatásunk két vizsgálati részből állt. A kutatásban való részvétel önkéntes volt, ahol a szülők egy szülői beleegyező nyilatkozat kitöltésével járultak hozzá a gyermekeik vizsgálatban való részvételéhez. Először egy dichotikus teszt segítségével állapítottuk meg a vizsgálati személyek agyfélteke dominanciáját, majd egy gimnasztikai gyakorlatsorral mértük fel mozgástanulási képességüket. A rövid távú memóriát azonnal, míg a hosszútávú memóriát egy héttel később vizsgáltuk ugyanazon gimnasztikai gyakorlatsorral. Így két mérési időpontot különítettünk el.

A vizsgálat helyes és ideje

A kutatási vizsgálatokat a Jáki Nagy Márton Nyelvoktató Nemzetiségi Általános Iskolában végeztük el. Minden felmérés a testnevelés órákon valósult meg személyes jelenléttel. A mintavétel 2022. novemberében történt.

Vizsgálati személyek

Kutatásunkban az 1-3. évfolyam tanulói vettek részt ($n=51$, átlag életkor: $7,86\pm 0,85$ év). A kutatásból kizártuk azokat a tanulókat, akiknek szülei nem egyeztek bele a kutatásban való részvételben, illetve azokat, akik a gimnasztika mozgásanyagához hasonló sportot űznek (például szertorna, aerobics) és/ vagy balkezesek, hiszen azoknál a tanulóknál valószínűsíthető a jobbagyfélteke- dominancia. A részvevő diákok a 6-9 éves korosztályhoz tartoztak, ahol még szabadon dönthettek a szülők arról, hogy tanuljon-e idegennyelvet a gyermeke, avagy sem. Ezek alapján két csoportot alakítottunk ki, egy nyelvi ($n=9$) és nem nyelvi ($n=23$), bal agyfélteke dominanciával rendelkező csoportokat ($n=32$, átlag életkor: $7,78\pm 0,87$ év). A

vizsgálati személyeket egyesével, elkülönítve mértük fel, ugyanazon mérőszemélyzet segítségével.

Vizsgálati módszerek

Dichotikus-teszt

Ezzel a teszttel a fülfölelynt állapotítottuk meg, amely megmutatta az agyfélteke dominancia lateralitását. A dichotikus tesztek lényege az, hogy a két fülbe egyidejűleg különböző nyelvi információt (pl.: szavakat, hangkapcsolatokat) közvetítenek, és a vizsgálati személynek a megadott instrukciókat követve kell hangosan elismételnie a hallottakat (Moncrieff–Wilson, 2009). Az elismételt szavak alapján állapotítjuk meg a fülfölelynt, ami alapján az agyfélteke dominancia is kimutatható. Jobbfül-fölelynt, akkor állapotítunk meg, ha a vizsgálati személy több olyan szót ismétel meg, amely a jobb fülben hangzott el, így ez bal agyfélteke dominanciára utal.

A jelen kutatásban alkalmazott módszer a GMP-diagnosztika 19-es próbájának saját fejlesztésű dichotikus teszthe (Gósy, 1995/2006). A teszt első része 10 szót (vagyis 5 szópárt), a második része 10 két-két szóból álló szópárt, összesen 20 szót tartalmazott. A tesztszavakat bemelegítésként 5 szó közvetítése előzte meg, hogy a gyermekek hozzászokjanak a fülhallgatón keresztül történő beszédhez és annak hangerejéhez. Ezek a bemelegítő szavak azonosak voltak a két fülben. Összesen 30 két szótagból álló tesztszót hallottak a gyermekek, 15-öt az egyik, 15-öt a másik fülükbe közvetítve. Példák a szópárokra: alma/répa, tányér/játék, banán/pohár, csiga/béka. A teszt szavai a gyermekek számára valószínűsíthetően jól ismert jelentéseket képviseltek. A szóanyagot férfi felolvasásában rögzítették, a beszélő a hangmagasságát nem változtatta, a szavak ejtése kvázi-monoton volt. A rögzített szavak átlagos időtartama 680 ms volt, az egyes szópárokat 8 másodpercnél néma szünet választotta el. A két-két szópár esetén a köztük lévő szünetet 4 másodpercben határozták meg. A teszt létrehozásakor minden egyes szópárt (kezdetüket és lecsengésüket) számítógépes szoftverrel szinkronizáltak a jobb és a bal csatorna között. Az eljárás során a szavak akusztikai struktúrája nem változott (Krepsz-Gósy, 2018)

A teszteléskor a gyermek jobb, illetve bal fülébe azonos időben (átlagosan 60 dB-es intenzitáson) közvetítettük a szópárokat fülhallgatón keresztül. Minden felvétel esetében azonos eszközöket használtunk. A gyermekek feladata az elhangzott szavak megismétlése volt szabadon választott sorrendben (ún. szabad visszamondás) (Krepsz-Gósy, 2018). A visszamondott szavakat egy tesztlapon jelöltük, amely úgy történt, hogy amelyik szót a gyermek kimondta, amellé írtunk egy sorszámot az elhangzás sorrendje alapján. Az értékelésnél, amely az 5x4 szóra vonatkozott, csak azokat a szavakat vettük figyelembe,

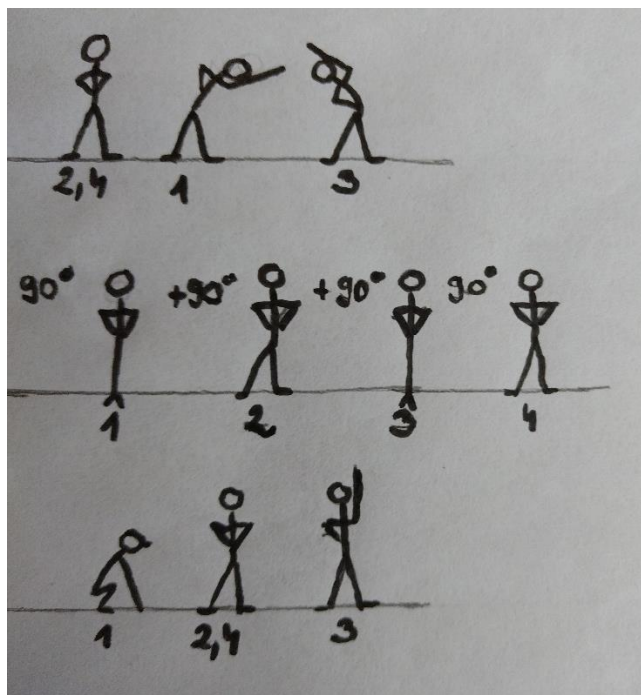
amelyek mellé 1-es sorszám volt írva. Ezek közül is csak azok számítottak bele az értékelésbe, amelyek a két pár (2x2) szó első párjának egyikei. A dominancia akkor volt kimutatható, ha valamelyik oldalon a felsorolt 5 szó közül legalább 4-et elsőként ismétel meg a gyermek (vagyis 4 szó 1-es sorszámot kapott). A kereszteződés figyelembevételével balagyfélteke-dominancia akkor volt kimutatható, ha a jobb fülbe érkezett szavak közül legalább négyet elsőként ismétel meg a vizsgálati személy. A jobbagyfélteke-dominancia egyértelműen ennek inverz esetében valósult meg.

Gimnasztikai gyakorlat-lánc

A gimnasztikai gyakorlat-lánc (1-2. ábra) a kutatásunkban a mozgástanulás közben vizsgált teljesítmény méréséhez használtuk, melynek célja a rövid, illetve hosszabb távú memória felmérése volt, ezzel mindkét agyféltekét megdolgoztatva. A felmérést 3 körben végeztük el, amely egy egymásra épülő gyakorlatsort adott. Először 4, majd 8, végül 12 ütemes gyakorlatokat kellett a diákoknak végrehajtaniuk. A 4 ütemű gyakorlatokat utasítással ismertettük a tanulókkal, akiknek ezt követően gyakorlás nélkül kellett bemutatni az elmondottakat. Az egyes ütemeket a korosztálynak megfelelő módon ismertettük (nem a gimnasztikai szaknyelvet használva). A 8 és 12 ütemű gyakorlatoknál mindig csak az újabb 4 ütemet ismertettük szóban és az előző ütemekkel együtt kellett bemutatni a tanulónak. A gyakorlatsor kiindulóhelyzete terpeszállás, csípőretartás volt. Az első négy ütemben főként a két kar, valamint a törzshajlítás irányát adtuk meg (1. ütem: törzshajlítás balra, bal karemeléssel magastartásba; 2. ütem: kiindulóhelyzet; 3. ütem: törzshajlítás jobbra bal karemeléssel magastartásba; 4. ütem: ugyanaz, mint a 2. ütem), a második négy ütemben különböző irányú 90 fokos fordulatokat végeztettünk (1. ütem: ugrás 90 fokos fordulattal balra szögállásba; 2. ütem: ugrás 90 fokos fordulattal jobbra kiindulóhelyzetbe; 3. ütem: ugrás 90 fokos fordulattal jobbra szögállásba; 4. ütem: ugrás 90 fokos fordulattal balra kiindulóhelyzetbe), míg a 12 ütemet úgy kaptuk meg, hogy újabb 4 ütemben helyzetváltoztató mozgásokat, illetve ismét adott oldalú karemelést végeztek a vizsgált személyek (1. ütem: ugrás guggolótámaszba; 2. ütem: ugrás kiindulóhelyzetbe; 3. ütem: bal karemelés magastartásba; 4. ütem: kiindulóhelyzet). Az értékelésnél minden ütemnél a hibaszámokat néztük mindhárom körben, így kaptunk minden körben egy összesített hibaszámot, emellett pedig a mozgásgyorsaságot is mértük, azaz, hogy mennyi idő alatt hajtotta végre a gyakorlatokat/-gyakorlatsort, amit másodpercben adtunk meg.

A felmérést egy hét elteltével újra elvégeztük ugyanezzel a gyakorlatsorral úgy, hogy a vizsgált személyek erről nem szereztek tudomást, így nem tudták gyakorolni, ezzel tesztelve a

hosszabb távú memória szintjét. Ennél a felmérésnél ugyanazt az értékelési rendszert vettük alapul, mint az előzőnél, illetve itt már nem ismertettük az egyes ütemeket.



1. ábra: Gimnasztikai gyakorlat-lánc



2. ábra: Gimnasztikai gyakorlat-lánc blokkjainak részletei

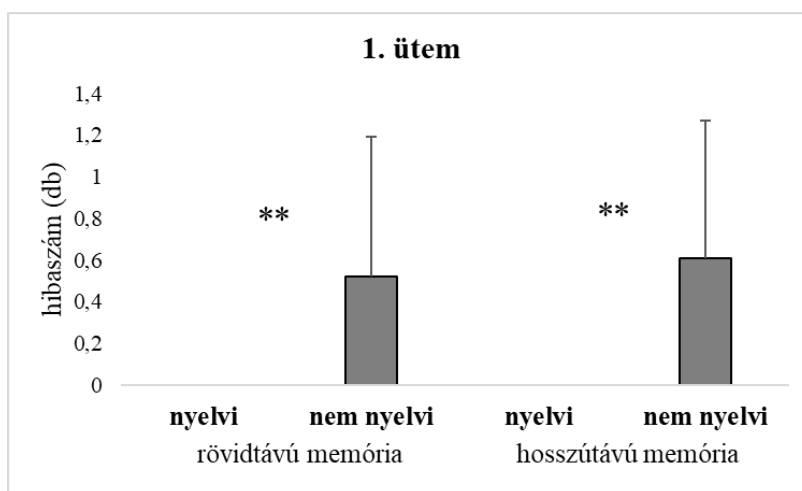
A statisztikai elemzés módja

A vizsgálatok által kapott eredmények feldolgozását és kiértékelését MS Office Excel és az IBM SPSS 20.0. statisztikai programokkal végeztük, ahol kétmintás T-próbát alkalmaztunk. A szignifikancia szint $p < 0,05$ volt.

Eredmények

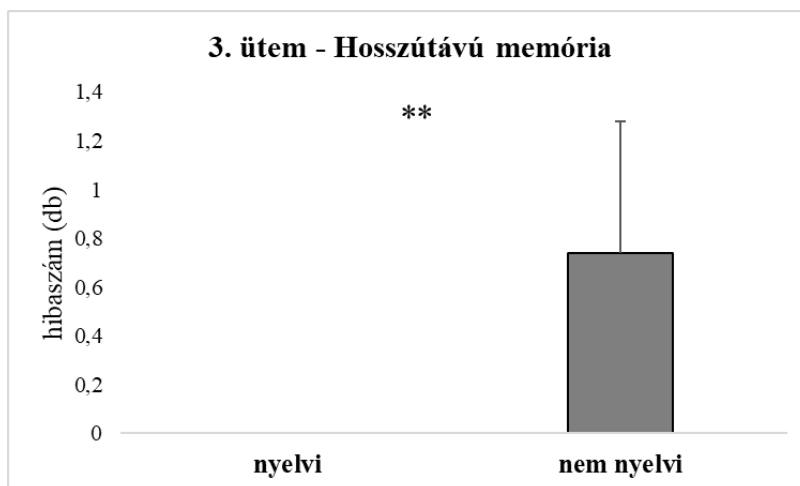
Kutatásunkban a dichotikus-teszt eredményeként megkaptuk a bal agyfélteke dominanciával rendelkező tanulók számát, akiket nyelvi és nem nyelvi csoportra bontottuk, nyelvtanulás alapján. A mozgástanulást a gimnasztikai gyakorlat alapján végeztük el.

Méréseink során az első ütemnél kaptunk kiugró különbséget a két csoport között a hibaszámok tekintetében, amely mind a rövid-, mind pedig a hosszútávú memória tesztelésénél megmutatkozott. A nyelvi csoport egyáltalán nem vétett hibát ennél az ütemnél, míg a nem nyelvi csoportnál ez az érték $0,52 \pm 0,67$ hibaszám volt a rövidtávú memória tesztelésénél, valamint $0,61 \pm 0,66$ hibaszám a hosszútávú memória esetében. Ezek alapján megállapíthattuk, hogy a nyelvi csoport ennél az ütemszámnál lényegesen jobb eredményt ért el mindkét mérés során, így szignifikáns különbség alakult ki a két csoport teljesítményében ($p = 0,001$; $p = 0,000$). Az eredményeket az 3. ábra szemlélteti.



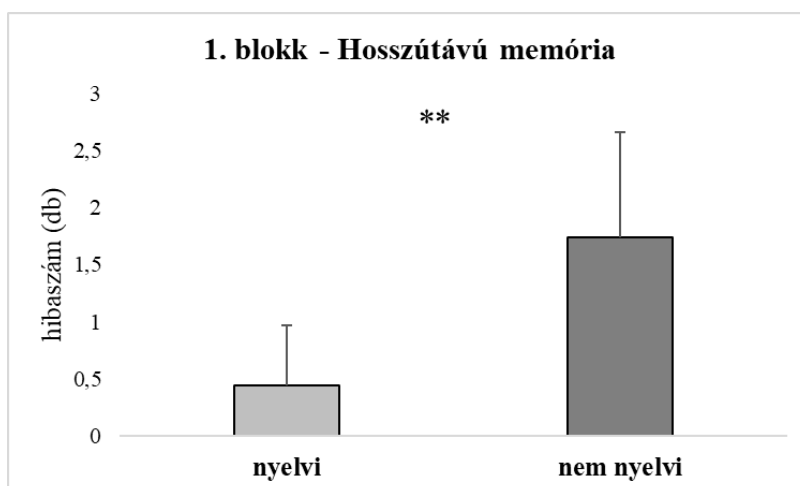
3. ábra: A gimnasztikai gyakorlat-lánc első ütemének átlagos eredményei rövid-és hosszútávú memória esetén $**p < 0,01$

A következő szignifikáns eltérés a harmadik ütemnél volt, azonban ez csak a második mérés során volt megfigyelhető, azaz a hosszútávú memóriát tekintve alakult ki különbség a két csoport között. A nyelvi csoport ezt az ütemet is hibátlanul teljesítette a második bemutatáson, míg a nem nyelvi csoport átlagos értékei $0,74 \pm 0,54$ hibaszám volt. A nyelvi csoport tehát ennél az ütemnél is szignifikánsan eredményesebb volt, mint a nem nyelvi csoport ($p = 0,00$). A két csoport közti különbséget a 4. ábra mutatja.



4. ábra: A gimnasztikai gyakorlat-lánc harmadik ütemének eredményei hosszútávú memória esetén $**p < 0,01$

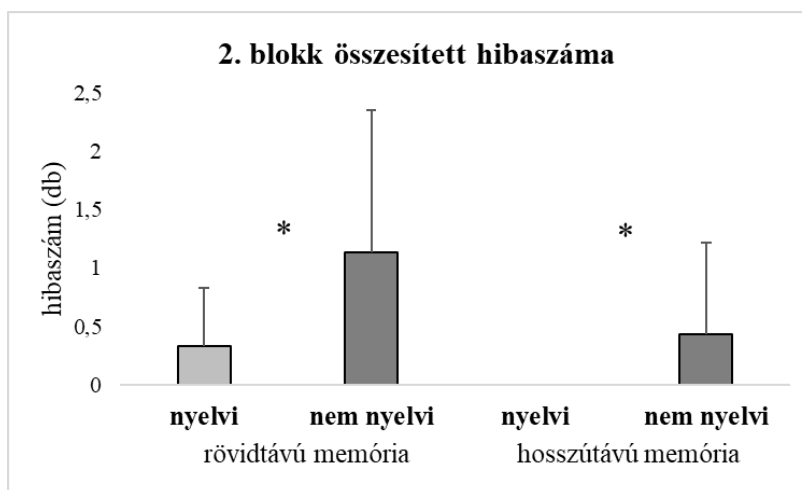
Az előző két eredmény, illetve szignifikáns különbség szinte egyértelművé tette a két csoport közti eltérést az első blokkban (4 ütem) a hosszútávú memória tekintetében. Összesítve az első négy ütem hibaszámait, azt az eredményt kaptuk, hogy a nyelvi csoport a hosszútávú memória tesztelése során jobban teljesített. A nyelvi csoport átlagértékei $0,44 \pm 0,53$ hibaszám volt ebben a blokkban, míg a nem nyelvi csoport értékei $1,74 \pm 0,92$ hibaszám. Szignifikánsan gyengébb eredmény mutatható ki tehát a nem nyelvi csoportnál a második mérés során az első blokkban, mint a nyelvi csoportnál ($p = 0,00$). Az adatokat a 5. ábra mutatja be.



5. ábra: Az első blokk összesített eredménye hosszútávú memória esetén $**p < 0,01$

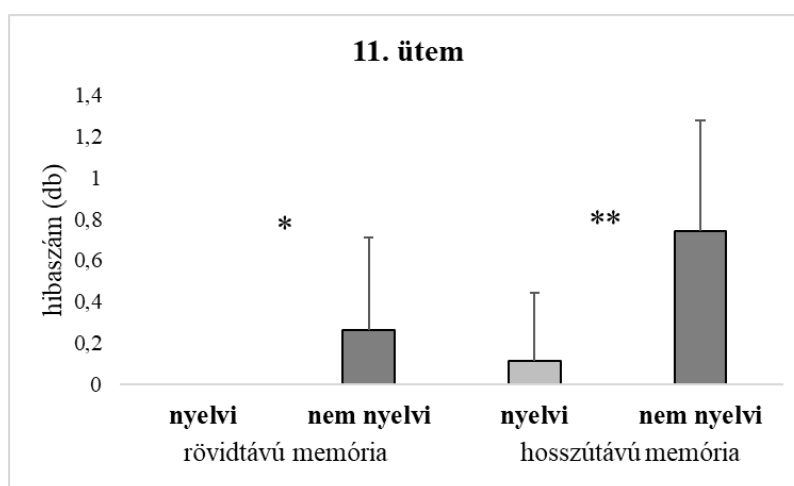
Az első blokk eredményeihez képest a második blokk összesített hibaszámait alapján már a rövidtávú memória tesztelése során is kimutattunk szignifikáns különbséget a két csoport között. Ennél a blokknál szignifikánsan jobban teljesített a nyelvi csoport a rövidtávú memória tesztelésénél ($0,33 \pm 0,5$ hibaszám), mint a nem nyelvi csoport ($1,13 \pm 1,22$). A második teszten is szembetűnő volt a különbség, hiszen a nyelvi csoport hibátlanul teljesítette a gyakorlati blokkot, míg a nem nyelvi csoport átlagértékei $0,43 \pm 0,79$ hibaszám volt, azonban az első

blokkban az eltérés jelentősebbnek bizonyult. A különbség mindkét teszt esetében szignifikánsan kimutatott ($p=0,014$; $p=0,015$). Az eltéréseket a 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: A második blokk összesített eredménye rövid- és hosszútávú memória esetén $*p<0,05$

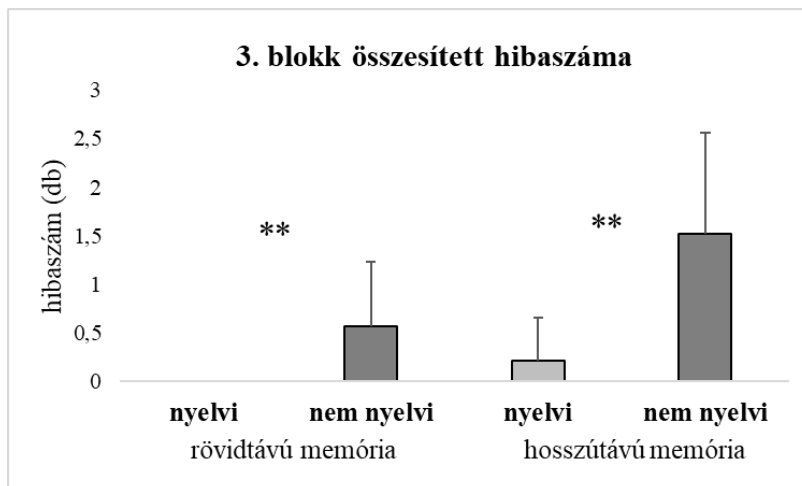
A harmadik blokkban főként a 11. ütemnél mutattak az eredmények különbséget a két csoport között. Itt is mindkét teszten szignifikáns különbség alakult ki. Az első teszt során nem volt akkora az eltérés, mint a második teszten, de a nyelvi csoport mindkét bemutatás során szignifikánsan jobban teljesített, mint a nem nyelvi csoport. A nyelvi csoport az első bemutatáson hibátlanul teljesített, míg a másodikon valamivel gyengébben ($0,11\pm0,33$ hibaszám). A nem nyelvi csoport átlagértékei az első teszten $0,26\pm0,45$ hibaszám, míg a másodikon $0,74\pm0,54$ hibaszám. A két csoport közti különbség szignifikáns mindkét mérés esetében ($p=0,011$; $p=0,001$). A 11. ütemhez kapcsolódó adatokat az 7. ábra mutatja.



7. ábra: A gimnasztikai gyakorlat 11. ütemének eredményei rövid- és hosszútávú memória esetén $*p<0,05$, $**p<0,01$

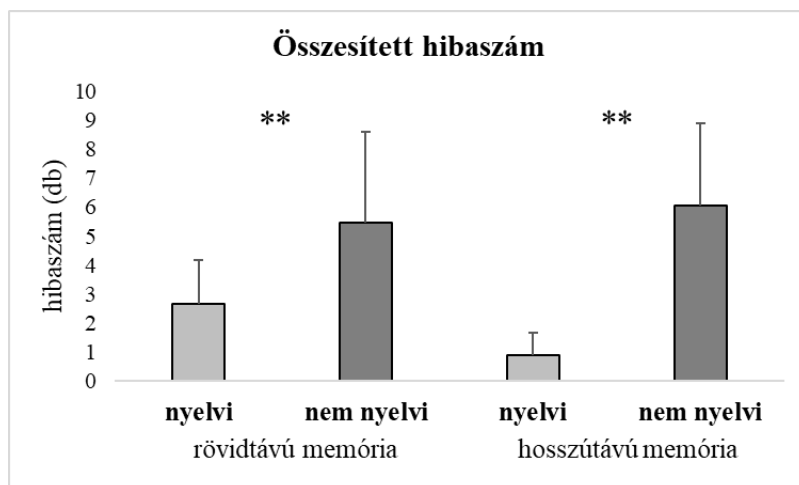
A harmadik blokk összesített eredményei alapján is kimutattunk eltéréseket. Az első mérés során a nyelvi csoport megint hibátlan teljesítményt mutatott be, míg a nem nyelvi csoport gyengébb teljesítményt ért el ($0,57\pm0,66$ hibaszám). A nyelvi csoport kevesebb hibát

vétett a második felmérésen ($0,22 \pm 0,44$ hibaszám), mint a nem nyelvi csoport ($1,52 \pm 1,04$). Mivel a nem nyelvi csoport így több hibaszámmal rendelkezett, ezért mindkét felmérést tekintve a különbség egyenlő mértékű, de szignifikáns volt ($p=0,000$). Az eredményeket a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: A harmadik blokk összesített eredménye az első és a második mérés alapján $**p<0,01$

A teljes gimnasztikai gyakorlat (12 ütem) összesített hibaszáma alapján is szignifikáns volt a különbség. A rövidtávú memória alapján a nyelvi csoport átlagos értékei $2,67 \pm 1,5$ hibaszám, míg a nem nyelvi csoporté $5,48 \pm 3,13$ hibaszám volt. Ez azt jelenti, hogy a nyelvi csoport fele annyi hibaszámmal hajtotta végre a gyakorlatot, mint a nem nyelvi csoport, így az eltérés szignifikáns volt ($p=0,002$). A második mérésen, mely a hosszabb távú memóriát vizsgálta, ez a különbség már nagyobb mértékű volt ($p=0,000$). Itt a nyelvi csoport átlagos értékei $0,89 \pm 0,78$ hibaszám volt, míg a nem nyelvi csoporté $6,04 \pm 2,85$ hibaszám, vagyis a nyelvi csoport szinte hatszor jobban teljesített a gyakorlat során, mint a nem nyelvi csoport (9. ábra).



9. ábra: A gimnasztikai gyakorlat-lánc összesített hibaszámai az első és második mérés alapján $**p<0,01$

További eredmények

A fenti eredmények csak a bal agyfélteke domináns tanulókra, illetve a hibaszám alapján kimutatott különbségekre vonatkozott. A bal agyfélteke dominanciával rendelkező vizsgálati alanyokra vonatkozóan mozgásgyorsaság alapján is kaptunk eltérést, amely a hosszútávú memória tesztelésénél főként a második blokk ($p=0,004$), valamint a harmadik blokk végén ($p=0,000$) mutatott szignifikáns különbséget a két csoport között. A második blokknál a nyelvi csoport átlagos értékei $8,36\pm 0,99$ s, míg a harmadik blokknál $13,72\pm 3,29$ s volt. A nem nyelvi csoport ennél lassabban végezte el az adott gyakorlatokat, hiszen a második blokknál az átlagos értékei $12,66\pm 6,2$ s, a harmadik blokknál pedig $27,54\pm 13,5$ s volt, azaz kétszer annyi ideig tartott nekik elvégezni a gyakorlatsort, mint a nyelvi csoportnak, a második teszt eredményeit tekintve.

Az agyfélteke dominanciát figyelembe véve nem mutattunk ki szignifikáns különbséget a jobb és a bal agyfélteke domináns vizsgálati személyek között nyelvtanulástól függetlenül, tehát ez nem befolyásolta az eredményeinket.

Az előző szempontokon kívül megnéztük a teljes mintán a nyelvi, valamint nem nyelvi csoportok közti különbséget agyfélteke dominanciától függetlenül, vagyis ebben a kiértékelésben szerepeltek mind a jobb, mind pedig a bal agyfélteke dominanciával rendelkező tanulók is. Ennél az összehasonlításnál szignifikáns különbség hibaszám és mozgásgyorsaság alapján főleg a hosszútávú memória tesztelésnél, azaz a második felmérésen, valamint azoknál az ütemeknél mutatkozott, melyek a bal agyfélteke domináns tanulók esetében is kimutatott volt. A teljes mintán azonban a rövidtávú memória tesztelésnél is mutatkoztak szignifikáns különbségek a blokkok végén, például a harmadik blokk összesített hibaszámai alapján mondhatjuk, hogy a két csoport közti eltérés szignifikáns ($p=0,004$).

Megbeszélés

Kutatásunk során elsősorban az agyfélteke dominanciát vizsgáltuk. Meglepően azt tapasztaltuk, hogy nagyjából fele-fele arányban kaptunk jobb és bal agyfélteke dominanciára utaló eredményt. Ez valószínűleg a minket ma már egyre inkább körülölelő digitális világnak köszönhetjük, ami kutatási eredményekben is kimutatható. Az embert lustasága ráveszi, hogy eszközöket alkosson. Ezért megalkotta az emberiség a hatékony írást, hogy ne kelljen mindent fejben tartania. Az elektronikus eszközök tovább csökkentették az ember ilyen jellegű szellemi terhet. A lustaságnak köszönhetően, azonban új képességekre tett szert az ember. Az írásbeliség megerősítette a logikai-elemző gondolkodást. A digitális korban a vizuális feldolgozás, az egészes, átfogó, intuitív megközelítés kezd erősödni. A változás iránya lényegében ellentétes azzal, ami az alfabetikus írás kialakulásakor történt. A részletekre irányuló, elemző

gondolkodás háttérbe szorul. A bal agyfélteke erős dominanciája, amely a beszéddel, majd az írásbeliséggel jelentősen növekedett, most csökkeni látszik (Gyarmathy, 2011).

A legérdekesebb eredményünket az adta, hogy a jobb és bal agyfélteke domináns tanulók között nem alakult ki szignifikáns különbség a gimnasztikai gyakorlatot teljesítve, sem rövid, sem pedig hosszútávú memória tekintetében. Ez azért lehetséges, mert ha egy bal agyfélteke domináns tanuló nyelvet tanul, ugyanolyan szintre fejlesztheti a jobb agyfélteke aktivitását, mint egy jobb agyfélteke dominanciával rendelkező személy, hiszen ugyanúgy igénybe veszi, mint egy nem nyelvet tanuló jobb agyfélteke domináns tanuló. Egy másik magyarázat pedig a digitális világ használata, mely serkenti a jobb agyfélteke aktivitását, amit több szakirodalom is alátámaszt. A digitális bennszülöttek kiegyenlítettebb dominanciára tesznek szert. A beszéd, az írásbeliség, a verbalitás növeli a bal agyfélteke erejét. A sok vizuális információ feldolgozása a jobb agyféltekét erősíti. A korábbi egyértelmű bal agyféltekei dominancia csökkeni látszik. Ezt mutatják a szerialitás tesztjeiben elért egyre gyengébb eredmények (Gyarmathy és Kucsák, 2011).

Bizonyított tény, miszerint a mozgástanulás hatást gyakorol a nyelvtanulás folyamatára. A közelmúltban néhány tanulmány megvizsgálta a fizikai aktivitás szerepének kérdését a szókincstanulásban, kiindulópontként véve azokat az empirikus adatokat, amelyek a fizikai aktivitás pozitív hatására utalnak a kognitív feldolgozásban, különösen a memóriefolyamatokban (Liu et al., 2017). A testmozgás javítja az új szókincselemek tanulását és segíti a hosszú távú memóriát (Winter et al., 2007). Eredményeinkből kiderült, hogy nem csak a mozgástanulás van pozitív hatással a nyelvtanulásra, de a nyelvtanulás is pozitívan hat a mozgástanulásra, ahol szintén a memória, mint agyi funkció kapcsolódik be a folyamatokba. A hippocampus játszik alapvetően szerepet a memóriefolyamatokban: a baloldal inkább a verbális, a jobb oldal inkább a tér-vizuális memóriaműködésben tölt be nagyobb szerepet (Tervaniemi–Hugdahl 2003). Ezen állítást követően, a bal agyfélteke domináns vizsgálati személyek eredményeiből arra következtethetünk, hogy a térbeli mozgásoknál – például az egész második blokk – a nyelvi csoport azért teljesített jobban, mert a jobb agyféltekén lévő funkciókat többször veszik igénybe a nyelvtanulás által, mint a nem nyelvi csoport, ezért az agyi működésük jobban hozzá van szokva a jobb agyfélteke használatához. Azt a tényt, hogy a nyelvtanulásba bekapcsolódik a jobb agyfélteke is, már korábbi kutatások is igazolták. Noha a bal agyféltekében található a beszéd központja (legalábbis az emberek igen nagy többségénél), az új, avagy ritkán használt szavak esetében a jobb, míg a jól ismert szavaknál a bal agyfélteke mutat nagyobb aktivitást (Tervaniemi–Hugdahl 2003). Ez az állítás alátámasztja azt, hogy az új szavak tanulásánál a jobb agyfélteke játszik inkább szerepet, vagy például a nyelvtani

szabályok tanulásánál, amikor a memóriefolyamatok szükségesek ezek elsajátításához. Mivel a baloldali mozgásoknál is a jobb agyfélteke lép működésbe, ezért a gimnasztikai gyakorlatsorban az ilyen irányú ütemeknél is a nyelvi csoport teljesített jobban (pl.: 1. és 3. ütem).

A korábban említett állítás, miszerint a nyelvtanulásban szerepe van a jobb agyféltekének, hozzásegíti a nyelvet tanulókat ahhoz, hogy esetlegesen gyorsabban reagáljanak egy olyan mozdulatra, amely teljesítéséhez a jobb agyfélteke használata szükséges, hiszen többször veszik igénybe a nyelvórák által az agy ezen területét. A jobb agyfélteke az információkat egészlegesen, egyidejűleg kezeli. Ezért ide kapcsolódnak a téri-vizuális képességek, a zene értése, a képzelet, a humor. Gyorsan hoz megoldásokat a jobb agyfélteke, mert automatikusan összerak a rendelkezésre álló részletekből egy megoldást – képet, ötletet, döntést, fogalmat (Gyarmathy, 2011). Ezt azzal az eredménnyel támaszthatjuk alá, mely szerint a nyelvi csoport gyorsabban hajtotta végre a gyakorlatokat, mint a nem nyelvi csoport, azonban csak a hosszútávú memória függvényében, amelyet azzal magyarázunk, hogy a nyelvtanulás valóban pozitív hatást gyakorol a hosszútávú memóriefolyamatokra.

Kutatási limitáció

Kutatásunkban bal agyfélteke dominancia szerint a nyelvi csoport 9 főből, míg a nem nyelvi csoport 23 főből állt. Ahhoz, hogy valóban releváns eredményeket kapjunk a kutatási célkitűzésünk és kérdéskörünk tekintetében szükségesnek tartjuk a nyelvi csoport elemszámának növelését, vagyis több nyelvet tanuló vizsgálati személyt bevonni a vizsgálatokba.

Összefoglalás

Kutatásunkban a nyelvtanulás és a mozgástanulás kapcsolatát elemeztük. Kutatásunk célja volt kimutatni, hogy a két terület kölcsönösen jó hatással van egymásra, amit tehát a nyelvtanulás mozgástanulásra vetített hatásával bizonyítottunk vizsgálatainkban.

Először egy dichotikus-teszt segítségével állapítottuk meg a vizsgálati személyek agyfélteke dominanciáját, mivel a két csoport teljesítményét is vizsgáltuk a gimnasztikai gyakorlatsor alapján, azonban itt nem alakult ki szignifikáns eltérés a két csoport között. A teszt alapján kimutathattuk, hogy az agyfélteke dominancia lateralitása a mai korban egyre kiegyenlítettebb, ami a digitalizált világnak betudható (Gyarmathy, 2011). Azóta ezt a korona vírus időszaka is elősegíthette, hiszen ekkor digitális oktatást folytattak az iskolák, ami még inkább lehetővé tette a jobb agyfélteke aktivációját a számítógépek által, így csökkenni látszik a bal agyfélteke dominancia százalékos aránya.

Vizsgálataink során a legfontosabb eredmény a kutatás szempontjából a bal agyfélteke domináns tanulók között alakult ki, mivel a gimnasztikai gyakorlatsor – amely mindkét agyfélteke működésére készített – összesített hibaszámai alapján a nyelvi csoport szignifikánsan jobban teljesített mindkét felmérésen, mint a nem nyelvi csoport. Ez azt mutatja, hogy valóban erős és pozitív hatást gyakorol a nyelvtanulás a mozgástanulásra, főként a hosszabb távú memória szempontjából, hiszen a második mérésen egyes ütemeknél is kimutatható volt a különbség. Ez az eredmény alátámasztja, hogy a nyelvi csoport sokkal gyorsabban és jobban tudott adaptálódni azokhoz a mozdulatokhoz, amelyeknél a jobb agyfélteke aktivációjára volt szükség, illetve hosszútávon is jobban tudták memorizálni a gyakorlatsort, ami a nyelvtanulásnak köszönhető, hiszen ezen a területen is fontos a hosszútávú memória működése.

Eredményeinkből kifolyólag arra a következtetésre jutottunk, hogy az idegennyelv tanulása nagyban segíti a gyermekek mozgásfejlődését, mivel sokkal gyorsabban tudnak egy-egy mozgást elsajátítani és ezt az ismeretet hosszútávon megőrizni agyfélteke dominanciától függetlenül, ami a jobb agyfélteke folyamatos működésének, stimulálásának köszönhető a nyelvtanulás által.

Felhasznált irodalom:

Kunihira, A. (1968): In Budai László dr.: *Amit az amerikaiak fontosnak tartottak*. Idegen nyelvek tanítása, 1988, 2. sz. 35.

Becsy B. S. és Kunos A. (1994). *Az óvodai testnevelés mozgásrendszere és feldolgozása*, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1994.

Breitenstein C, Knecht S. (2002). *Development and validation of a language learning model for behavioral and functional-imaging studies*. J Neurosci Methods;114: 173–179

Dennison, P. E. – Dennison, G. E. (1992). *Észkerékkapcsoló. Az edukinesztetika alapjai*. Budapest, Agykontroll Kft.

Farmosi I. (1999). *Mozgásfejlődés*. Dialóg Campus, Pécs.

Flöel A, Ruscheweyh R, Krüger K, Willemer C, Winter B, Völker K, et al. (2010). *Physical activity and memory functions: are neurotrophins and cerebral gray matter volume the missing link?* Neuroimage; 49: 2756–2763.

Gold SM, Schulz KH, Hartmann S, Mladek M, Lang UE, Hellweg R, et al. (2003). *Basal serum levels and reactivity of nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor to standardized acute exercise in multiple sclerosis and controls*. J Neuroimmunol;138: 99–105.

Gósy M. (2005). *Pszicholingvisztika*. Osiris Kiadó, Budapest.

Gretchen R. (2011). *How Exercise Benefits the Brain*. The New York Times.

- Gyarmathy É. (2011). *A digitális kor és a sajátos nevelési igényű tehetség*. Fordulópont. pp. 79-88.
- Gyarmathy É., Kucsák J. (2011). *A digitális bennszülöttek képességprofilja*. (publ. előtt) Hajnal I. (1982) Írásbeliség, intellektuális réteg és európai fejlődés. *Medvetánc*, 2. évf. 2-3 szám. 321-351.
- Halliwell, S. (1996). *Teaching English in the Primary Classroom*. Longman, London and New York, 3–8.
- Harsányi L. (2000). *Edzéstudomány I*. Dialóg Campus, Budapest- Pécs.
- Hugdahl, Kenneth (2003). Dichotic listening in the study of auditory laterality. In Hugdahl, Kenneth – Davidson, Richard J. (eds): *The asymmetrical brain*. MIT Press, Cambridge, MA. 441–466.
- Jármai E. M. (2005). *A gazdasági szaknyelvoktatás affektív vetülete*. In: Silye M. (szerk.) PORTA LINGUA – 2005 Szakmai nyelvtudás – szaknyelvi kommunikáció. Cikkek, tanulmányok a hazai szaknyelvoktatásról és –kutatásról. Debreceni Egyetem, 348 p. ISSN 1785-2420
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E.-B., & Henningsen, H. (2000). *Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans*. *Brain*, 123(12), 2512–2518. <https://doi.org/10.1093/brain/123.12.2512>
- Kunos Á. (2000). *A mindennapos testnevelés tervezése*. Szarvaspress Nyomda, Szarvas.
- Liu F, Sulpizio S, Kornpetpanee S, Job R. (2017). *It takes biking to learn: Physical activity improves learning a second language*. PLoS ONE 12(5): e0177624. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177624>
- Dominguez, Luis F. (2021). *Exercise and Learning: How Can Physical Activity Support Language Learning*. Learning Strategies. Homeschool Spanish Academy.
- Milsom, L. (2008). *Balkezes a gyermek*. Gabo Kiadó.
- Nagy K. (2010). *A cselekedtetés szerepe a kisiskoláskori angolnyelv-tanításban*. Új Pedagógiai Szemle 2010/ 5. 57–70.
- Paul, D. (2006). *Balkezesek kézikönyve*. Budapest, Maecenas Kiadó
- Pléh Cs. (1981). Különböző szórendű mondatok értelmezése és a dichotikus hallási aszimmetriák 3-6 éves gyermekeknél. *Pszichológia* 1/3. 365–393.
- Racle, G. (1983): *La pédagogie interactive*. Edition Retz: Paris
- Tervaniemi, Mari – Hugdahl, Kenneth (2003). *Lateralization of auditory-cortex functions*. *Brain Research Review* 43. 231–246.

Uysal N, Tugyan K, Kayatekin BM, Acikgoz O, Bagriyanik HA, Gonenca S, et al. (2005). *The effects of regular aerobic exercise in adolescent period on hippocampal neuron density, apoptosis and spatial memory*. Neurosci Lett;383: 241–245.

Winter B, Breitenstein C, Mooren FC, Voelker K, Fobker M, Lechtermann A, et al. (2007). *High impact running improves learning*. Neurobiol Learn Mem;87: 597–609.