EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
PEDAGÓGIAI ÉS PSZICHOLÓGIAI KAR

Petró Béla

A vizuális és motoros folyamatok kétirányú kapcsolatának vizsgálata és felhasználási lehetősége a mozgásfejlesztésben

Pszichológiai Doktori Iskola

A Doktori Iskola vezetője: Dr. Demetrovics Zsolt, MTA doktora

Személyiség- és egészségpszichológiai program

Programvezető: Dr. habil. Oláh Attila

Témavezető: Dr. Bárdos György, MTA doktora

A bírálóbizottság tagjai:

Dr. Oláh Attila, PhD, habil., elnök

Patakiné Dr. Bősze Júlia, PhD, titkár

Dr. Simor Péter, PhD, bíráló

Dr. Balázs László, PhD, bíráló

Dr. Boros Szilvia, PhD, habil., tag

Dr. Tóth László, PhD, habil., tag

Pignitzkyné Dr. Rigó Adrien, PhD, habil., tag

Dr. Urbán Róbert, PhD, habil., póttag

Dr. Bérdi Márk, PhD, póttag

Budapest, 2020

[1]ADATLAP
a doktori értekezés nyilvánosságra hozatalához

A doktori értekezés adatai
A szerző neve: Petró Béla
MTMT-azonosító: 10058415
A doktori értekezés címe és alcíme: **A vizuális és motoros folyamatok kétirányú kapcsolatának vizsgálata és felhasználási lehetősége a mozgásfejlesztésben**
DOI-azonosító[2]: 10.15476/ELTE.2020.089
A doktori iskola neve: **Pszichológiai Doktori Iskola**
A doktori iskolán belüli doktori program neve: **Személyiség- és egészségpszichológiai program**
A témavezető neve és tudományos fokozata: Dr. Bárdos György, MTA doktora
A témavezető munkahelye: ELTE PPK ESI

II. Nyilatkozatok
1. A doktori értekezés szerzőjeként[3]
a) hozzájárulok, hogy a doktori fokozat megszerzését követően a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban. Felhatalmazom ELTE-PPK Doktori Iskola hivatalának ügyintézőjét Kulcsár Dánielt, hogy az értekezést és a téziseket feltöltse az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba, és ennek során kitöltse a feltöltéshez szükséges nyilatkozatokat.
b) kérem, hogy a mellékelt kérelemben részletezett szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentés közzétételéig a doktori értekezést ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;[4]
c) kérem, hogy a nemzetbiztonsági okból minősített adatot tartalmazó doktori értekezést a minősítés (dátum)-ig tartó időtartama alatt ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban;[5]
d) kérem, hogy a mű kiadására vonatkozó mellékelt kiadó szerződésre tekintettel a doktori értekezést a könyv megjelenéséig ne bocsássák nyilvánosságra az Egyetemi Könyvtárban, és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban csak a könyv bibliográfiai adatait tegyék közzé. Ha a könyv a fokozatszerzést követőn egy évig nem jelenik meg, hozzájárulok, hogy a doktori értekezésem és a tézisek nyilvánosságra kerüljenek az Egyetemi Könyvtárban és az ELTE Digitális Intézményi Tudástárban.[6]

2. A doktori értekezés szerzőjeként kijelentem, hogy
a) az ELTE Digitális Intézményi Tudástárba feltöltendő doktori értekezés és a tézisek saját eredeti, önálló szellemi munkám és legjobb tudomásom szerint nem sértem vele senki szerzői jogait;
b) a doktori értekezés és a tézisek nyomtatott változatai és az elektronikus adathordozón benyújtott tartalmak (szöveg és ábrák) mindenben megegyeznek.

3. A doktori értekezés szerzőjeként hozzájárulok a doktori értekezés és a tézisek szövegének plágiumkereső adatbázisba helyezéséhez és plágiumellenőrző vizsgálatok lefuttatásához.

Kelt: Budapest, 2020.

a doktori értekezés szerzőjének aláírása

[1] Beiktatta az Egyetemi Doktori Szabályzat módosításáról szóló CXXXIX/2014. (VI. 30.) Szen. sz. határozat. Hatályos: 2014. VII.1. napjától.
[2] A kari hivatal ügyintézője tölti ki.
[3] A megfelelő szöveg aláhúzandó.
[4] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell adni a tudományági doktori tanácshoz a szabadalmi, illetőleg oltalmi bejelentést tanúsító okiratot és a nyilvánosságra hozatal elhalasztása iránti kérelmet.
[5] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell nyújtani a minősített adatra vonatkozó közokiratot.
[6] A doktori értekezés benyújtásával egyidejűleg be kell nyújtani a mű kiadásáról szóló kiadói szerződést.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom mindenekelőtt témavezetőmnek, Bárdos Györgynek a kutatások során nyújtott segítségéért, értékes javaslataiért. Hasonlóképpen hálás vagyok az ELTE PPK ESI többi munkatársának, külön kiemelve Köteles Ferenc meglátásait és a Szabó Attilával folytatott gyümölcsöző szerzőtársi együttműködést. Köszönöm továbbá a disszertáció bírálóinak, Balász Lászlónak és Simor Péternek értékelésüket, javaslataikat.

Hálával tartozom Czigler Istvánnak, az eltérési negativitással kapcsolatos tanulmányok megjelentetésében vállalt nélkülözhetetlen vezető szerepéért, hogy az ez irányú kutatások a disszertáció részét képezhetik, valamint a témakört illető ismereteim folyamatos bővítéséért. Köszönöm a kutatócsoportunk minden volt és jelenlegi tagjának a technikai ismeretek átadását, az együttműködést, kiemelve File Domonkos és Petia Kojouharova segítségét.

A TTK Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézetének minden további tagjának is köszönöm a támogató és barátságos légkört, ötleteket, javasatokat, technikai segítséget. Külön köszönöm a kísérleti adatfelvételt végző asszisztensek, D'Albini Zsuzsanna és Várkonyi Emese segítségét.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetemet szeretném kifejezni a családomnak a hosszú évek alatt nyújtott támogatásukért.

Tartalom

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS **3**

TARTALOM **4**

ÁBRÁK JEGYZÉKE **7**

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE **9**

KIVONAT **10**

A DISSZERTÁCIÓBAN BEMUTATOTT TANULMÁNYOK **12**

BEVEZETÉS **13**

I. RÉSZ: A MOTOROS FOLYAMATOK HATÁSA A VIZUÁLIS FOLYAMATOKRA **14**

KÉZMOZDULATOK, VALAMINT EGY JELENLÉVŐ TÁRGY ORIENTÁCIÓJÁNAK HATÁSA AZ ORIENTÁCIÓ AUTOMATIKUS ÉSZLELÉSÉRE: A VIZUÁLIS ELTÉRÉSI NEGATIVITÁS VIZSGÁLATA 16

1. vizsgálat *18*

Módszerek 18

Résztvevők 18

Ingerek 19

Eljárás 19

Az elektromos agyi aktivitás mérése 20

Eredmények 22

Diszkusszió 25

2. vizsgálat *26*

Módszerek 26

Eredmények 27

Diszkusszió 31

A két vizsgálat diszkussziója *32*

Konklúzió *35*

PERIFERIKUS INGEREK AUTOMATIKUS ÉSZLELÉSÉBEN MUTATKOZÓ KÜLÖNBSÉGEK KÉZILABDÁSOK ÉS SPORTLÖVŐK KÖZÖTT: AGYI ESEMÉNYHEZ KÖTÖTT POTENCIÁLOK VIZSGÁLATA 36

Módszerek *39*

Résztvevők 39

Ingerek és eljárás 39

Az elektromos agyi aktivitás mérése 40

Statisztikai elemzés 41

Eredmények *41*

Viselkedéses eredmények ... 41
Eseményhez kötött potenciálok ... 41
Diszkusszió ... *45*

II. RÉSZ: A VIZUALITÁS HATÁSA A MOTOROS FOLYAMATOKRA ... 48

Imitáció ... *48*
Tükörterápia ... *51*
Videó-önmodellálás ... *52*
A LATERALITÁS HATÁSA A LABDARÚGÓ TELJESÍTMÉNYRE ... 55
Módszer ... *57*
Eredmények ... *58*
A játékosok jövedelme ... 58
A negatív perceptuális gyakorisági hatás (szokatlanság hatás) ... 58
Feltételezett veleszületett fölény ... 60
A lábassággal kapcsolatos gyakorisági mutatók ... 61
A lábasság megítélése ... 61
Plaszticitás és lábasság ... 62
További tanulmányok, melyeknek gyakorlati jelentősége lehet ... 63
Diszkusszió ... *63*
A VIDEÓ-VISSZACSATOLÁS LEHETSÉGES SZEREPE LABDARÚGÓK KÉTLÁBASSÁGÁNAK FEJLESZTÉSÉBEN ... 66
Módszerek ... *70*
Résztvevők ... 70
Eljárás ... 70
Elemzés ... 73
Eredmények ... *73*
Preferált láb ... 73
Nem preferált láb ... 75
Diszkusszió és következtetések ... *78*
A BILATERÁLIS KÉSZSÉGEK FEJLESZTÉSÉRE KIALAKÍTOTT TÜKRÖZÖTT VIDEÓ-ÖNMODELLÁLÁS ALKALMAZHATÓSÁGA ELIT CSAPATSPORTOKBAN ... 81
A tanulmány célja ... *81*
Módszer ... *82*
Résztvevők ... 82
Eljárás ... 83
Eredmények ... *84*
Vízilabda ... 86
Kézilabda ... 86
Kosárlabda ... 87
Labdarúgás ... 87
Az interjúk összegzése ... 87
Diszkusszió ... *88*

Következtetések *89*

Kiegészítés *89*

ÁLTALÁNOS DISZKUSSZIÓ 90

KITEKINTÉS 99

KÖVETKEZTETÉSEK 100

IRODALOMJEGYZÉK 101

Ábrák jegyzéke

1. ábra. Az ingerbemutatás egy példája az 1. kísérletből. Egér mozgatás 26° - Sztenderd mintázat 26°. 20
2. ábra. A sztenderd, deviáns és kontroll nagy átlag EKP-k az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben, az első vizsgálatban. 23
3. ábra. 1. kísérlet: Különbségpotenciálok és skalp-eloszlások. A deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások az Azonos és az Eltérő feltételekben. 24
4. ábra. Példa a második vizsgálat ingerbemutatásából. Egérmozgatás 26°-ban, sztenderd ingerek 26°-ban. 27
5. ábra. A 2. vizsgálat sztenderd, deviáns és kontroll nagy átlag EKP-i az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben. 29
6. ábra. 2. kísérlet: Különbségpotenciálok és skalp-eloszlások. A deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások az Azonos és az Eltérő feltételekben. 30
7. ábra. Az ingerbemutatás egy példája. 40
8. ábra. A sztenderd és deviáns ingerek által kiváltott EKP-k a 6 hátsó elektródán a két csoportban (sportlövők felül, kézilabdások alul). 42
9. ábra. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál a hat hátsó elektróda helyén. 43
10. ábra. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciálok PO és O területeken mért átlag amplitúdó értékei a két csoportban (a hibasávok a SH-t mutatják). 45
11. ábra. A felvételek elrendezése felülnézetből. A kép alján látható a kamera a rács mögött, az ellipszisek pedig a játékost szimbolizálják, bal- és jobblábas rúgáshoz való nekifutás előtt. 71
12. ábra. Egy pillanatkép az egyik összehasonlító videóból, ahol a preferált lábas felvétel áttükrözött változata látható alul, felül pedig a nem preferált lábas rúgás. 72
13. ábra. A videó és a kontrollcsoport preferált lábas lövéseinek céltól való eltérése a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája (SH). 74
14. ábra. A videó és a kontrollcsoport preferált lábas lövéseire kapott pontátlagok a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája. 75
15. ábra. A videó- és a kontrollcsoport nem preferált lábas lövéseinek céltól való eltérése a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája. 76

16. ábra. A videó és a kontrollcsoport nem preferált lábas lövéseire kapott pontátlagok a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája. 77
17. ábra. A nem preferált lábas rúgások esetén a felvételek nézegetése és a teljesítménybeli javulás közötti korreláció pontfelhő diagramja. 78

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat. Az első kísérlet viselkedéses eredményei. 22
2. táblázat. A különbségpotenciálok amplitúdó értékei az első kísérletben. 24
3. táblázat. A 2. kísérlet viselkedéses eredményei. 27
4. táblázat. A különbségpotenciálok amplitúdó értékei a második kísérletben. 30
5. táblázat. P1 és N1 átlag amplitúdók a PO és O területeken (SH zárójelben). 43
6. táblázat. P1 és N1 átlag latenciák a PO és O területeken (SH zárójelben). 43
7. táblázat. A résztvevők tapasztalata. 82
8. táblázat: A szakértői vélemények rövid összegzése a három témáról. 84

Kivonat

A disszertáció öt tanulmánya közül az első két tanulmány az automatikus vizuális feldolgozás mozgás általi modulációit vizsgálta EEG módszerekkel. Az első tanulmány 1. vizsgálatának eredményei arra utalnak, hogy az akaratlagos cselekedet és a vizuális inger függetlensége esetén a specifikus alacsony szintű vizuális reprezentációk nem aktiválódnak, legalábbis az eseményhez kötött potenciálok módszerével megállapítható módon. Az első tanulmány 2. vizsgálatában a kézmozgás irányával kongruens állású objektum folyamatos jelenléte már befolyással volt a nem figyelt mintázat elemeinek orientációbeli eltéréseinek szálienciájára, ami a deviáns orientáció automatikus észleléséhez vezet. A 2. tanulmányban a kézilabdás és a sportlövői csoport ugyanazt a sportágfüggetlen mozgáskövetéses feladatot végezte a képernyő közepén, miközben a látótér perifériáján megjelenő ingersorozatban megjelenő változások idegi korrelátumait vizsgáltuk. Nagyobb vizuális eltérési negativitást regisztráltunk a kézilabdások csoportjában, ami a periferikus ingerekre mutatott nagyobb érzékenységükre utal. Emellett, ez a csoportkülönbség már a szenzoros eseményhez kötött potenciál P1-es komponensében is megmutatkozott. Eredményeink azt sugallják, hogy ahogy a rendszeresen gyakorolt sportmozgásokhoz szükséges figyelmi folyamatok is alkalmazkodnak az adott sporthoz, úgy már az azt megelőző automatikus vizuális feldolgozás is módosulhat a különböző sportok specifikus igényeinek megfelelően. A disszertáció 3. tanulmányában bemutatott irodalmi összefoglalóban a lateralitás labdarúgó teljesítményre gyakorolt hatását tekintettük át. Megerősítést nyert az, hogy a bilaterális készségeknek komoly jelentősége van a labdarúgásban, és ennek megfelelően törekszenek is a fejlesztésükre, valamint úgy tűnik, hogy a negatív perceptuális gyakoriság (vagy szokatlanság) hatás szerepet játszik az interaktív sportokban megmutatkozó bal kezes/lábas előnyben. A 4. tanulmányban a videó-visszacsatolás egy speciális módjának hatékonyságát vizsgáltuk 11-13 éves fiú labdarúgók szubdomináns lábas rúgásának fejlesztésben. A kísérleti csoport tagjai (14 fő) a saját domináns lábas rúgásuk áttükrözött felvételét kapták meg otthoni nézegetésre, amin látszólag a szubdomináns lábas rúgás látható, de a domináns oldali ügyességgel kivitelezve. A kísérleti csoport szignifikáns mértékben javult, míg a kontroll csoportban nem volt jelentős javulás. Az eredmények arra engednek következtetni, hogy azoknak jó eséllyel segít a módszer, akik belső motivációjukból fakadóan szeretnék javítani a

szubdomináns lábas rúgásukat. Az 5. tanulmányban félig strukturált interjúk segítségével felmértük 4 csapatsportban (1) a bilaterális készségek észlelt fontosságát, (2) az egyéni videó-visszacsatolás mozgásfejlesztésben történő alkalmazását, (3) a tükrözött videó-visszacsatolás iránt érzett attitűdöt. Ezek alapján megállapítható, hogy a módszer használata és további tesztelése a labdarúgás mellett kosárlabdában és küzdősportokban is javasolható.

A disszertációban bemutatott tanulmányok

1. tanulmány: Kézmozdulatok és egy jelenlévő tárgy orientációjának hatása az orientáció automatikus észlelésére: A vizuális eltérési negativitás vizsgálata

Petro, B., Kojouharova, P., Gaál, Z. A., Nagy, B., Csizmadia, P., & Czigler, I. (2020). The effect of hand motion and object orientation on the automatic detection of orientation: A visual mismatch negativity study. *PLOS ONE, 15*(2), e0229223. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229223

2. tanulmány: Periferikus ingerek automatikus észlelésében mutatkozó különbségek kézilabdások és sportlövők között: Agyi eseményhez kötött potenciálok vizsgálata

Petro, B., Lénárt, Á., Gaál, Z. A., Kojouharova, P., Kökény, T., Ökrös, Cs., & Czigler, I. (Megjelentetés alatt). Automatic detection of peripheral stimuli in shooters and handball players: An event-related potential study.

3. tanulmány: A lateralitás hatása a labdarúgó teljesítményre

Petro, B., & Szabó, A. (2016). The Impact of Laterality on Soccer Performance. *Strength & Conditioning Journal, 38*(5), 66–74.

4. tanulmány:

Petró, B., & Bárdos, Gy. (2014). A videó visszacsatolás lehetséges szerepe labdarúgók kétlábasságának fejlesztésében. *Magyar Sporttudományi Szemle, 15*(4), 28-34.

5. tanulmány: A bilaterális készségek fejlesztésére kialakított tükrözött videó önmodellálás alkalmazhatósága elit csapatsportokban

Petro, B., Ehmann, B., Bárdos, Gy., Szabó, A. (2018). Perceived Usefulness of Mirrored Video Self-Modeling in the Development of Bilateral Competence in Elite Team-Sports. *Journal of Human Sport and Exercise 13(3)* 621-630.

Bevezetés

Számos elmélet hangsúlyozza az észlelés és cselekvés közötti szoros kapcsolatot. Az egyik ilyen a percepció és cselekvés (action) közös kódolásának elmélete (Common coding theory). Az elmélet szerint a percepció és a cselekvés együtt reprezentálódik (közös kód), tehát egy esemény megtekintése aktiválja az eseménnyel kapcsolatos mozgást, és fordítva, a mozdulat végrehajtása aktiválja a kapcsolódó észlelési eseményt (Hommel és mtsai., 2001; Prinz, 1997). Ennek a viszonylag modern, és széles körben elfogadott elméletnek a gyökerei Lotze (1852) korai munkájából erednek. Lotzét követően, James (1890) azt állapította meg, hogy egy cselekedet puszta elképzelése elég annak a motoros programnak az aktiválódásához, ami a cselekedet kivitelezéséhez kell. Később Greenwald (1970) hasonló gondolattal állt elő, miszerint külső perceptuális ingerek automatikusan előidézhetnek cselekedeteket. A mozgáskontrollnak ez az úgynevezett ideomotoros elve azt hangsúlyozza, hogy a cselekedetek nem csak a test mozgásában reprezentálódnak, hanem azokban a disztális perceptuális hatásokban, melyeknek előidézésére hivatottak (Schütz-Bosbach & Prinz, 2007). Ily módon, a cselekedet és a percepció egymásnak megfeleltethetőek (megegyeznek a disztális vonatkozásban), és egy közös reprezentációs médiumban kódoltak (Prinz, 1997). Egy adott mozdulat kivitelezésekor asszociáció jön létre az azt létrehozó motoros mintázat és az abból adódó szenzoros hatás között. Ez az asszociáció aztán a másik irányban is felhasználható úgy, hogy a szenzoros hatások észlelése vagy anticipációja indukálhatja a kapcsolódó mozdulatot (Hommel és mtsai., 2001).

A disszertáció a Bevezetés után két fő részre tagolódik: az I. részben a motoros folyamatok vizuális folyamatokra gyakorolt hatását, a II. részben pedig a vizuális folyamatok motoros folyamatokra gyakorolt hatását tárgyalom. Az I. részben két tanulmány 3 vizsgálatát mutatom be. Mindkét tanulmányban, az agyi eseményhez kötött potenciál mérések módszerein belül a vizuális eltérési negativitást (vEN) mértük, amihez a passzív „kakukktojás” módszert használtuk. Ennek megfelelően ezeket a tanulmányokat egy közös bevezetővel kezdem, majd a két tanulmány bemutatása következik, azok specifikusabb hátterével együtt. A disszertáció II. részében áttérünk a percepció mozgásra gyakorolt hatásának elméleti hátterére, majd három további tanulmányt ismertetek. A harmadik bemutatásra kerülő tanulmány egy irodalmi összefoglaló a lateralitás labdarúgó teljesítményre gyakorolt hatásáról, ami átvezet a negyedik és ötödik tanulmányhoz. A negyedik vizsgálatban ugyanis a labdarúgók

szubdomináns lábas rúgásának fejlesztésére alkalmazott videó-visszacsatolást vizsgáltuk. Az ötödik tanulmányban pedig felmértük, hogy a labdarúgás mellett és ahhoz képest, mely népszerű csapatsportokban törekednek a bilaterális készségek fejlesztésére; valamint hogy hogyan látják az adott sportok képviselői a negyedik vizsgálatban bemutatott videó-visszacsatolás alkalmazásának lehetőségét. A disszertáció az Általános diszkusszióval végződik, benne a kitekintéssel és következtetésekkel.

I. rész: A motoros folyamatok hatása a vizuális folyamatokra

A cselekvés percepcióra gyakorolt hatását gyakran úgy vizsgálják, hogy egy adott területen jelentős tapasztalattal rendelkező egyének észlelését hasonlítják össze a területen kezdőkével. A központi gondolat ebben az, hogy ha a cselekedet alakítja az észlelést, akkor az, amit az ember észlel, mikor megfigyel egy adott cselekvést, attól függ, hogy mennyire tudja maga is kivitelezni a megfigyelt akciót. Tehát az észleletnek eltérőnek kell lennie azoknál, akiknek nincs sok tapasztalata a megfigyelt cselekvéssel, azokhoz képest, akik jelentős mértékű szakértelemmel rendelkeznek a megfigyelt cselekedet végrehajtásában. Egy ilyen vizsgálatra példa Aglioti és munkatársainak tanulmánya (2008), akik kezdő és profi kosárlabdázókat, valamint a profikhoz mérhető vizuális tapasztalattal rendelkező egyéneket (edzők, sportújságírók: „profi nézők”) hasonlítottak össze abban, hogy mennyire tudják a büntetődobások kimenetelét megjósolni. A profi sportolóknak ez sikeresebben ment, mint a másik két csoportnak, és ez a különbség az előtt volt a legnagyobb, mielőtt a labda elhagyta volna a dobó kezét, ami arra utal, hogy a sportolók a test kinematikájából jósoltak. A vizsgálat másik felében TMS-t (transzkraniális mágneses stimulációt) használtak. A profi kosarasoknál és a profi nézőknél is megemelkedett a motoros kiváltott válasz a büntetődobás pillanatában (kontrollként labdarúgó mozdulatok és statikus kosaras képek szerepeltek). Viszont csak a sportolóknál mutatkozott különbség a jó és az elhibázott kosárra dobások megfigyelése között. A szerzők szerint az eredmények arra utalnak, hogy az élsportolói szint elérése összefüggheet egyfajta specifikus anticipatorikus „rezonancia” mechanizmus finomhangolásával, ami az elit sportolók idegrendszerét felruházza mások cselekedetei bejóslásának képességével (Aglioti és mtsai., 2008). Egy másik meggyőző kísérletben szakértői szintű klasszikus balett táncosokat és capoeirásokat (a brazil eredetű táncszerű harcművészet) hasonlítottak össze (Calvo-Merino és mtsai., 2005).

Ebben az fMRI viszgálatban nagyobb aktivitást találtak a premotor és parietális agyi területeken, mikor a művészek a saját táncstílusukat nézték. Tehát a motoros rendszernek több szerep jutott olyan mozgás megfigyelésekor, amiben a megfigyelőnek már volt specifikus motoros reprezentációja. Egy további tanulmányban a kutatók kizárták annak lehetőségét, hogy ez a különbség csupán a vizuális ismerősség hatása lehessen (Calvo-Merino és mtsai., 2006). Szakértői szintű klasszikus balett-táncos nőket és férfiakat vizsgáltak, mialatt genderspecifikus balett mozdulatokat néztek. Így tehát a két csoport (nő és férfi balettosok) ugyanannyiszor látta mindkét nem táncmozdulatait, mivel együtt gyakorolnak. Itt is nagyobb aktivitás volt tapasztalható a motoros területeken és a kisagyban, ha a táncos a saját genderspecifikus mozgásokból álló filmet látta. Mivel a kisagy részt vesz a pontos előrejelzésekben, az eredmény úgy is értelmezhető, hogy a táncosok nem csupán mentálisan szimulálták, hanem elővételezték a megfigyelt mozdulatok következő részeit a saját motoros tudásuk alapján (Schütz-Bosbach & Prinz, 2007).

Azon eredmények alapján, miszerint a saját mozgásrepertoár befolyással van a mozgás megfigyelésére, felmerül a kérdés, hogy ez a hatás milyen korán jelentkezik az egyedfejlődés során. Ha a cselekvés és a percepció együtt fejlődnek, azt várhatjuk, hogy egy mozgás elsajátítása hatással van az adott mozgás megfigyelésére már csecsemőkorban is. Van Elk és munkatársai (2008) 14-16 hónapos csecsemőkön végzett EEG-s vizsgálata ki is mutatta ezt a hatást. A csecsemők mászó vagy járó csecsemők videófelvételeit nézték, miközben a kutatók az EEG jeleket, szemmozgásokat és a testük kinematikáját rögzítették. Erősebb deszinkronizációt mértek a mű- és béta frekvencia sávokban a mászókat mutató videók alatt, amit a nagyobb fokú motoros rezonanciával kapcsolatos jelként tartanak számon. Motoros rezonancia alatt a megfigyelő mozgáskontroll rendszerének cselekvés percepció közben történő aktivációja értendő. Emellett a mű- és a béta frekvencia tartományok aktivitása korrelált a csecsemők saját mászó és járó képességeivel. Tehát a csecsemők erősebb motoros rezonanciát mutattak olyan cselekedetekre, melyekben több tapasztalatuk van (mászás vs. járás), és ennek a motoros rezonanciának az erőssége az adott csecsemő mozgásképességén múlott. Ezen eredmények alapján úgy tűnik, hogy a mozgás kivitelezése és megfigyelése már nagyon korai életkorban hatással vannak egymásra.

A vizuális és motoros folyamatok kétirányú kapcsolatának témaköréből, az első két bemutatásra kerülő tanulmány a mozgásnak és a sportmozgással kapcsolatos figyelmi ablaknak az automatikus vizuális információfeldolgozásra kifejtett hatását

vizsgálta. Az automatikus vizuális információfeldolgozás megbízható mutatója az elektroenkefalográfiával (EEG-vel) mérhető vizuális eltérési negativitás (Czigler, 2007; Kimura és mtsai., 2011). A vizuális eltérési negativitás (vEN) kutatások általában a passzív kakukktojás paradigmát alkalmazzák. Ebben a paradigmában feladat-független gyakori (sztenderd) és ritka (deviáns, kakukktojás) ingereket mutatnak be, mialatt a résztvevők egy figyelmet igénylő feladatot hajtanak végre.

A vEN tehát az eseményhez kötött potenciálok (EKP-k) olyan komponense, amit ingersorozatok szabályosságát megszegő ingerek (oddball, kakukktojás) váltanak ki. A szabályos szekvenciákat jellemezhetik a vizuális tulajdonságok olyan részletei, mint az orientáció, téri frekvencia, szín, stb., perceptuális kategóriák (pl. szimmetria, számosság, egy tárggyal kapcsolatos szabályosságok), vagy magasabb szintű vizuális (pl. érzelmeket kifejező arcok, nem, bal vagy jobb kéz) és szekvenciális jellemzők, sőt szemantikai jellemzők is (Stefanics és mtsai., 2014). A vEN-t a vizuális feldolgozásért felelős agyterületek (okcipitális, temporális és parietális területek) hozzák létre. Néhány tanulmány szerint az elülső agyi struktúrák is szerepet kapnak (pl. Kimura és mtsai., 2010). Mivel a vEN-t feladat-független ingerek váltják ki, ez az EKP komponens az automatikus változásdetekció mutatója (Czigler, 2007; Kimura és mtsai., 2011; Stefanics és mtsai., 2014).

Kézmozdulatok, valamint egy jelenlévő tárgy orientációjának hatása az orientáció automatikus észlelésére: A vizuális eltérési negativitás vizsgálata

Az első tanulmány két vizsgálatból állt. Az első célja a motoros aktivitás által esetlegesen létrejövő vEN modulációjának vizsgálata volt, ami a percepció és a cselekvés közös kódolásának elmélete alapján volt feltételezhető. Az első tanulmány második kísérlete azt vizsgálta, hogy a vizuális mezőben jelenlévő objektum módosítja-e a vEN-t. Ez azért volt feltételezhető, mert egy objektum jellemzői adaptálhatnak olyan vizuális agyi struktúrákat, melyek a vEN-nel kapcsolatos ingerek feldolgozásában is szerepet játszanak, így megváltoztathatják ezeknek a struktúráknak az érzékenységét bizonyos vizuális jellemzőkre (ingerspecifikus adaptáció) (Bodnár és mtsai., 2017).

Az akaratlagos mozgás EKP aktivitásra kifejtett hatását többféle témában kutatják. Néhány tanulmány a motoros aktivitásnak az EKP-k szenzoros komponenseire kifejtett hatásait vizsgálta. A hallási modalitásban egy jellemző eredmény, hogy az

olyan mozgással kapcsolatos hangok, melyek akaratlagos mozgást követően jönnek létre, lecsökkent amplitúdójú N1 komponenst váltanak ki, ami tehát a perceptuális elnyomás egyik korrelátuma (pl. Baess és mtsai., 2011; Ventura és mtsai., 2009). Az elnyomási hatás kutatása az un. „forward" modellen alapul: az akaratlagos mozdulatok eredményei anticipáltak (előre láthatóak), és az anticipált és a bejövő ingerek egybevágása lecsökkent EKP-t eredményez. A hatás ezen magyarázata viszont nem egyértelmű (Horváth és mtsai., 2012). Továbbá, a vizuális modalitásban is meglehetősen vegyesek az eredmények (lásd Csifcsák és munkatársai (2019) irodalmi összefoglalóját). A cselekvés-percepció kölcsönhatás egy másik témája a cselekvési szándék, vizuális figyelem irányára kifejtett hatásának vizsgálata. Az ez irányú kutatások eredményei arra utalnak, hogy a cselekvés célja elősegítheti az adott mozgással kapcsolatos vizuális jellemzőknek az észrevételét (Wykowska & Schubö, 2012). Wykowska és Schubö (2012) a korai (P1) és a későbbi (N2pc) komponensek modulációját regisztrálta, mikor a cselekvésre szólító jel olyan cél keresését előzte meg, amely megfelelt a jelnek (megmarkoló jel és mérettel kapcsolatos cél, valamint rámutató jel és elhelyezkedéssel kapcsolatos cél). Ezen eredmények szerint, mind a szenzoros (amit a P1 tükröz), mind a figyelmi kereséssel kapcsolatos (amit az N2pc mutat) EKP komponensek érzékenyeknek bizonyultak a cselekvés-percepció kapcsolatának lehetőségére, tehát a mozgással kapcsolatos előzetes jelek befolyással vannak a szándékok súlyozásának mechanizmusaira (Muller és mtsai., 2003).

A vizuális eltérési negativitás (vEN) kutatásában az akaratlagos mozgások és a vEN-nel kapcsolatos ingerek lehetséges viszonya eltér a figyelmi kutatásokban vizsgálttól. Ez a különbség azért áll fenn, mert a vEN-nel kapcsolatos ingerek nem tulajdoníthatóak a mozdulatok következményének, hiszen nincs kapcsolatuk a mozgásokkal. Mindamellett, a mozgás jellemzőinek és a folyamatban levő (mozgástól független) vizuális ingerlésnek a reprezentációi közötti interakció esetén azt várhatnánk, hogy az ismételt egyirányú mozgás az irány-specifikus vizuális struktúrák adaptációjához vezet. Így, a gyakori (sztenderd) ingerek orientációjával azonos irányú mozgás az eltérő (deviáns) orientációt kiugróbbá, feltűnőbbé teheti. Egy korábbi tanulmányban valóban nagyobb vEN regisztrált a munkacsoportunk, ha a vEN ingerei színekkel kapcsolatosak voltak és orientáció megkülönböztetés volt a feladat, ahhoz az elrendezéshez képest, mikor a színnel kapcsolatos vEN ingerek szín megkülönböztetéses feladattal párosult (Czigler & Sulykos, 2010). Ennek megfelelően az első tanulmány első vizsgálatában nagyobb vEN-t vártunk abban az esetben, mikor a

mozgásirány és a sztenderd orientáció egybeesik, ahhoz a feltételhez képest, mikor ezek eltérnek egymástól. **Ez a disszertáció 1. hipotézise**. A második vizsgálatban a mozgás irányát egy folyamatosan jelenlévő téglalap orientációja határozta meg. Így vizsgáltuk az orientáció-specifikus adaptáció vEN-re gyakorolt lehetséges hatását. **A disszertáció 2. hipotézise** tehát az, hogy egy ferde objektum folyamatos jelenléte és az objektum orientációjával megegyező mozgásirány befolyással van a nem figyelt mintázatelemek orientációbeli eltéréseinek szálienciájára olyan mértékben, hogy az a sztenderd mintázatsorozatban megjelenő deviáns orientáció automatikus érzékeléséhez vezet. Talán érdemes hangsúlyozni, hogy mindkét vizsgálatban az ingerektől független, azokkal együtt előforduló kézmozdulatok hatását vizsgáltuk, és nem az akaratlagos kézmozdulatok kezdeményezésének vEN-re gyakorolt hatását.

1. vizsgálat

Kísérleteinkben a résztvevők számítógépes egér segítségével egy kis korongot mozgattak a képernyőn két célterület között oda-vissza. Az első kísérletben a két célterületet két kör jelentette. A vizuális eltérési negativitással (vEN) kapcsolatos ingerek párhuzamos, ferde vonalkákból álló háttérmintázatok voltak, melyek a képernyő feladat körüli területén jelentek meg. A gyakori (sztenderd inger) orientációjú, véletlenszerű helyeken megjelenő vonalkákból álló mintázat sorozatos megjelenését időnként ritka (deviáns inger) orientációjú vonalkákból álló mintázat váltotta fel. A deviáns-mínusz-sztenderd különbség („hagyományos” vEN) megjelenését a 100-350 ms-os időintervallumban vártuk a hátsó agyi területeken (Astikainen és mtsai., 2008; Czigler & Sulykos, 2010; File és mtsai., 2017; Kimura és mtsai., 2009; Takács és mtsai., 2013). A sztenderd (ingerspecifikus adaptáció) és a deviáns ingerekkel („tényleges” vEN) kapcsolatos, eseményhez kötött potenciálokban bekövetkező változások elkülönítésére az azonos valószínűségű kontroll eljárást (Jacobsen & Schröger, 2001; Kimura és mtsai., 2009) alkalmaztuk. A deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségek megjelenését a hátsó EEG helyeken vártuk. Ennek megfelelően az okcipitális terület elektródáit együtt vizsgáltuk, létrehozva az okcipitális ROI-t (region of interest, vizsgált terület).

Módszerek

Résztvevők

Huszonnégy jobbkezes, normális, vagy korrigált látású egyetemista (19 nő, átlag életkor = 22,4 év, szórás = 2,1) vett részt a vizsgálatban kurzus kreditért. Írásos,

informált beleegyezést kaptunk minden résztvevőtől a kísérlet előtt. A tanulmány a Helsinki nyilatkozatnak megfelelően és az Egyesített Pszichológiai Kutatási Etikai Bizottság (EPKEB) engedélyével történt.

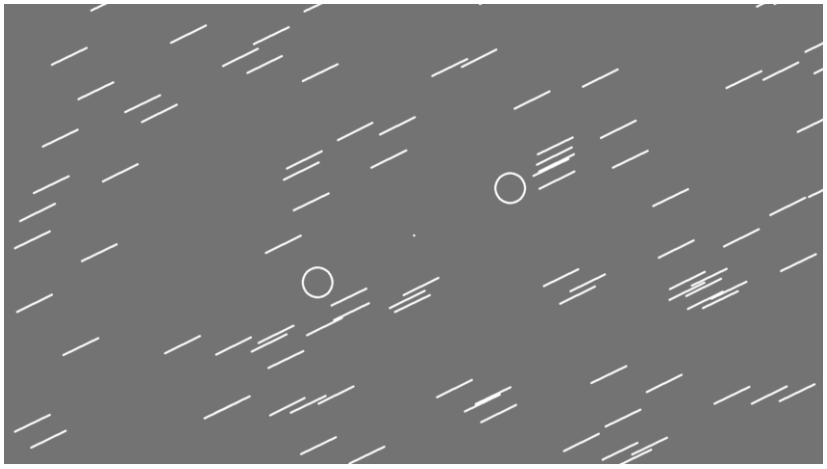
Ingerek

Az ingereket egy 24 colos LCD monitoron (Asus VS229na, frissítési frekvencia: 60 Hz) mutattuk be. Minden inger és a feladattal kapcsolatos grafika szürke háttéren (42 cd/m^2) fehér színben (257 cd/m^2) jelent meg. Az ingerek egy Matlab-ban (2015a verzió, MathWorks, Natick, MA) írt program generálta és jelenítette meg. Egy centiméteres kézmozdulat (egér elmozdulás) 3 centiméteres korong elmozdulásnak felelt meg a képernyőn. A mozgatott korong átmérője 144 cm-es távolságból 0,11°-os látószögnek felelt meg (A képernyőn megjelenő ingerek leírásánál a továbbiakban is fokokban kifejezett látószöggel adjuk meg a méreteket, a terület hagyományainak megfelelően). A két célterületet jelentő kör átmérője 0,77°, a középpontjuk közötti távolság pedig 5,5°. A két kör által meghatározott korong mozgatás iránya 26°-ban (bal alsó pontból jobb felsőbe) vagy 170°-ban (jobb alsó pontból bal felsőbe) történt különböző blokkokban. Informális próbák alapján ezek az irányok kényelmesnek bizonyultak az egérmozgatáshoz. Egy fehér fixációs pont (átmérő: 0,05°) is jelen volt a képernyő közepén a két célt jelentő körtől egyenlő távolságra. Az eseményhez kötött potenciálokkal (EKP) kapcsolatos ingerek 95-100 fehér, párhuzamos vonalkából álltak, melyek egyszerre jelentek meg a képernyő véletlenszerű pontjain, kivéve a két kört és a köztük lévő területet. A vonalkák hossza 1°, szélességük pedig 0,05° volt. Ezek a vonalkák alkották a mintázatot. A kakukktojás blokkokban a mintázat iránya azonos volt a mozgatás irányával, vagy különbözött attól (lásd az Eljárás részben részletesebben). A kontroll blokkokban a mintázat egyenlő valószínűséggel és véletlenszerű sorrendben a következő irányú párhuzamos vonalkákból állhatott: 26, 46,6, 67,1, 87,7, 108,3, 128,9, 149,4 és 170 fok.

Eljárás

A résztvevőket leültettük a sötét és hangszigetelt EEG felvevő szobában. A v.sz.-eket megkértük, hogy a szemüket a kísérleti blokkok alatt a fixációs ponton tartva, mozgassák a korongot az egérrel a két célterület (kör) között oda-vissza gyorsan és pontosan. A vizsgálat egy 1 perces gyakorlással kezdődött, hogy meggyőződjünk, hogy a résztvevő teljesen megértette a feladatot. Az inger (vonalkamintázat) bemutatásának ideje 100 ms volt, az ingerek közötti idő pedig 450-500 ms-ig tartott (16,6 ms

lépésekben). Egy adott mozgásirány-mintázatirány kakukktojás kombinációban 700 sztenderd és 100 deviáns inger (87,5 és 12,5%) szerepelt randomizált sorrendben. Ezeket a kombinációkat két négy perces blokkra bontottuk, hogy elkerüljük az egérmozgatás okozta fáradtságot, és ezeket egymás után mutattuk be. Minden blokk után visszajelzést kaptak a résztvevők arról, hogy hányszor sikerült a korongot átjuttatni az egyik célterületből a másikba. Egy vizsgálat alatt négy kakukktojás kombináció szerepelt: 1. egér mozgatás 26° - sztenderd mintázat 26°; 2. egér mozgatás 170° - sztenderd mintázat 170°; 3. egér mozgatás 26° - sztenderd mintázat 170°; 4. egér mozgatás 170° - sztenderd mintázat 26°. A deviáns mintázat iránya 26° volt a 170°-os sztenderd irány esetében és fordítva. Emellett kétféle kontroll blokk is volt: 1. kontroll 26°-os egérmozgatással, és 2. kontroll 170°-os egérmozgatással. A négy kakukktojás és a két kontroll kombinációt kiegyenlített sorrendben mutattuk be a résztvevők között. Az 1. és 2. kombináció alkotta az „Azonos" feltételt, a 3. és 4. az „Eltérő" feltételt, a kontroll kombinációk pedig „Kontroll" feltételt. Az 1. ábrán az ingerbemutatás egy példája látható.



1. ábra. Az ingerbemutatás egy példája az 1. kísérletből. Egér mozgatás 26° - Sztenderd mintázat 26°.

Az elektromos agyi aktivitás mérése

Az elektromos agyi aktivitást 32 helyen rögzítettük a kiterjesztett 10-20-as rendszernek megfelelően (BrainVision Recorder 1.21.0303, ActiChamp erősítő, Ag/AgCl aktív elektródák, EasyCap (Brain Products GmbH), mintavétel: 1000 Hz, DC-70 Hz online szűrés). A referencia elektróda az orron volt, a föld elektróda pedig a homlokon (AFz). A vízszintes és a függőleges elektro-okulogram (HEOG és VEOG)

jeleket bipoláris konfigurációban két-két elektródával rögzítettük (a két szem külső oldalán, illetve a bal szem alatt és felett elhelyezve). Az EEG jel szűrése Kaiser ablakos FIR (Finite Impulse Response) szűrővel történt (az aluláteresztő szűrő paraméterei: 30 Hz, béta = 12,265, átmeneti sáv szélessége: 10 Hz; felüláteresztő szűrő: 0,1 Hz). Az inger megjelenését fotodióda segítségével mértük, hogy az átlagoláshoz a pontos nulla értéket kapjuk meg. Az ingerek megjelenéséhez viszonyított -100 és 450 ms közötti időtartamokat (epochokat) elemeztük külön a sztenderd, deviáns és kontroll feltételekben. Minden epoch első 100 ms-a szolgált alapvonalként. A bármely elektródán mért 100 μV-nál nagyobb feszültségváltozást mutató epochokat műtermékeknek vettük és kizártuk a további feldolgozásból.

A deviánssal kapcsolatos aktivitás méréséhez a deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálokat külön vizsgáltuk az Azonos és az Eltérő feltételekben. Mindkét különbség okcipitális ROI-ban mért átlagos nagyságát egymintás t-próbával hasonlítottuk a nullához, és ismételt méréses varianciaanalízissel összehasonlítottuk a két különbséget, ahol az összetartozó mintás tényező volt a Különbség (deviáns-mínusz-sztenderd, deviáns-mínusz-kontroll) és a Feltétel (Azonos, Eltérő). Ezeket az összehasonlításokat a 100-150, 150-200 és a 200-350 ms-os időablakokban is elvégeztük. Ezen időablakok kiválasztása korábbi megfigyeléseken alapult. Az első időablak a korai deviáns-mínusz-sztenderd latencia időintervallumának felel meg. Egy ezzel kapcsolatos tanulmányban ugyanis a vEN-t kiváltó mintázat megjelenését követő 100-150 ms-ban jelent meg a vEN (Czigler és mtsai., 2019). A második időablak a poszterior N1 komponens időintervallumának felel meg (Astikainen és mtsai., 2008; Bodnár és mtsai., 2017; Czigler és mtsai., 2019; File és mtsai., 2017; Kimura és mtsai., 2009; Sulykos és mtsai., 2017; Takács és mtsai., 2013), míg a harmadik időablakban deviáns-mínusz-kontroll különbséget regisztráltak Kimura és munkatársai (Kimura és mtsai., 2009). Az összehasonlítások számának csökkentése miatt döntöttünk ezen számítások mellett (Luck, 2014). A post-hoc összehasonlításokhoz a Tukey HSD tesztet, a hatásnagyság számításokhoz a η_p^2-t használtuk. A statisztikai elemzést a Statistica programcsomag segítségével végeztük (13.4.0.14-es verzió, TIBCO Software Inc.).

A viselkedéses teljesítményt az határozta meg, hogy hányszor sikerült az egyik célterületből a másikba átvinni a korongot. A feladat úgy volt kialakítva, hogy a helyes átvitelek száma csak akkor nőtt, ha a korong az egyik célterület elhagyása után a másikba is beér. Kétszempontos varianciaanalízist végeztünk, a Feltétel (Azonos,

Eltérő, Kontroll) és a Blokk sorrend (első, második blokk ugyanabból a feltételből) faktorokkal.

Eredmények

Viselkedéses eredmények

Az első táblázatban láthatóak a résztvevők átlagos átviteleinek számai a sztenderd (Azonos), a deviáns (Eltérő) és a változó (Kontroll) irányú háttérmintázat feltételeiben, valamit az első és a második blokkban. A kétszempontos varianciaanalízis szerint mindkét főhatás szignifikáns, $F(2,46) = 3,97$, $\varepsilon = 0,90$, $\eta_p^2 = 0,15$, $p = 0,030$ és $F(1,23) = 9,33$, $\eta_p^2 = 0,29$, $p = 0,006$. A teljesítmény javult a második blokkokban és jobb volt a Kontroll feltételben. A résztvevők az egész vizsgálatot tekintve átlagosan 2,01 helyes korongátvitelt hajtottak végre másodpercenként.

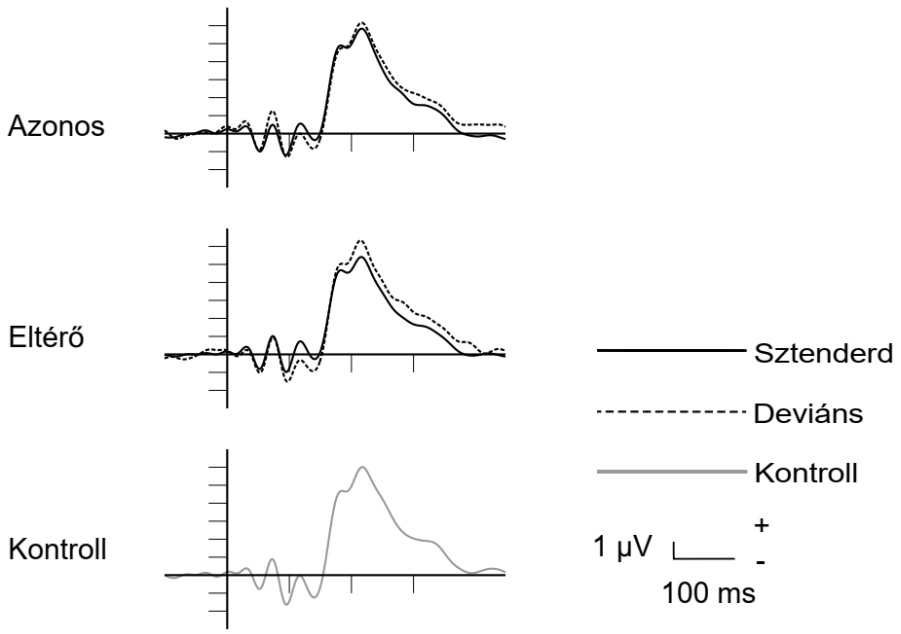
1. táblázat. Az első kísérlet viselkedéses eredményei.

	Azonos	Eltérő	Kontroll
Első	444,0 (24,1)	443,1 (26,4)	475,8 (26,7)
Második	466,5 (27,9)	461,8 (25,4)	491,5 (27,8)

A korongátvitelek átlagos száma az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben, az első és a második blokkban (a standard hiba (SH) zárójelben).

Eseményhez kötött potenciálok

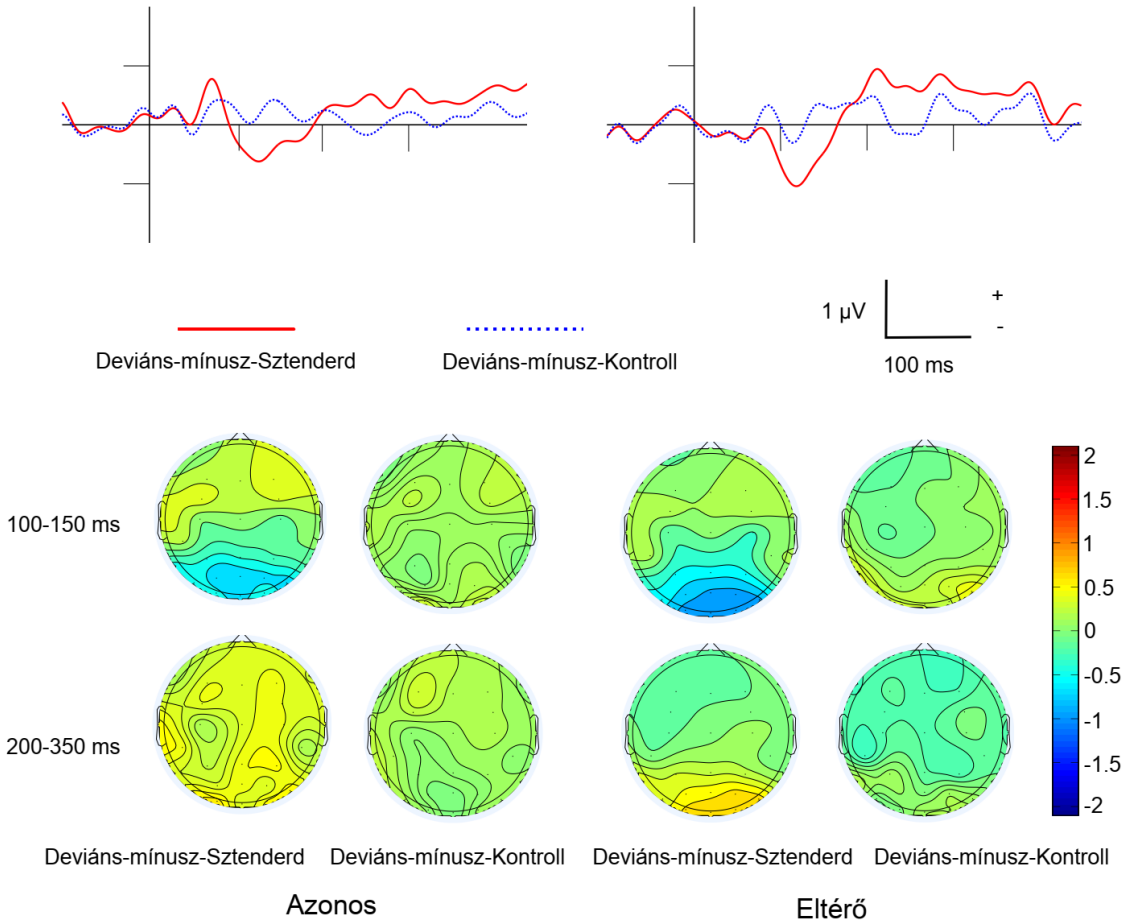
Az összes résztvevőt tekintve átlagosan az epochok 13,19%-át zártuk ki (pislogás, szemmozgás miatt). A 2. ábrán láthatóak a sztenderd, deviáns és a kontroll EKP-k az okcipitális ROI-ban, az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételek mellett. A tipikus exogén komponensek megjelentek az EKP-kban: korai pozitivitás (P1/C1), amit egy dupla negativitás, majd egy pozitív csúcs követ.



2. ábra. A sztenderd, deviáns és kontroll nagy átlag EKP-k az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben, az első vizsgálatban.

Különbségpotenciálok

A 3. ábrán láthatóak a deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások. A 2. táblázat tartalmazza a 100-150, 150-200 és 200-350 ms-os időtartományokban mért átlagos amplitúdó értékeket, és a nullával való összehasonlítás egymintás t-próbáinak szignifikancia-szintjeit. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségben egy negatív csúcs jelentkezett a 100-150 ms-os szakaszban. Az ilyen negatív különbségpotenciál megjelenése a vizsgálat egyik elvárt eredménye volt. Továbbá, 200-350 ms között a különbség pozitívnak bizonyult. Mindemellett, ahogy az a 2. táblázatban látható, a deviáns-mínusz-kontroll különbségekben nem mutatkozott sem pozitivitás, sem negativitás.



3. ábra. 1. kísérlet: Különbségpotenciálok és skalp-eloszlások. A deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások az Azonos és az Eltérő feltételekben.

2. táblázat. A különbségpotenciálok amplitúdó értékei az első kísérletben.

	deviáns-mínusz-sztenderd		deviáns-mínusz-kontroll	
	Azonos	Eltérő	Azonos	Eltérő
100-150 ms	-0,49 (0,22)*	-0,83 (0,23)**	0,22 (0,22)	0,01 (0,17)
150-200 ms	-0,16 (0,22)	0,16 (0,27)	0,18 (0,20)	0,34 (0,25)
200-350 ms	0,40 (0,19)*	0,67 (0,23)**	0,05 (0,18)	0,15 (0,21)

A különbségpotenciálok átlagos amplitúdó értéke (µV) a 100-150, 150-200 és 200-350 ms szakaszokban (zárójelben a S.H.) az okcipitális ROI-ban.
* $p < 0,05$ a t-tesztekben nullával összehasonlítva.
** $p < 0,01$ a t-tesztekben nullával összehasonlítva.

A Különbség (deviáns-mínusz-sztenderd, deviáns-mínusz-kontroll) és a Feltétel tényezőkkel végrehajtott kétszempontos varianciaanalízis alapján a 100-150 ms szakaszban csak a Különbség főhatás bizonyult szignifikánsnak, $F(1,23) = 31,516$, $\eta_p^2 = 0,58$, $p < 0,0001$. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál amplitúdója -0,66 µV, míg a deviáns-mínusz-kontroll különbség amplitúdója 0,11 µV lett. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál nem tért el jelentősen a két feltételben ($t(23) = 0,890$, $p = 0,382$). A 150-200 ms-os epoch-ban nem találtunk szignifikáns különbséget. A 200-350 ms időközben a Különbség főhatás ismét szignifikánsnak bizonyult, $F(1,23) = 15,490$, $\eta_p^2 = 0,40$, $p < 0,001$. A deviáns-mínusz-sztenderd különbség pozitívabb volt (0,54 µV), mint a deviáns-mínusz-kontroll különbség (0,10 µV).

Diszkusszió

Ebben a vizsgálatban a résztvevők folyamatosan mozgattak egy korongot a képernyőn a számítógépes egér segítségével. A mozgatás iránya vagy megegyezett a sztenderd, feladat-független vonalkamintázat irányával, vagy eltért attól. Ez a manipuláció nem gyakorolt hatást a deviáns-mínusz-kontroll negatív különbségpotenciál megjelenésére a 100-150 ms-os időintervallumban. Bár az előzetesen várt különbségpotenciál kialakult (feltételtől függetlenül), az azonos valószínűségű kontroll eljárás megszüntette ezt a negativitást, ami arra utal, hogy ez a negativitás nem tekinthető tényleges vEN-nak. Ebben a vonatkozásban az eredmények hasonlóak Kimura és munkatársai (2009) és File és munkatársai (2017) eredményeihez. A deviáns és a kontroll feltétel közötti különbség hiánya, és az emellett megjelenő deviáns-mínusz-sztenderd negativitás, a sztenderd ingerekkel kapcsolatos adaptációs folyamatoknak köszönhetőek (O'Shea, 2015). A hallási modalitásban ez a magyarázat összhangban van az EKP jelekkel, hiszen a feltételezett adaptációs hatás megfelel az N1 komponens latenciájának (Jacobsen & Schröger, 2001). Mindamellett Ruhnau és munkatársai (2012) az N1 komponenst egy viszonylag korábbi szakaszban regisztrálták, mint a negatív különbségpotenciál latenciája, ami az azonos valószínűségű és kaszkád kontroll eljárások során jött létre. (A kaszkád kontroll azonos valószínűségeket használ, de a különböző ingerek szabályos sorrendben kerülnek bemutatásra. Ezt a kontroll módszert a vizuális eltérési negativitás (vEN) kutatásába File és munkatársainak tanulmánya vezette be (File és mtsai., 2017).) A vizuális modalitásban Kimura és munkatársai (2009) hasonló N1 latenciát regisztráltak, mint a korai deviáns-mínusz-sztenderd negativitás latenciája. A szerzők ezt a hátsó N1 adaptációjaként magyarázták. Ugyanakkor, más, az orientáció eltérés hatását kutató tanulmányban a

különbségpotenciál latencia tartománya nem felelt meg egyik jól definiált EKP komponensnek sem (Astikainen és mtsai., 2008). A jelen tanulmányban a deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál lefedte a korai és késői negativitást is, tehát a különbség nem felelt meg semmilyen EKP összetevőnek sem.

A negatív különbségpotenciált hátsó pozitivitás követte. Pozitivitás megjelenése a vEN tanulmányokban nem példa nélküli (Czigler és mtsai., 2006; File és mtsai., 2018). Az azonos valószínűségű kontroll eljárás megszüntette ezt a pozitivitást, ami azt jelzi, hogy ez az adaptációval kapcsolatosan jelentkezhetett.

A viselkedéses eredmények enyhe tanulási hatást mutatnak. Az eredmények vagy az azonos valószínűségű kontroll változó ingereinek facilitáló hatására utalnak, vagy az oddball szekvencia ingereinek zavaró hatására. Az ilyen teljesítmény változások megbízhatóságát a 2. vizsgálatban ellenőriztük.

2. vizsgálat

A 2. vizsgálatban az 1. kísérlet két célterületét jelző körei helyett egy folyamatosan jelenlévő téglalap körvonala mutatta a korong mozgatásának megkívánt irányát. Ezzel próbáltuk az orientáció-specifikus struktúrák adaptációját elősegíteni. Így nagyobb kontrasztra számítottunk a sztenderd és a deviáns között az Azonos feltételben (ahol a téglalap és a sztenderd ingerek orientációja megegyezik), aminek következtében a tényleges vEN megjelenésének valószínűsége is nő.

Módszerek

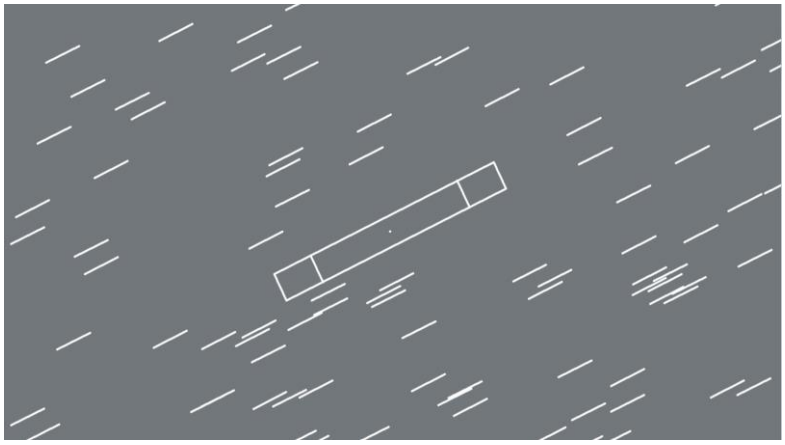
Résztvevők

Huszonhat jobbkezes, normális vagy korrigált látású egyetemista (13 nő; átlag életkor: 22 év, szórás: 2,5) vett részt a második vizsgálatban kurzus kreditért. Írásos, informált beleegyezést kaptunk minden résztvevőtől a kísérlet előtt. A tanulmány a Helsinki nyilatkozatnak megfelelően és az Egyesített Pszichológiai Kutatási Etikai Bizottság (EPKEB) engedélyével történt.

Ingerek és eljárás

Az első és a második vizsgálat ingerbemutatása között az egyetlen különbség az volt, hogy a két célterületet jelző kört lecseréltük egy téglalap körvonalára, aminek a két végén látható volt egy-egy vonal, és ezek határozták meg a korongmozgatás célterületeit. Az ingerbemutatás egy példája a 4. ábrán látható. A téglalap, és így a két célterület szélessége 0,77° volt. A célterületek hossza 1,1°, a középpontjuk közötti táv 5,5° volt. A téglalap 26°-os vagy 170°-os szögben állt. Az EKP-vel kapcsolatos ingerek

megegyeztek az első kísérletben lévőkkel. A feladat a téglalapon belüli korongmozgatás volt a két célterület között oda-vissza, felváltva belépve a célterületekre. Hangsúlyoztuk a gyors és pontos mozgatást (a téglalapon belül tartva a korongot). Ahogy az első vizsgálatban is, a korong átvitelek száma csak akkor emelkedett, ha a korong az egyik célterület elhagyása után a másikba is beér. A résztvevők, ahogy az első vizsgálatban, visszajelzést kaptak az átvitelek számáról, és emellett a hibák számáról is, mikor a korong elhagyta a téglalap területét.



4. ábra. Példa a második vizsgálat ingerbemutatásából. Egérmozgatás 26°-ban, sztenderd ingerek 26°-ban.

Az elektromos agyi aktivitás mérése

Az elektromos agyi aktivitás mérése és elemzése megegyezett az első kísérletben leírtakkal.

Eredmények

Viselkedéses eredmények

A 3. táblázatban találhatóak a résztvevők átlagos átviteleinek számai a sztenderd (Azonos), a deviáns (Eltérő) és a változó (Kontroll) irányú háttérmintázat feltételeiben, valamit az első és a második blokkban.

3. táblázat. A 2. kísérlet viselkedéses eredményei.

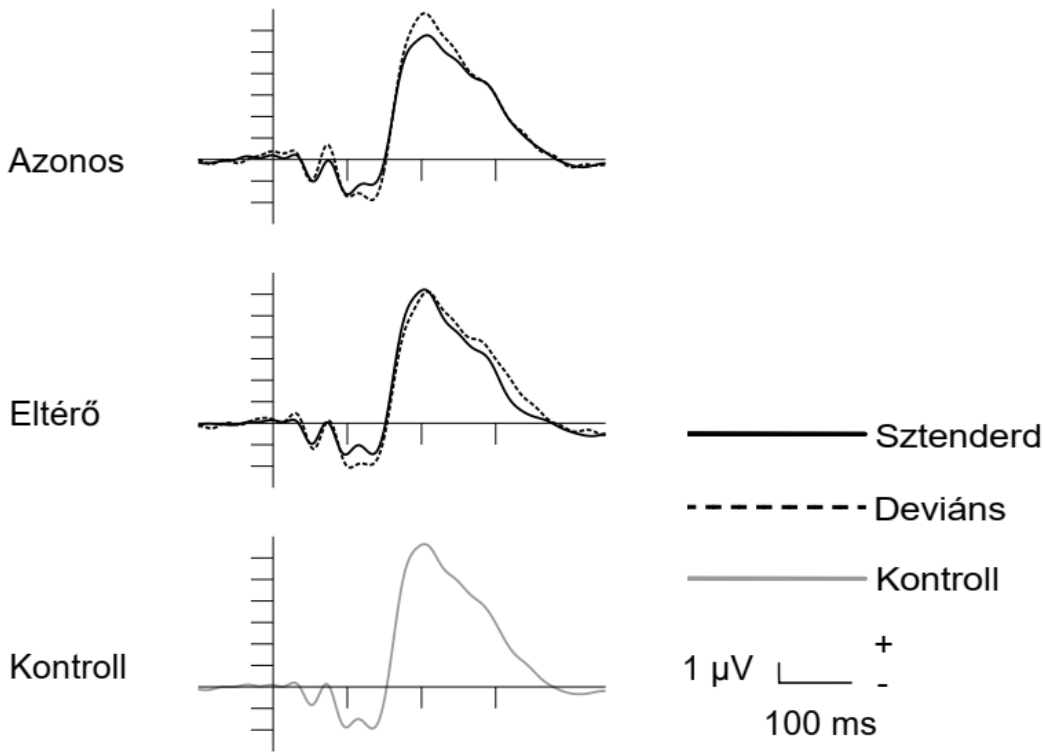
	Azonos	Eltérő	Kontroll
első	398,1 (18,0)	397,6 (20,0)	405,8 (14,3)
második	396,5 (19,4)	396,6 (14,4)	399,5 (14,4)

A korongátvitelek átlagos száma az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben, az első és a második blokkban (a SH zárójelben).

A feladat – az első vizsgálathoz hasonlóan – itt is úgy volt kialakítva, hogy a helyes átvitelek száma csak akkor nőtt, ha a korong az egyik célterület elhagyása után a másikba is beér. A tanulási hatás mérése végett minden feltétel első és második blokkjának teljesítményét külön vizsgáltuk. A teljesítményt itt is az határozta meg, hogy hányszor sikerült az egyik célterületből a másikba átvinni a korongot egy blokk alatt. Kétszempontos varianciaanalízist végeztünk, a Feltétel (Azonos, Eltérő, Kontroll) és a Blokk sorrend (első, második blokk ugyanabból a feltételből) faktorokkal. Sem a Feltétel, sem a Blokk sorrendi főhatás nem bizonyult szignifikánsnak, és interakció sem alakult ki köztük. A résztvevők átlagosan 1,67 átvitelt hajtottak végre másodpercenként az egész vizsgálat alatt. Ez az érték 2,01 volt az első vizsgálatban. Ez a jelentős átvitelbeli csökkenés annak köszönhető, hogy itt a téglalapon belül kellett mozgatni a korongot, ott meg csak a két kör határozta meg az irányt, tehát ott lazábban, kevesebb megkötéssel mozgathatták a korongot.

Eseményhez kötött potenciálok

Az összes résztvevőt tekintve átlagosan az epochok 7,68%-át zártuk ki (pislogás, szemmozgás miatt). Az 5. ábrán láthatóak a sztenderd, deviáns és kontroll EKP-k az okcipitális ROI-ban az Azonos és az Eltérő feltételekben. A nagyon korai pozitivitást (P1/C1) kettős negativitás, majd egy pozitív csúcs (P2) követi.

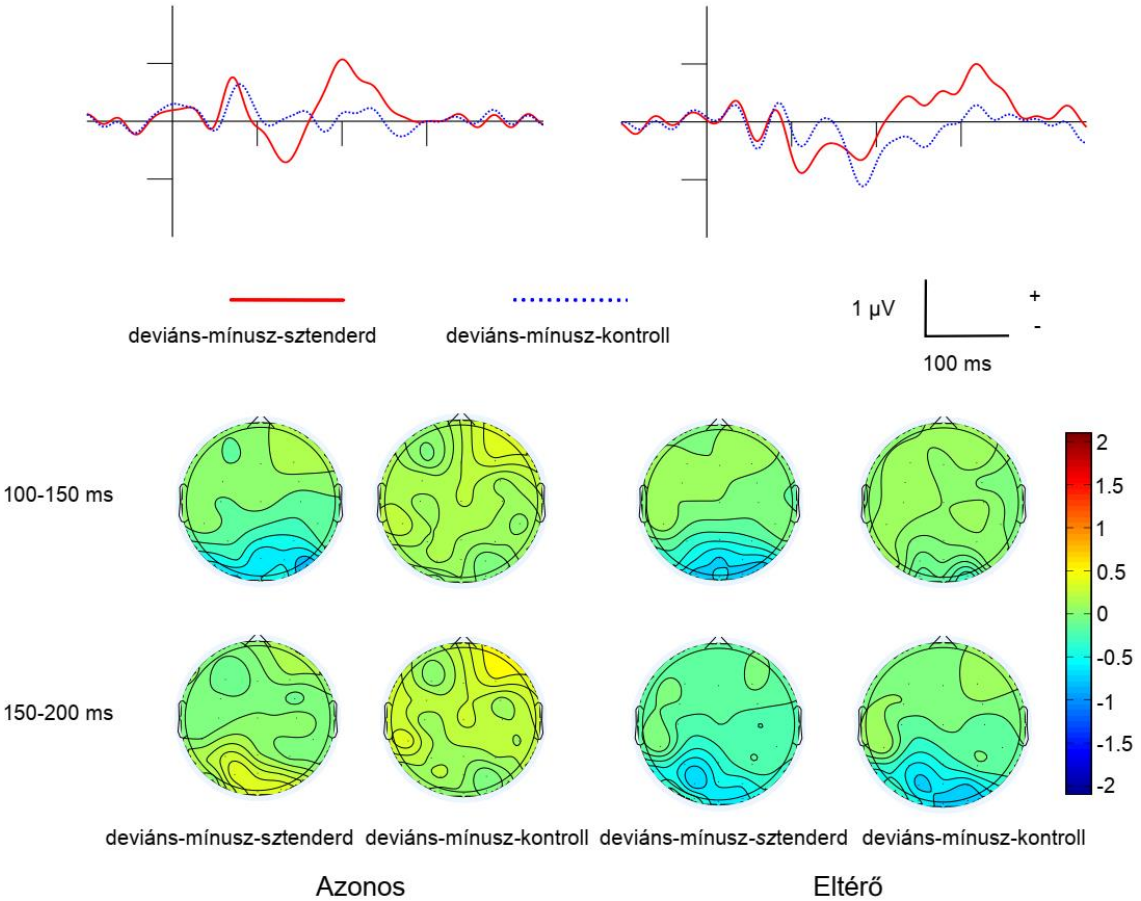


5. ábra. A 2. vizsgálat sztenderd, deviáns és kontroll nagy átlag EKP-i az Azonos, Eltérő és Kontroll feltételekben.

Különbségpotenciálok

A 6. ábrán láthatóak a deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások. A 4. táblázat tartalmazza a 100-150, 150-200 és 200-350 ms-os időtartományokban mért átlagos amplitúdó értékeket, és a nullával való összehasonlítás egymintás t-próbáinak szignifikancia-szintjeit.

A deviáns-mínusz-sztenderd különbségben negativitás jelentkezett a 100-200 ms-os tartományban, amit hosszantartó pozitivitás követett. A deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálban a negativitás a 150-200 ms-os tartományra szorítkozott.



6. ábra. 2. kísérlet: Különbségpotenciálok és skalp-eloszlások. A deviáns-mínusz-sztenderd és a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálok az okcipitális ROI-ban, valamint a skalp-eloszlások az Azonos és az Eltérő feltételekben.

4. táblázat. A különbségpotenciálok amplitúdó értékei a második kísérletben.

	deviáns-mínusz-sztenderd		deviáns-mínusz-kontroll	
	Azonos	Eltérő	Azonos	Eltérő
100-150 ms	-0,47 (0,13)**	-0,62 (0,20)**	0,03 (0,16)	-0,16 (0,22)
150-200 ms	0,40 (0,18)*	-0,51 (0,19)*	0,01 (0,19)	-0,70 (0,20)**
200-350 ms	0,29 (0,17)	0,48 (0,14)**	0,01 (0,21)	-0,14 (0,17)

A különbségpotenciálok átlagos amplitúdó értéke (µV) a 100-150, 150-200 és 200-350 ms szakaszokban (zárójelben a SH) az okcipitális ROI-ban.
* $p < 0,05$ a t-tesztekben nullával összehasonlítva.
** $p < 0,01$ a t-tesztekben nullával összehasonlítva.

A 100-150 ms-os tartomány kétszempontos varianciaanalízise (Különbség x Feltétel) szignifikáns Különbség főhatást, $F(1,25) = 15,605$, $\eta_p^2 = 0,38$, $p < 0,001$, a deviáns-mínusz-sztenderd különbség amplitúdó -0.54 µV, míg a deviáns-mínusz-kontroll különbség amplitúdó -0.06 µV-os értéket mutatott.

A 150-200 ms-os szakaszban a Különbség főhatás szignifikánsnak bizonyult, $F(1,25) = 6,246$, $\eta_p^2 = 0,20$, $p = 0,019$ (a deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál amplitúdója -0.05 µV, a deviáns-mínusz-kontrollé pedig -0.35 µV, tehát az utóbbi negatívabb). Emellett, a Feltétel főhatás szintén szignifikáns lett, $F(1,25) = 10,385$, $\eta_p^2 = 0,29$, $p = 0,004$. Az Azonos feltételben a különbségpotenciál amplitúdója 0,21 µV, míg az Eltérő feltételben ez -0.61 µV lett.

200-350 ms között a Különbség főhatás szignifikáns lett, $F(1,25) = 26,751$, $\eta_p^2 = 0,52$, $p < 0,001$. A deviáns-mínusz-sztenderd különbség amplitúdóra 0,38 µV-ot, a deviáns-mínusz-kontroll amplitúdóra pedig -0,07 µV-ot kaptunk. Továbbá, szignifikáns interakció mutatkozott, $F(1,25) = 7,381$, $\eta_p^2 = 0,23$, $p=0,012$ a Különbség és a Feltétel között. A post-hoc Tukey HSD teszt szerint a deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál mindkét feltételben nagyobb a deviáns-mínusz-kontrollnál, és a különbségpotenciálok különbsége nagyobb az Eltérő feltételben. Míg a deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál amplitúdó nagyobb az Eltérő feltételben, a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciál amplitúdó az Azonos feltételben nagyobb. Viszont mindkét különbség kisebb, mint 0,2 µV, ezért eltekintünk ezen interakció további megvitatásától.

Diszkusszió

A 2. vizsgálatban 100-150 ms között a negativitás nagyobb volt a deviáns-mínusz-sztenderd különbségben, mint a deviáns-mínusz-kontrollban, tehát megismételtük az 1. vizsgálat eredményeit. A 150-200 ms-os tartományban, az 1. vizsgálattól eltérően, a 2. vizsgálatban a deviáns-mínusz-kontroll különbség negatívabbnak bizonyult, mint a deviáns-mínusz-sztenderd különbség. Ami ennél is fontosabb, ez a különbség az Eltérő feltétel negativitásának köszönhető. Ennek megfelelően, ebben a latencia tartományban a folyamatosan látható ferde állású téglalap befolyással volt a tényleges vEN megjelenésére. Fontos megjegyezni, hogy az Eltérő feltételben a téglalap orientációja eltért a gyakori háttérmintázatot alkotó elemek orientációjától, és megegyezett a deviáns mintázatot alkotó elemek mintázatával. Tehát a téglalap orientációja elősegítette a ritka mintázat-orientációra való érzékenységet. Talán hatásosabb eltérés feldolgozás volt várható az Azonos feltétel mellett, a sztenderd

mintázat orientációjának esetleges megerősített reprezentációja miatt. Ez azért volt kézenfekvő hipotézis, mert az orientáció-specifikus idegi struktúrák megnövekedett aktivációja volt feltételezhető, amit az azonos orientációjú téglalap és háttérmintázat válthatott volna ki. Akárhogy is, az eredményeink szerint az adaptáció/eltérés feldolgozása mögött álló rendszer elválasztotta a tárgyat (téglalap) a háttértől. Az utolsó vizsgált epochban (200-350 ms) a deviáns-mínusz-sztenderd pozitivitását a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciál semmissé tette, ahogy az 1. kísérletben is. Bár a korábbi szakirodalom alapján jól megalapozott időablakokat használtunk, megjegyzendő, hogy a vizsgálódási területeinken kívül, az Azonos feltételben a deviáns és sztenderd ingerek P1 komponensének amplitúdója szignifikáns mértékben eltér egymástól ($t(25) = 3{,}230$, $p = 0{,}003$). Továbbá, a kontroll ingerekhez képest is nagyobb P1 amplitúdót váltottak ki a deviáns ingerek ($t(25) = 2{,}885$, $p = 0{,}008$). Tehát az alapgörbéken az „Azonos" feltételben látható P1 különbség a Sztenderd adaptációjának tűnik. P2-ben is látható egy hasonló különbség, ami befolyásolhatta az ANOVA-kat, így nem biztos, hogy tisztán a tényleges vEN-t regisztráltuk a 150-200 ms-os ablakban.

A két vizsgálat diszkussziója

Dőlt állású vonalkákból álló feladat-független mintázat által kiváltott EKP-kat vizsgáltunk. A résztvevők az egeret mozgatták a párhuzamos vonalkák gyakori orientációjának megfelelő irányba (Azonos feltétel), vagy ettől eltérő irányba (Eltérő feltétel). Az 1. vizsgálatban két célterületet jelentő kör határozta meg a mozgatás irányát, míg a 2. vizsgálatban egy téglalap. A sztenderd-deviáns (kakukktojás) blokkok mellett azonos valószínűségű kontroll blokkok is szerepeltek, melyekben nyolcféle vonalka orientáció volt látható véletlenszerű sorrendben, azonos gyakorisággal, ami megegyezett a kakukktojás deviáns gyakoriságával. Bár az 1. vizsgálatban az elvárt negatív különbségpotenciált kaptuk (deviáns-mínusz-sztenderd különbség, a hátsó agyi területek negativitása a 100-150 ms-os tartományban), a mozgásirány nem volt rá hatással, és ez a különbség megszűnt a deviáns-mínusz-kontroll összehasonlításban. A második vizsgálatban a 100-150 ms közötti negativitás hasonló volt az Azonos és az Eltérő blokkokban, viszont a 150-200 ms-es tartományban a negativitás (ami megmaradt a deviáns-mínusz-kontroll különbségpotenciálban is) csak az Eltérő feltételre szorítkozott.

A cselekvés és észlelés közös kódolását kutató tanulmányok eredményeivel szemben nem találtunk kölcsönhatást a mozgás és az észlelés között. Egy tipikus példa a kettő kapcsolatára az önindította mozgásoknak a szenzoros EKP aktivitásra kifejtett

hatása (Baess és mtsai., 2011; Csifcsák és mtsai., 2019; Horváth és mtsai., 2012; Ventura és mtsai., 2009; Wykowska & Schubö, 2012). A mozgással kapcsolatos EKP-hatások elméleti magyarázatai gyakran az anticipált észleléses következményekre koncentrálnak („forward modell") (Wolpert & Miall, 1996). Azonban néhány tanulmány szerint az EKP-hatás általában lecsökkent hallási N1, mozgással kapcsolatos és figyelmi hatásoknak köszönhető (Horváth, 2013; Horváth és mtsai., 2012). A jelen tanulmány eredményei arra utalnak, hogy az akaratlagos cselekedet és a vizuális inger függetlensége esetén a specifikus alacsony szintű vizuális reprezentációk (melyek a mozgás irányával megegyező irányultságot reprezentálnának) nem aktiválódnak, legalábbis EKP módszerekkel megállapítható módon. Vélekedésünk szerint a cselekvés és észlelés közös kódolása a vizuális folyamatok magasabb szintjein jelentkezik, ahol már figyelmi folyamatok is szerepet játszhatnak.

A tényleges vEN hiánya (a deviáns-mínusz-kontroll különbség hiánya) a gyakran bemutatott sztenderd ingerek által létrejövő EKP komponensek adaptációjának köszönhető, ha összehasonlítjuk a ritkán bemutatott deviáns ingerek által létrejövő kevésbé adaptálódott EKP komponensekkel (lásd például Jacobsen és Schröger (2001) tanulmányát a hallási modalitásban, valamint Kimura és munkatársai (2009) és File és munkatársai (2017) kutatásait a vizuális modalitásban). Az eltérési negativitás kutatásának hagyományai szerint a kontroll feltételben semmissé váló deviáns-mínusz-sztenderd különbség a refraktor folyamatnak köszönhető, azaz a bemeneti struktúrák hosszantartó ingerlésekor létrejövő lecsökkent válaszkészségnek (a téma összefoglalóját lásd Näätänen és munkatársai (2005) munkájában, valamint ennek megvitatását O'Shea (2015) és Stefanics és munkatársai (2016) tanulmányaiban). Az eredeti refraktor magyarázat nem tulajdonított funkcionális jelentőséget az amplitúdó csökkenésnek. Ezzel szemben más területeken, például az fMRI kutatásokban, az aktivitás csökkenést funkcionálisan lényeges folyamatnak tekintik, például a kialakult predikció következményének (Summerfield és mtsai., 2008). Az utóbbi időben a hallási és vizuális eltérési negativitást a prediktív kódolás keretében magyarázzák (például Garrido és mtsai., 2009; Stefanics és mtsai., 2014). Ezen magyarázatok szerint az észlelőrendszerek fel vannak készülve a nagy valószínűségű események előfordulására. Az ilyen események feldolgozásához nincs szükség nagyobb idegi hálózatok aktivitására, így energiatakarékosabban működik az agy (Friston & Kiebel, 2009). A sztenderd ingerekre csökkenő aktivitás ennek a jele. Ezen nézet szerint, az eltérésre

adott különböző modalitású válaszok (tényleges EN) hiba jelek, melyeket további feldolgozást igénylő események váltanak ki.

Egy további felmerülő kérdés a különbségpotenciálok EKP komponensekkel való kapcsolata. Jelen vizsgálatokban a deviáns-mínusz-sztenderd különbség a negatív komponensekben (100-200 ms-os tartományban) és a P2 tartományban jelentkezett. A hátsó területek negatív eltérése több forrás, például a mintázat-specifikus komponensek (Jeffreys & Axford, 1972), és az N1 szubkomponensek (Di Russo és mtsai., 2002) összeadódásából fakad. Az eredményeink azt mutatják, hogy az ismételt bemutatások kiterjedt aktivitás csökkenést idéznek elő. Fenntartva azt a nézetet, hogy az EKP amplitúdó csökkenés az emlékezeti reprezentáció létrejöttének a jele, a hátsó területek előre- és visszacsatolásos kapcsolatokkal rendelkező (Koivisto és mtsai., 2017; van Loon és mtsai., 2016) kiterjedt hálózata vesz részt ebben a folyamatban.

Kezdetben azt vártuk, hogy a 2. vizsgálatban a folyamatosan látható téglalap orientációjának és a feladat-független mintázat gyakori orientációjának azonossága hangsúlyozni fogja a deviáns-sztenderd közötti különbséget, és ha a tényleges vEN megjelenik, akkor az az Azonos feltételben történik meg. Ez az elvárás az alacsony szintű folyamatokra épült, azaz az elemi orientáció-specifikus struktúrák aktivitás változására. Ezzel szemben, a tényleges vEN csak a 2. vizsgálatban a 150-200 ms-os tartományban, és csak az Eltérő feltételben jelent meg. Ebben a feltételben a folyamatosan jelenlévő téglalap orientációja eltért a gyakori mintázat elemektől, és megegyezett a deviáns mintázat elemek orientációjával.

Néhány orientáció eltérést vizsgáló vEN tanulmányban megjelent a tényleges vEN (Astikainen és mtsai., 2008; Czigler és mtsai., 2019; Kimura és mtsai., 2009; Kimura & Takeda, 2013), míg File és munkatársai (2017) tanulmányában, és ebben a kutatásban az időtartományok és feltételek többségében az azonos valószínűségű kontroll eltűntette a deviánssal kapcsolatos (tehát tényleges) vEN-t. Astikainen és munkatársai (2008) tanulmányában a résztvevők hallásos ingerekre figyeltek, mialatt a vEN-nel kapcsolatos ingerek jelentek meg a képernyő közepén. Még ha a vEN-nel kapcsolatos ingerek feladat-függetlenek is voltak, a képernyő közepén megjelenő egyedüli vizuális inger megragadhatta a figyelmet (Jonides, 1981). Kimura és munkatársai (2009) tanulmányában a vonalkák orientációja független volt a feladattól, de a résztvevőknek a vonalkák végére kellett figyelniük. A feladattal kapcsolatos objektumoknak ilyen feladat-független jellemzői is magasabb szinten kerülnek feldolgozásra (Duncan, 1984). A figyelmi kontroll szigorúbb volt Kimura és Takeda

(2013) tanulmányában; a ferde vonalkákból álló mintázat közepén lévő célobjektum alkalmankénti méretváltozására reagáltak a résztvevők. Ebben az eljárásban viszont a célinger valószínűsége alacsony volt. Így, két célinger között a résztvevőknek általában lehetett idejük figyelni a vEN-nel kapcsolatos ingerekre. Ezzel szemben File és munkatársai (2017) és a jelen tanulmányban a feladat folyamatos figyelmet követelt meg a látómező közepén. Azt feltételezzük, hogy ilyen folyamatos centrális fixáció esetén a kevésbé kiugró ismétlődő ingerek emlékezet reprezentációt alakítanak ki (a kakukktojás sztenderd aktivitása csökken), de a deviáns megjelenése nem indít el eltéréssel kapcsolatos folyamatot (a deviáns nem vált ki nagyobb aktivitást, mint az azonos valószínűségű kontroll ingerek). A prediktív emlékezeti keretrendszert tekintve, a sztenderd vagy a deviáns szálienciáját (hogy mennyire kiugró, feltűnő) emelve, a deviáns ingerek a folyamatok sorozatát indítják el. Ebben a tekintetben Kojouharova és munkatársai (2019) eredménye fontos. Tanulmányukban ferde vonalkák jelentek meg deviánsként komplex formák sorozatában és fordítva, tehát a deviánsak nagyon különbözőek voltak a sztenderdektől, és a vonalkák tényleges vEN-t váltottak ki. Jelen tanulmányban a folyamatosan látható téglalap és a mintázat elemek orientációja játszhatott döntő szerepet abban, hogy a vEN-nel kapcsolatos ingerek szálienciája olyan szintre emelkedett, ami elindította az eltéréssel kapcsolatos folyamatokat.

Konklúzió

A vizuális mintázat elemeinek gyakori orientációja automatikusan rögzül a vizuális memóriában. Arra nem találtunk bizonyítékot, hogy az akaratlagos mozgás irányának kongruenciája, vagy annak hiánya befolyással lenne a mintázat elemek deviáns orientációjának észlelésére, ezért **a disszertáció 1. hipotézisét** elvetem. Egy ferde objektum folyamatos jelenléte, és az objektum orientációjával megegyező mozgásirány befolyással van a nem figyelt mintázat elemek orientációbeli eltéréseinek szálienciájára, ami a gyakori (sztenderd) orientációjú mintázatsorozatban megjelenő deviáns orientáció automatikus érzékeléséhez vezet. Tehát a **disszertáció 2. hipotézisét** elfogadom.

Periferikus ingerek automatikus észlelésében mutatkozó különbségek kézilabdások és sportlövők között: Agyi eseményhez kötött potenciálok vizsgálata

A 2. tanulmányban az automatikus, perifériks változásdetekció mögött álló rendszer érzékenységének a gyakorlás hatására történő esetleges módosulását vizsgáltuk. A térben különböző elhelyezkedésű események egyidejű feldolgozása rendkívüli fontossággal bír a csapatsportokban (labdarúgás, kézilabda stb.). Más sportokban viszont, például a sportlövészetben, íjászatban a lényeges információ természete ilyen tekintetben épp ellentétes, a sportolóknak ki kell zárniuk a perifériks ingereket. Memmert (2009) a sportolók vizuális figyelmi képességeiről szóló irodalmi összefoglalójában kiemeli a sportolók, edzők és játékvezetők rendkívüli teljesítményét. Mindamellett, a sporttevékenységek nem csak magas szintű figyelmi teljesítményt követelnek meg, hanem az automatikus vizuális információfeldolgozásának hatékonyságát is. A második tanulmány célja a perifériks ingerek automatikus feldolgozásának összehasonlítása volt kézilabdások és sportlövők között. Ehhez a fentiekben már ismertetett vizuális eltérési negativitás (vEN) módszerét használtuk. Kézilabdásoknak a perifériks ingerek feldolgozásában szerzett tapasztalata miatt az ilyen ingerek nagyobb hatását, és a perifériks események változására való nagyobb érzékenységet vártuk, a lövészekkel való összehasonlításban.

A vizuális mező különböző helyeiről származó információ feldolgozásának sportoló résztvevőkkel történő vizsgálata általában figyelemmel kapcsolatos feladatokkal történik, jól megalapozott laboratóriumi paradigmában, vagy sport-specifikus elrendezésben. A legtöbb tanulmány jelentős gyakorlattal rendelkező, vagy elit sportolókat hasonlított össze kezdőkkel, vagy nem sportolókkal. Memmert (2009) összefoglaló tanulmányában arra a következtetésre jutott, hogy az interaktív sportokat (ami a csapatsportokat is magába foglalja) magas szinten gyakorlók általában felülmúlják a kezdőket.

Scharfen és Memmert meta-analitikus áttekintésében (2019) kategorizálták a kognitív funkciókat, és számszerűsítették a kognitív képességek különbségeit tapasztalt és tapasztalatlan sportolók között. Bár a hatásnagyság alacsony vagy közepes volt, a meta-analízis megerősítette, hogy a versenysportolók felülmúlják a kezdőket. Ami lényegesebb, a vizuális-perceptuális funkció kategóriája (perifériks figyelmi ablak,

vizuális orientáció és figyelmi képesség, perceptuális terhelhetőség, több objektum követése, vizuális keresés) bizonyult a legfontosabb tényezőnek ebben a különbségben. Azt feltételezzük, hogy ez a kategória az információfeldolgozásnak a figyelmi és az automatikus aspektusát is magába foglalja. Tehát lehetséges, hogy a perifériks események magas szintű észlelését igénylő sportok versenyzői érzékenyebbek a nem figyelt perifériks változásokra, azokhoz a versenyzőkhöz képest, akiknek a sportja az ilyen események figyelmen kívül hagyását követeli meg.

Különböző sportok más és más fajta téri figyelmet követelnek meg. Hüttermann és munkatársai (2014) horizontális figyelmi mezőt igénylő sportok (labdarúgás, kézilabda) versenyzőit hasonlították össze olyan versenyzőkkel, akik sportja főként függőleges irányú figyelmet igényelt (pl. röplabda) egy célazonosításos feladatban (a látómező egyszerre két helyén megjelenő céllal kapcsolatos objektumok számát kellett megállapítani). A figyelmi ablak vízszintes dimenziója nagyobbnak bizonyult a horizontális figyelmi mezőt igénylő sportok versenyzőinél; és fordítva, a figyelmi ablak függőleges dimenziója nagyobb az ilyen igényű sportok versenyzőinél.

A figyelemmel kapcsolatos tanulmányokhoz képest a nem figyelt események feldolgozásának kutatása ritkább. Erre egy példa Memmert (2006) tanulmánya, melyben a nemfigyelési vakság feladatot használták (Simons & Chabris, 1999). A kiugró, de feladat-független esemény észlelésében a tapasztalt kosárlabdázók jobban teljesítettek a kezdőkhöz képest.

Ahogy a 2. tanulmányban is, az EKP módszert alkalmazták abban a tanulmányban, ahol a gyors labdajátékokban, valamint a táncban szerzett tapasztalat, figyelemre gyakorolt hatásait vizsgálták (Isoglu-Alkac és mtsai., 2018). Profi táncosok, kosárlabdázók, röplabdások, és egy kontroll csoport vett részt a vizuális és a hallásos kakukktojás paradigmában. Az eredmények a figyelemmel kapcsolatos komponensek gyorsabb megjelenését mutatta a sportolók esetében.

Lövészettel és hasonló sportokkal kapcsolatos tanulmányokat tekintve Czigler és munkatársai (1998) rövidebb reakció időket kaptak célazonosításos feladatban, és nagyobb amplitúdójú figyelemmel kapcsolatos EKP komponenseket (kiválasztási negativitás és pozitivitás és N2b) elit lövészeknél. Di Russo és munkatársai (2003) rövidebb szakkád latenciáról számoltak be, és stabilabb fixációkról zavaró ingerek jelenlétében elit lövészeknél. Kim és munkatársai (2019) a koreai nemzeti íjász csapat és egyetemista íjászok kereső stratégiáját hasonlította össze, tényleges íjászathoz hasonló kísérleti helyzetben. A lövés korai fázisában az elit íjászok fixációja hosszabb

volt, és a szakkádok száma is kevesebb volt, mint a kevésbé tapasztalt íjászoknál. Ez az eredmény hasonló a más sportokban tapasztalható elit-kezdő különbséghez (pl. Bosel, 1998; Castiello & Umiltà, 1992; Williams & Davids, 1998).

A 2. tanulmányban az ingerspecifikus exogén komponenseket (P1 és N1) és a vEN EKP komponenst vizsgáltuk. A vEN tanulmányokban a ritka (deviáns) ingerek nagyobb hátsó negativitást váltanak ki, mint a gyakori (sztenderd) ingerek. Ez az aktivitás különbség két folyamatnak köszönhető. Az egyik az, hogy az ingerek ismétlődése, egyféle folyamatos szabályosság, az ingerek adott jellemzőihez való adaptációhoz vezet. A másik az, hogy a deviáns ingerek reprezentációja nem egyezik a sztenderd ingerekével, és ennek az eltérésnek a feldolgozása a hátsó negatív EKP komponensben, a vEN-ben nyilvánul meg (Czigler, 2007; Kimura és mtsai., 2009; Stefanics és mtsai., 2014). Az ingerspecifikus adaptációval (vagy ismétlési elnyomás, repetition suppression) kapcsolatos agyi elektromos aktivitást az emlékezeti folyamatok automatikus kiépülésének tekintik, és ennek a folyamatnak az a szerepe, hogy jóslattal szolgáljon a várható eseményekről (Stefanics és mtsai., 2014). A prediktív kódolás elméletének (Garrido és mtsai., 2009) keretében a deviánssal kapcsolatos többlet aktivitást hibajelnek tekintik. Fontos hangsúlyozni, hogy mindkét folyamat, az ingerspecifikus adaptáció és az ehhez adódó deviánssal kapcsolatos aktivitás automatikus folyamat, az akaratlagos vagy önkéntelen figyelmi orientáció hozzájárulása nélkül.

A 2. tanulmányban Sulykos és munkatársai (2018) által kidolgozott módszer egy módosított változatát használtuk. Annak a tanulmánynak az volt a célja, hogy kidolgozzanak egy gyors kísérleti elrendezést, ami terepen, vagy nehezen elérhető résztvevők esetén is alkalmazható. Lényeges különbség, hogy míg Sulykos és munkatársai (2018) tanulmányában az EKP-val kapcsolatos ingerek a látómező alsó részén voltak, a 2. tanulmányban az ingerek a látómező bal és jobb oldalán helyezkedtek el.

A disszertáció 3. hipotézise tehát az, hogy a laterálisan bemutatott ingerek nagyobb hatást váltanak ki a kézilabdások csoportjában a lövészekhez képest, mert az előbbiek sportja az információ felvételnek szélesebb mezejét igényli. Emellett azt is feltételeztük, hogy a különbségben szerepet játszhatnak az EKP-k korai komponenseit érintő hatások, tehát a szabályos (sztenderd) ingerek reprezentációinak hatékonyabb kiépülése, és ennek a szabályosságnak a megszegésére való nagyobb érzékenység.

Ennek megfelelően nagyobb negativitást vártunk az ingert követő 100-300 ms latencia tartományban.

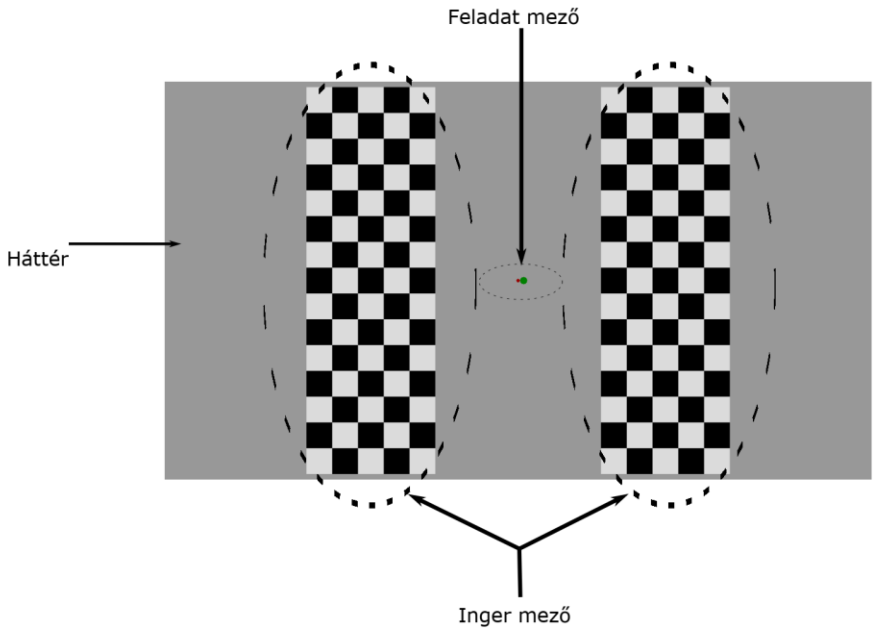
Módszerek

Résztvevők

Húsz sportlövő (10 nő, átlag életkor = 23,6 év, szórás = 6,22) és 20 kézilabda játékos (11 nő, átlag életkor = 20 év, szórás = 1,68) vett részt a vizsgálatban. Minden résztvevő normális, vagy korrigált látással rendelkezett. A lövészekből 18-an első osztályú vagy mester szintű versenyzők voltak, ketten pedig a másodosztályban szerepeltek. A kézilabdások közül mindenki az országos bajnokságban szerepelt. Minden v.sz. legalább heti kettő edzésen vett részt. Előzetes statisztikai erőelemzést végeztünk a szükséges minta nagyságának meghatározásához (alfa = 0,05, statisztikai erő = 0,8, hatásnagyság: f = 0,33 értékekkel). A hatásnagyságot Sulykos és munkatársai (2018) munkája alapján határoztuk meg. Ez a kalkuláció N = 19/csoport mintanagyságot eredményezett. Írásos, informált beleegyezést kaptunk minden résztvevőtől a kísérlet előtt. A tanulmány a Helsinki nyilatkozatnak megfelelően és az Egyesített Pszichológiai Kutatási Etikai Bizottság (EPKEB) engedélyével történt.

Ingerek és eljárás

Az ingereket egy 24 colos LCD monitoron (Asus VS229na, frissítési frekvencia: 60 Hz) mutattuk be. A 7. ábrán látható az ingerbemutatás egy példája. A vEN-nel kapcsolatos ingerek sakktáblamintázatok voltak a képernyő bal és jobb oldalán. A köztük lévő távolság 2,57°-os látószögnek felelt meg a résztvevők 135 cm-es nézőpontjából. A mintázat mérete 6°-os volt függőlegesen és 2°-os vízszintesen. A mintázat 15 x 5 egyenlő nagyságú négyzetből állt. A világos és a sötét négyzetek luminanciája 81,4 and 0,1 cd/m^2 volt. A mintázatok 36,7 cd/m^2 világosságú szürke háttéren jelentek meg. A deviáns mintázatot a sztenderdből alkottuk a sötét és világos négyzetek elhelyezkedésének felcserélésével. Az ingerbemutatás hossza és az ingerek közötti szünetek hossza egyaránt 530 ms ± 50 ms volt. Egy blokkon belül 95 ingert mutattunk be: 76 sztenderdet és 19 devián st. Így egy blokk mintegy 100 s-ig tartott. Két deviáns inger közötti sztenderdek száma véletlenszerűen változott 2 és 8 között. Fordított elrendezésű kontroll blokkokat is használtunk, melyekben a sztenderd és deviáns mintázatok felcserélve szerepeltek. A résztvevők 4 blokkot teljesítettek, fele ABBA, a másik fele BAAB sorrendben, ahol az A az egyik fajta blokk, B pedig a fordított mintázat.



7. ábra. Az ingerbemutatás egy példája.

A résztvevők hasonló mozgáskövetéses feladatot végeztek, mint Sulykos és munkatársai (2018) tanulmányában. A képernyő közepén, az inger mezők között egy piros fixációs pont volt látható (átmérő: 3 perces látószög). Egy zöld korong (átmérő: 6 perces látószög) mozgott vízszintesen a fixációs pont felett, és az volt a feladat, hogy a korongot a fixációs ponton tartsák a billentyűzet bal és jobb nyíl gombjainak segítségével. A fixációs ponttól 0,4 perces látószög távolságra, vagy azon belül tartott korongot tekintettük a helyesen, fixációs ponton tartottnak. Nagyobb távolságban hibajelzésként a korong színe kékre váltott. A feladat folyamatos, a képernyő közepére irányuló vizuális figyelmet igényelt, mivel a korong mozgásiránya véletlenszerűen változott.

Az elektromos agyi aktivitás mérése

Az elektromos agyi aktivitást a kiterjesztett 10-20-as rendszerből válogatott 11 helyen (Fz, P7, P8, PO3, PO4, PO7, PO8, POz, O1, O2, Oz) rögzítettük (BrainVision Recorder 1.21.0303, ActiChamp erősítő, Ag/AgCl aktív elektródák, EasyCap (Brain Products GmbH), mintavétel: 1000 Hz, DC-70 Hz online szűrés). A referencia elektróda az orron volt, a föld elektróda pedig a homlokon (AFz). A vízszintes és a függőleges elektro-okulogram (HEOG és VEOG) jeleket bipoláris konfigurációban két-két elektródával rögzítettük (a két szem külső oldalán, illetve a bal szem alatt és felett elhelyezve). Az EEG jel szűrése Kaiser ablakos FIR (Finite Impulse Response) szűrővel történt (az aluláteresztő szűrő paraméterei: 30 Hz, béta = 12,265, átmeneti sáv

szélessége: 10 Hz; felüláteresztő szűrő: 0,1 Hz). Az inger megjelenését fotodióda segítségével mértük, hogy az átlagoláshoz a pontos nulla értéket kapjuk meg. Az ingerek megjelenéséhez viszonyított -100 és 500 ms közötti időtartamokat (epochokat) elemeztük külön a sztenderd és deviáns feltételekben. Minden epoch első 100 ms-a szolgált alapvonalként. A bármely elektródán mért 100 μV-nál nagyobb feszültségváltozást mutató epochokat műtermékeknek vettük és kizártuk a további feldolgozásból. Az egyéni EKP komponensek és a különbségpotenciálok amplitúdó értékeit a csoportos nagy átlag (grand average) EKP-k és különbségpotenciálok megfelelő tartományaiban mért, legnagyobb pozitivitás/negativitás körüli ±10 ms tartományának megfelelő értékek átlagolásával kaptuk, melyek részletesebben az Eredmények részben találhatóak.

Statisztikai elemzés

Ismételt méréses varianciaanalíziseket (ANOVA) végeztünk az EKP-k P1, N1 és P2 komponenseire a „Csoport" független mintás faktorral, valamint az „Inger" (sztenderd, deviáns), „Anterioritás" (parieto-okcipitális, okcipitális) és „Lateralitás" (bal, középső, jobb) összetartozó mintás tényezőkkel. Greenhouse-Geisser korrekciót alkalmaztunk, ha a szfericitás feltétel sérült. A post-hoc összehasonlításokra Tukey HSD tesztet használtunk. A hatásnagyságot a η_p^2 számítása biztosította. Független mintás t-próbával hasonlítottuk össze a két csoport feladatbeli teljesítményét. A Statistica programcsomagot (13.4.0.14-es verzió, TIBCO Software Inc.) használtuk a statisztikai elemzéshez.

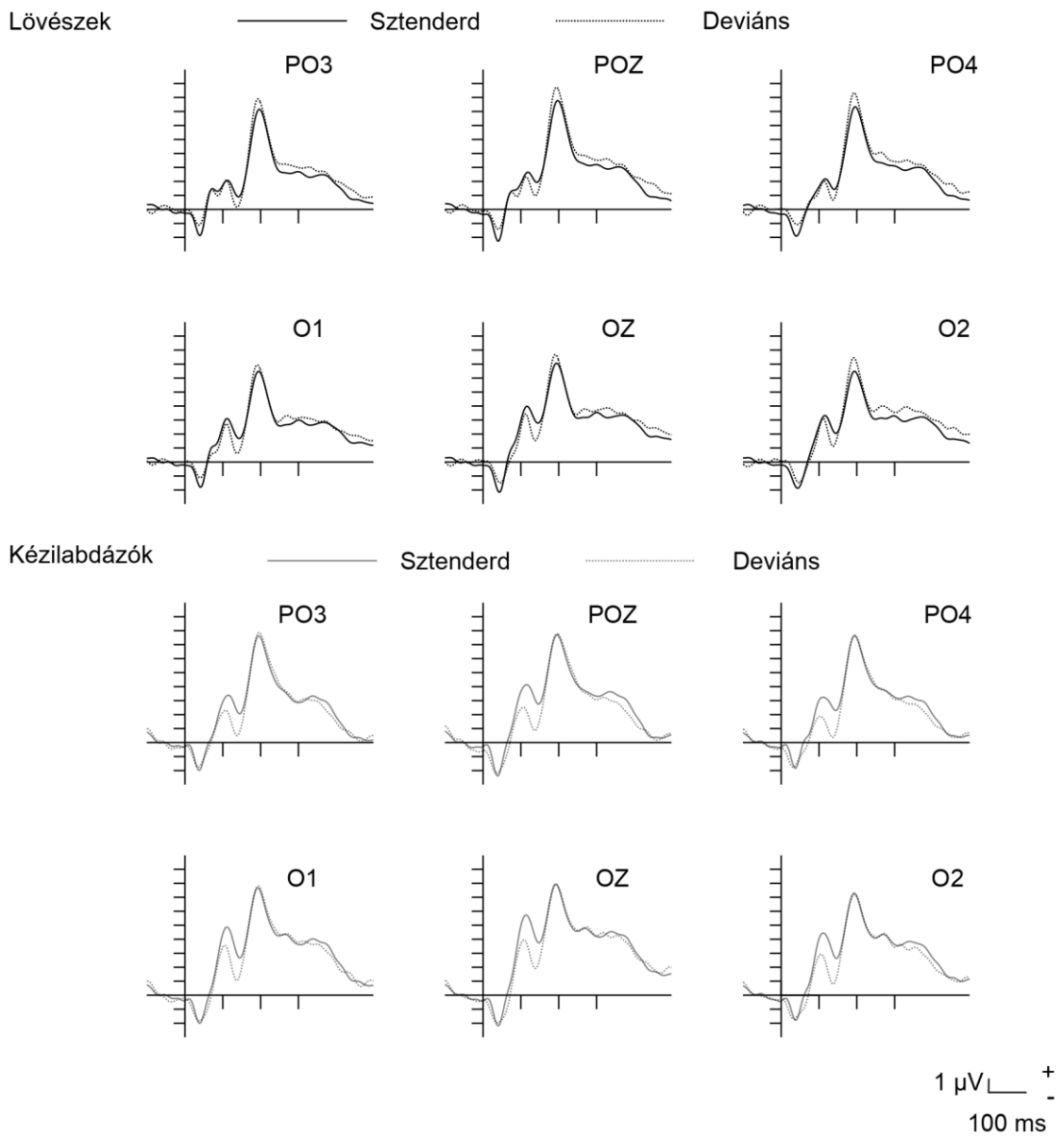
Eredmények

Viselkedéses eredmények

A mozgáskövetéses feladat teljesítményét a korong színváltásainak számával fejeztük ki, tehát avval, hogy a korong hányszor került a célterületen kívülre. A négy blokkban összesen átlagosan 13,6-szer (az átlag sztenderd hibája (SH): 2,62) történt így a sportlövők csoportjában, és 18,15-szor (SH = 3,79) a kézilabdásoknál. A független mintás t-próba szerint ez a különbség nem szignifikáns, $t(38) = 0{,}99$, $p = 0{,}330$.

Eseményhez kötött potenciálok

A 8. ábrán láthatóak a sztenderd és deviáns ingerek által kiváltott EKP-k a hátsó (poszterior) agyi területeken. Ahogy az látható, az ingerek kiváltottak egy korai, hátsó negatív hullámot, ami C1-ként ismert (Di Russo és mtsai., 2002) és a P1, N1 és P2 komponenseket a 100-120, 120-140 és a 170-220 ms időtartományokban.



8. ábra. A sztenderd és deviáns ingerek által kiváltott EKP-k a 6 hátsó elektródán a két csoportban (sportlövők felül, kézilabdások alul).

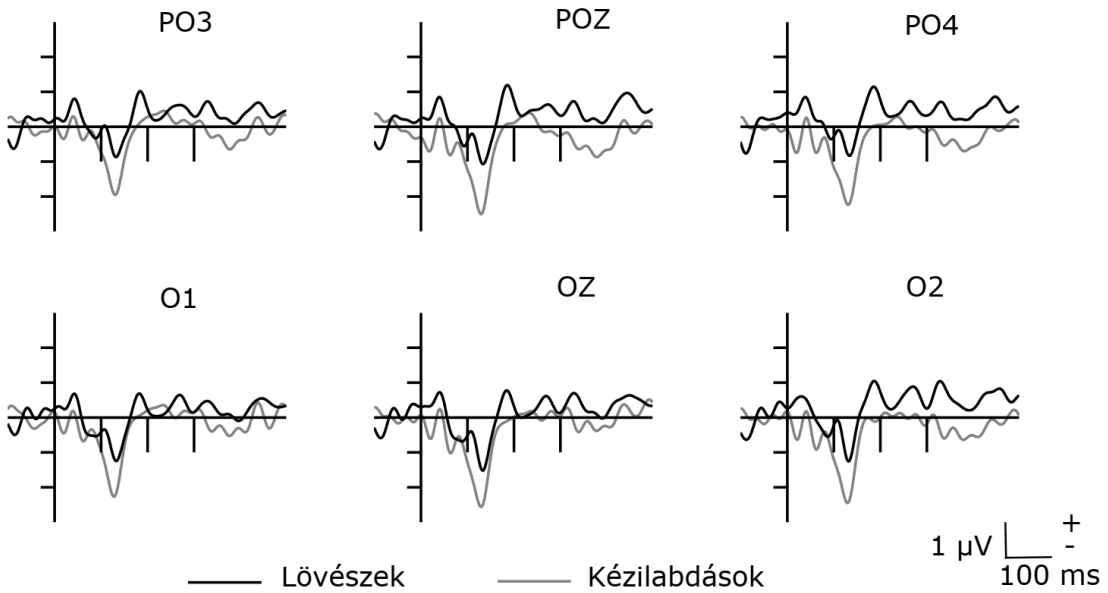
Az 5. táblázat mutatja a sztenderd és a deviáns ingerekre adódó P1 és N1 komponensek átlag amplitúdó értékeit a PO (PO3, POz, PO4) és az O (O1, Oz, O2) területeken a két csoportban. Az átlag sztenderd hibái (SH) zárójelben találhatóak. Ugyanezen komponensek és feltételek latencia értékei a 6. táblázatban láthatóak. A 9. ábra mutatja a deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciált a hátsó területeken. Mint a 9. ábrán látható, 100-150 ms között a különbségpotenciál negativitást mutatott és a kézilabdásoknál nagyobb volt. Szintén észrevehető egy kis pozitív irányú kitérés, mely a P1 és N1 tartományokon belüli folyamat jele.

5. táblázat. P1 és N1 átlag amplitúdók a PO és O területeken (SH zárójelben).

	Parieto-okcipitális		Okcipitális	
	Sztenderd	Deviáns	Sztenderd	Deviáns
P1				
Lövészek	2,198 (0,59)	1,940 (0,79)	3,327 (0,63)	2,837 (0,76)
Kézilabdások	3,508 (0,76)	2,128 (0,62)	4,880 (0,89)	3,316 (0,79)
N1				
Lövészek	1,554 (0,35)	0,800 (0,35)	2,297 (0,40)	1,293 (0,34)
Kézilabdások	2,518 (0,71)	0,757 (0,80)	3,187 (0,85)	1,464 (0,95)

6. táblázat. P1 és N1 átlag latenciák a PO és O területeken (SH zárójelben).

	Parieto-okcipitális		Okcipitális	
	Sztenderd	Deviáns	Sztenderd	Deviáns
P1				
Lövészek	109,77 (3,99)	107,78 (3,60)	115,02 (3,72)	114,27 (2,82)
Kézilabdások	115,27 (4,16)	108,27 (4,53)	115,02 (3,24)	107,57 (3,80)
N1				
Lövészek	126,50 (4,41)	127,53 (4,21)	126,67 (5,05)	127,47 (4,19)
Kézilabdások	136,42 (5,16)	133,55 (4,19)	138,37 (4,82)	135,18 (4,53)



9. ábra. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál a hat hátsó elektróda helyén.

A P1 amplitúdót a 80-140 ms közötti legnagyobb pozitivitásként mértük. A Csoport (lövészek, kézilabdások) x Inger (sztenderd, deviáns) x Anterioritás (PO, O) x Lateralitás (bal, közép, jobb) faktorokkal végzett ANOVA szignifikáns Inger, $F(1,38) = 13,03$, $\eta_p^2 = 0,26$, $p < 0,001$, Anterioritás, $F(1,38) = 24,53$, $\eta_p^2 = 0,39$, $p < 0,001$ és Lateralitás, $F(2,76) = 6,49$, $\eta_p^2 = 0,15$, $\varepsilon = 0,77$, $p = 0,006$ főhatást eredményezett. Emellett két szignifikáns interakciót is felfedett az elemzés, az Inger x Lateralitás, $F(2,76) = 3,99$, $\eta_p^2 = 0,10$, $\varepsilon = 0,68$, $p = 0,039$, és az Inger x Csoport kölcsönhatást, $F(1,38) = 4,61$, $\eta_p^2 = 0,11$, $p = 0,038$. A simple effects teszt szerint a kézilabdások csoportjában a sztenderd ingerek nagyobb P1 amplitúdót váltottak ki a deviánsoknál, a lövészeknél pedig nem volt különbség a kétféle inger között, tehát az Inger főhatás nem valódi.

A P1 latenciára végzett hasonló elrendezésű ANOVA szignifikáns Inger főhatást eredményezett $F(1,38) = 8,85$, $\eta_p^2 = 0,19$, $p = 0,005$, és az Inger x Csoport kereszthatás is szignifikanciát mutatott, $F(1,38) = 4,12$, $\eta_p^2 = 0,10$, $p = 0,049$. A Tukey HSD teszt szerint, a kézilabdások csoportjában a deviánsokkal kapcsolatos P1 korábban jelentkezett.

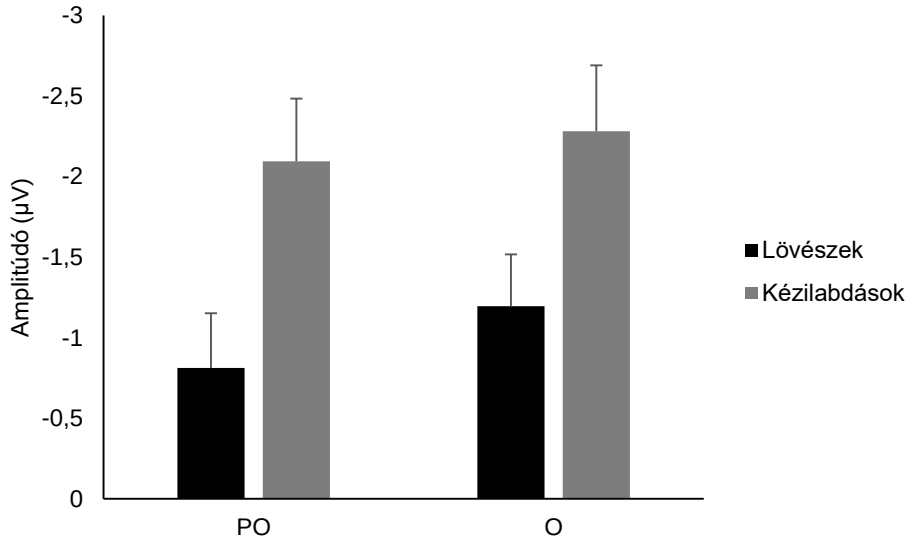
Az N1 komponens egy hosszantartó pozitivitásra épülve jelent meg lecsökkent pozitivitásként. Az N1 amplitúdót a 100-200 ms közötti legnagyobb negativitás vagy legkisebb pozitivitásként mértük. Az ANOVA szignifikáns Inger főhatást mutatott, $F(1,38) = 24,19$, $\eta_p^2 = 0,39$, $p < 0,001$. Az N1 amplitúdó kisebb volt (kevésbé pozitív) a deviáns feltételben. Továbbá, az N1 amplitúdó kevésbé pozitív a parieto-okcipitális területeken ($F(1,38) = 8,73$, $\eta_p^2 = 0,19$, $p = 0,005$, Anterioritás főhatás). Végül, az N1 amplitúdó pozitívabb a középvonalban ($F(2,76) = 8,63$, $\eta_p^2 = 0,19$, $\varepsilon = 0,63$, $p = 0,003$) a Tukey HSD teszt eredménye szerint.

Az N1 latencián végrehajtott ANOVA csak a Lateralitás főhatás szignifikanciáját mutatta, $F(2,76) = 3,55$, $\eta_p^2 = 0,09$, $\varepsilon = 0,84$, $p = 0,042$. A Tukey HSD teszt szerint a latencia hosszabb a bal, mint a jobb oldalon.

A P2 amplitúdó és latencia mérések a Csoport és Inger tényezőkkel kapcsolatban nem eredményeztek szignifikáns hatásokat.

A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciált (a vEN komponens) is a PO3, POz, PO4, O1, Oz és O2 elektróda helyeken mértük. A Csoport (lövész, kézilabdás), Anterioritás (PO, O) és Lateralitás (bal, középvonal, jobb) tényezőkkel végrehajtott ANOVA szignifikáns Csoport főhatást $F(1,38) = 5,41$, $\eta_p^2 = 0,12$, $p = 0,025$, Anterioritás főhatást, $F(1,38) = 9,26$, $\eta_p^2 = 0,19$, $p = 0,004$, és Lateralitás főhatást

eredményezett, $F(2,76) = 4,57$, $\eta_p^2 = 0,11$, $\varepsilon = 0,72$, $p = 0,024$. A Tukey HSD teszt szerint ez utóbbi hatás a középvonalhoz képest kisebb bal oldali különbségpotenciálnak köszönhető. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál parieto-okcipitális (PO: PO3, POz, PO4) és okcipitális (O: O1, Oz, O2) területeken mért csoportok közötti amplitúdó különbségei láthatóak a 10. ábrán.



10. ábra. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciálok PO és O területeken mért átlag amplitúdó értékei a két csoportban (a hibasávok a SH-t mutatják).

Diszkusszió

Ebben a tanulmányban a perifériks, feladat-független események automatikus detekciójára való érzékenységet hasonlítottuk össze kézilabdások és sportlövők között. A feladat-független eseményekként egymást követő ingerek szabályosságát megszegő szabálytalan ingerek szerepeltek. A résztvevők olyan mozgáskövetéses feladatot végeztek, ami a képernyő közepére irányuló folyamatos fixációt igényelt. Mivel mindkét csoport jól teljesített ebben a feladatban, a vizuális figyelem kontrollálását megfelelőnek tartottuk. A feladat-független sakktábla mintázat kiváltotta a „kanonikus" exogén EKP komponenseket, azaz a poszterior C1, P1, C2/N1 és P2 komponenseket. Az N1 a hosszantartó pozitivitásra épült rá, így lecsökkent pozitivitásként jelentkezett. A deviáns és a sztenderd ingerek EKP-i közötti különbség a P1 (100-120 ms) és az N1 (120-140 ms) komponensek tartományaiban negatív eltérésként jelentkezett a parieto-okcipitális és okcipitális területeken. Az N1-es tartományban a különbség megbízhatóan jelentkezett mindkét csoportban. A P1 és N1 amplitúdók nagyobbak voltak az okcipitális és a középvonali területeken.

A kézilabdások csoportjában a deviáns ingerek P1 komponense kisebb amplitúdóval jelentkezett, mint a sztenderdeké. A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciálban (a 125-135 ms-os tartományban) nagyobb negativitást regisztráltunk a kézilabdások csoportjában.

Feltételezésünk szerint ezek az eredmények a két csoport automatikus információfeldolgozása közötti különbséggel kapcsolatosak. A kézilabdásoknál mért deviáns P1 amplitúdóhoz képest nagyobb sztenderd P1 amplitúdó, az egyébként irreleváns ingerek hatékony korai feldolgozásának jele. Egy lehetséges magyarázat az, hogy a negatív deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál már a P1-es tartományban elkezdődött. Ezt az értelmezést támasztja alá a deviánsok P1 komponensének rövidebb latenciája (Luck, 2014, Fejezet 2.), különösen a kézilabdások csoportjában. Ugyanis, ha a negatív deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál a P1 csúcs latencia sávját is érinti, akkor már abból is kivonódik, így egy korábbi része lesz nagyobb, azaz a csúcs korábbra tolódik. A különbségpotenciálok pozitív irányú kis kitérése a P1 és N1 tartományok külön folyamataira utal. Ennek az előzetesen nem feltételezett megfigyelésnek a magyarázata viszont túlmutat a jelen tanulmány céljain.

A deviáns-mínusz-sztenderd különbségpotenciál két folyamat összeadódásából áll: a gyakori (sztenderd) ingerekre adódó csökkenő aktivitás (ingerspecifikus adaptáció), és a ritka ingerek feldolgozásával kapcsolatos megnövekedett aktivitás (tényleges vEN) (Kimura és mtsai., 2009). Bár a P1-es hatás nehezen értelmezhető aktivitás csökkenésként, az, hogy a különbségpotenciálok és az N1 amplitúdó maximumainak latenciái majdnem megegyeztek, arra utal, hogy az ingerspecifikus adaptáció hozzájárult a különbségpotenciál létrejöttéhez. Mindemellett, mindkét folyamat erősebbnek tűnik a kézilabdások csoportjában.

A prediktív kódolás keretrendszere, ami a vEN kialakulásának magyarázatául is szolgál (Garrido és mtsai., 2009; Stefanics és mtsai., 2014), mindkét folyamatot alapjául veszi. Ezen értelmezés szerint a környezet szabályszerűségének reprezentációja (ebben az esetben a sztenderd sakktáblamintázat) bejósolhatóvá teszi a várható események jellemzőit. Ennek a reprezentációnak a kialakulását mutatja az ingerspecifikus adaptáció (O'Shea, 2015). Az egyszerű ingerek, mint a sakktáblamintázat elemeinek elhelyezkedése a hátsó kérgi területeken reprezentálódnak (Susac és mtsai., 2014; Urakawa és mtsai., 2010). A bejövő és az elvárt ingerek reprezentációi közötti eltérés hibajelet vált ki, és a hibajel addig jelen van, amíg a bejövő inger bele nem illik az aktualizált reprezentációba. A tényleges vEN ennek a folyamatnak a jele.

Vagy a feladat-független környezeti események reprezentációjának hatékonyabb felépülése miatt, és/vagy a nem figyelt változások hatékonyabb detekciója és feldolgozása miatt, a kézilabdások csoportja nagyobb érzékenységet mutatott, mint a sportlövők csoportja. Másként megfogalmazva, a lövészek kevésbé fogékonyak az irreleváns ingerlés figyelemelterelő hatására. **A disszertáció 3. hipotézisét** tehát elfogadom. Ezen eredmények szerint a különböző sporttevékenységek specifikus követelményei nem csak a figyelmi teljesítményre, hanem az automatikus (figyelmet megelőző) vizuális feldolgozásra is hatással vannak.

Jelen tanulmány fontos vonatkozása, hogy nagyon rövid vizsgálatok (kevesebb, mint 20 perc, az EEG felvétel előkészítését is beleértve) is elegendőnek bizonyultak a csoportkülönbségek kimutatására. A vEN módszer alkalmazott felhasználása felé vezető út következő lépése az egyéni különbségek és az egyéni mérések változásainak kutatása lehet, ami összefügghet a sportteljesítménnyel, vagy annak előrejelzője lehet.

II. rész: A vizualitás hatása a motoros folyamatokra

Egyre több kísérleti eredmény bizonyítja, hogy a motoros területek nem csak akkor aktiválódnak, mikor a cselekedeteket hajtjuk végre, hanem akkor is, ha csak elképzeljük a mozgást (mentális gyakorlás), vagy csak megfigyeljük azt (Jeannerod, 2001). Ennek az idegsejt aktivitásnak a neurofiziológiai háttere az un. tükörneuronok felfedezésén alapul, ami makákó majmok vizsgálata során történt (Gallese és mtsai., 1996; Rizzolatti és mtsai., 1996). A tükörneuronok jellegzetessége, hogy akkor tüzelnek, ha a majom célirányos kézmozdulatot tesz, és akkor is, ha ilyen, de más majom vagy ember által kivitelezett mozdulatot figyel meg. Hasonlóan működő emberi idegsejtekről számolnak be EEG (pl. Calmels és mtsai., 2006) és agyi képalkotó eljárásokat alkalmazó vizsgálatok (pl. Grèzes és mtsai., 2003), és ezek alátámasztják azt a nézetet, hogy a tükörneuronok alkotják a megfigyelés-cselekvés kapcsolat alapjait. Emberek esetén a tükörneuronok aktivitása a megfigyelt mozgásformától függ. A tükörneuron rendszer minimálisan aktiválódik, ha a megfigyelt akció biomechanikailag kivitelezhetetlen, vagy ha az nem tartozik a megfigyelő mozgásrepertoárjába. Hasonlóképpen, a megfigyelt mozgásban való jártasság szintén befolyásolja a rendszer aktivációját. Erősebb kétoldali parietális és bal oldali motoros aktiváció mutatkozik tapasztalt balett-táncosoknál, ha maguk által gyakorolt táncmozdulatokat figyelnek meg, olyan mozdulatok megfigyeléséhez képest, melyeket fizikálisan nem tapasztaltak meg, csak látták őket (Calvo-Merino és mtsai., 2006). A tükörneuron kutatások összevetésénél és az alkalmazások során is fontos eredmény továbbá, hogy a megfigyelés idegi korrelátumai érzékenyek a megfigyelés előtt kapott instrukciókra. Például különböző agyterületek aktiválódnak, ha az a megfigyelő feladata, hogy később imitálja azokat, vagy ha csak a mozdulatok felismerése a feladat (Decety és mtsai., 1997). A későbbi imitációs feladat esetén a cselekedetek tervezésével és kivitelezésével kapcsolatos területek aktiválódtak (pl. mindkét oldali dorsolaterális prefrontális kéreg, bal oldali anterior kiegészítő (supplementary) motoros terület), míg a felismeréses feladatban az emlékek kódolásával kapcsolatos területek (főként a jobb parahippokampális girus) aktiválódtak.

Imitáció

Úgy tűnik tehát, hogy a tükörneuronok közrejátszanak az emberi imitációban, mégis fontos megjegyezni, hogy a majmoknál talált tükörneuron jelenség emberre történő kivetítésével óvatosan kell bánni (Wilson & Knoblich, 2005). Például majmok

esetében a tükörneuronok kifejezetten célirányos kéz és szájmozdulatokra aktiválódnak, különösen tárgyak megragadásának látványára. Ez tehát távol áll attól, hogy olyan neuronokat azonosítsanak, melyek teljes testmozdulatok, vagy újszerű mozdulatok imitációját kódolná. Emellett, a szigorúan kongruens tükörneuronok, melyek aktívak a cselekvések végrehajtásakor és megfigyelésekor is, csupán egy nagyobb rendszer részei. A nagyobb rendszerbe tartoznak a tágabb értelemben kongruens tükörneuronok, melyek logikai kapcsolatban lévő akciókra válaszolnak (például egy tárgy elhelyezésére és a tárgy megragadására), valamint a kanonikus neuronok, melyek akkor aktiválódnak, mikor a majom lát egy tárgyat, vagy ha egy megfelelő cselekvést hajt végre azzal a tárggyal. Mindemellett fontos, hogy kevés bizonyíték van arra, hogy a makákók imitálnának. Mindenesetre a majmokban felfedezett tükörneuron rendszer evolúciós előfutára lehet annak a neurológiai rendszernek, amely az emberi imitáció alapja (Wilson & Knoblich, 2005).

Az emberi imitáció meglepően általános jelenség. Az emberek tudattalanul is utánoznak arckifejezéseket, ami kapcsolatba hozható az érzelmi fertőzés jelenségével. Emellett testtartásokat, gesztusokat, hanghordozást, kiejtést, légzésritmust is utánzunk tudattalanul, automatikusan és gyorsan (Wilson & Knoblich, 2005). Így tehát az imitáció az inger-válasz kompatibilitás szélsőséges esete, ahol az emberek gyorsabban válaszolnak, ha a kiváltó inger valamilyen szempontból hasonló az adandó válaszhoz. Ennek megfelelően például az emberek gyorsabban hajlítják be az ujjukat, ha a kiváltó inger egy ujjhajlítást mutató videó, mint ha valami más lenne az inger. A vizuális ingerek és a mozgás közötti kapcsolatra jellemző továbbá, hogy egy ujjmozdulatot gyorsabban hajtunk végre egy tetszőleges ingerre, ha a feladattól látszólag függetlenül egy válasz-kompatibilis ujj mozdulat látványának vagyunk kitéve, és lassabban, ha a válasszal inkompatibilis látvány társul az ingerhez (Brass és mtsai., 2000). Hasonlóképp, egy karmozdulat végrehajtása is nagyobb variációt mutat, ha közben inkompatibilis karmozdulatot lát az ember (Kilner és mtsai., 2003). Az emberek gyorsabban ejtenek ki egy szótagot (/pa/, /ta/ vagy /ka/) ugyanannak a szótagnak a hallatára, mint ha magas, közepes vagy mély hang adná az ingert. Az imitáció gyorsaságára jellemző, hogy imitáló válaszadás közel olyan gyors, mint egy előre kiválasztott szótaggal történő reakció (Fowler és mtsai., 2003). Imitációt tehát nem csak a vizuális inger vált ki. Ezt erősíti az az eredmény is, hogy zongora dallamok hallása, kézmozdulatokért felelős motoros aktivitást vált ki zongoristákban, és az aktiválódó területek megkülönböztethetőek, ha tipikusan kisujj vagy hüvelykujj használatának

megfelelő hangot hallanak. Érdekes módon a zongorabillentyűzettel 20 perce ismerkedő kezdőknél is kimutatható volt kézmozdulatokért felelős motoros aktivitás ezekben a magnetoenkefalográfiás vizsgálatokban (Bangert & Altenmüller, 2003). Ezek az eredmények rámutatnak, hogy az imitációban résztvevő új idegrendszeri kapcsolatok könnyen kiépülhetnek, és úgy tűnik, hogy a különböző szenzoros modalitású kongruens ingerek előfeszíthetik a megfelelő motoros választ. Mindez a sport és videó-visszacsatolás kapcsolatának vizsgálatában is nyilvánvaló jelentőséggel bír.

Az imitáció emberi egyedfejlődésben betöltött alapvető szerepére utal, hogy már újszülötteknél is megfigyelhető. A kezdeti megfigyelések főként a nyelvöltés és arcmozdulatok utánzását vizsgálták és ezek szerint már néhány órás újszülöttek is imitálnak (pl. Meltzoff & Moore, 1977; Reissland, 1988). Az újszülöttek imitációjának kutatásában fontos szerepet kaptak az olyan mozdulatok vizsgálatai, amiket a gyermek nem láthat magán (például nyelvöltés). Ez azon elméleti okból kapott kiemelt hangsúlyt, hogy a Paiget-i elmélet szerint az ilyen mozdulatok hónapokkal később jelentkeznek azokhoz képest, amiket a csecsemő magán is megfigyelhet (például kézmozdulatok). A nyelvöltés utánzás kutatásának viszont egyik hátránya, hogy a csecsemők alapállapotukban is viszonylag gyakran végzik ezt a mozdulatot, így a spontán és imitáló mozdulatok nehezen elkülöníthetőek. Emellett az is nehezíti így az újszülött imitáció személyközi funkciójának kutatását, hogy eközben az arcot kell „eszközként" használni, aminek a társas kommunikáció lenne az elsődleges szerepe. Ezzel szemben az ujjmozdulatok utánzásának kutatásában ezekkel a hátrányokkal nem kell számolni. Sőt előnye, hogy az imitáció lateralitása (oldalisága) az újszülött imitáció idegi alapjainak megértését is elősegítheti. Az utánzás lateralitása lehet főként bal- vagy jobbkezes esetleg kevert, valamint a bemutatáshoz képest azonos oldali (anatómiai) vagy tükörképszerűen kivitelezett, tehát a jobbkezes bemutatásra bal kezes imitáció is mutatkozhat. Sokáig úgy gondolták, hogy a független ujjmozdulatok a születés utáni 6-12 hónapra alakulnak ki. Nagy és munkatársai (2005) viszont azt találták, hogy már a néhány órás újszülötteknél is megfigyelhető a mutatóujj kinyújtásának imitációja. Vizsgálatukban percenként egy mutatóujj kinyújtást mutattak az újszülötteknek, akiket videóra vettek és a vizsgálat célját nem ismerő értékelők kódolták a csecsemő mozdulatait. A 25 ujjnyújtást tartalmazó sorozat alatt az újszülöttek egyre rövidebb válaszidővel és növekvő pontossággal imitáltak. Érdekes módon ez főként bal kézzel történt. A felnőtt agy tükörneuron rendszerében a kétoldali területek mellett vannak lateralizált komponensek is (például a Broca terület a bal féltekében), amiket különböző

mozgásformák utánzásáért felelős közös idegi hálózat részeként tartanak számon. Az újszülöttek imitációjában megfigyelt lateralitás talán arra utalhat, hogy az aktiválódó idegi hálózat bizonyos részei a felnőtt tükörneuron rendszer lateralizált területeinek felelnek meg. Így a bal oldali ujj imitáció a bal oldali tükörneuron rendszer aktivitásával magyarázható, ha számba vesszük az azonos oldali motoros idegpályák szerepének mozgásban betöltött potenciális szerepét. A bal oldali ipszilaterális (azonos oldali, átkereszteződés nélküli) motoros idegpályának nagyobb szerepe van a komplex finommotoros mozgásokban, és ez gyorsabb is, mint a kontralaterális (ellentétes oldali, átkereszteződő) pálya. Így ez egy lehetséges magyarázat az imitáció többnyire balkezes kivitelezésére. Másrészt a jobb félteke dominál a fejlődés első éveiben és a bal féltekés dominancia a 3. életévre alakul ki (Chiron és mtsai., 1997). Így a jobb félteke dominanciája, annak kontralaterális mozgató pályája által szintén magyarázattal szolgálhat a balkezes imitáló mozdulatokra. A jobb félteke dominál az érzelmek és arcok feldolgozásában, ezért a kézmozdulatokra történő jobb féltekés dominancia arra utalhat, hogy az újszülött imitáció nem egyszerűen a mozdulatok utánzása, hanem motivált, kifejező viselkedés is lehet (Nagy és mtsai., 2005).

Tükörterápia

A vizuális ingereknek a motoros folyamatokra kifejtett hatására épül Ramachandran (2005) tükörrel végzett rehabilitációs módszere. Az amputáción átesett páciensek gyakran fantom végtagról számolnak be, és sok esetben a fantom végtag „meg van bénulva” egy fájdalmas pozícióban. A módszer lényege, hogy ilyenkor egy tükröt helyeznek a páciens középvonalára, a mellkasára merőlegesen úgy, hogy a páciens szemszögéből az ép kezének tükörképe az amputált kéz helyére essen. Ha ebben a helyzetben mozgatja a beteg az ép kezét, esetenként a fantom kezet is mozogni érzi az illető, és ezzel a fantom kéz felszabadul a fájdalmas görcsből. Sztrókon átesett féloldali bénult betegek egy részén is segíthet így egy egyszerű tükör. A sztrók utáni első napokban a féloldali bénuláshoz egy ödéma is hozzájárulhat. Lehetséges, hogy ilyenkor a bénult végtag negatív visszacsatolása egyfajta „tanult bénultsághoz” vezet, annak ellenére, hogy az ödéma idővel megszűnik. Az ez irányú kutatások meta-analízisei is biztató eredményeket mutatnak (Yang és mtsai., 2018; Zeng és mtsai., 2018), és külön az alsó végtagok tükörterápiás rehabilitációjának kutatásaira irányuló meta-analízisek is hasonlóképpen ígéretes képet festenek (Broderick és mtsai., 2018; Li és mtsai., 2018; Louie és mtsai., 2019). Fontos megjegyezni, hogy a tükörterápiát általában a hagyományos terápiák mellé kiegészítőként alkalmazzák, és hogy könnyen

kivitelezhető, valamint költségkímélő módszerről van szó. Összetettebb mozgások rehabilitációjához a virtuális valóság technológiáját igénybe vevő forrásigényesebb megoldásokkal is kísérleteznek, hasonlóan reményteljes eredményekkel (Barton és mtsai., 2014). Ezek az eredmények két fontos dologra mutatnak rá. Az első az, hogy a felnőttek agya is meglepően nagy plaszticitással rendelkezik. A másik pedig az, hogy az idegrendszerre nem úgy kell gondolni, mint hierarchikusan szerveződött önálló modulok rendszere, ahol minden modul kimenete a következő szintre adódik át. Ehelyett az agy inkább egy komplex, egymással kölcsönhatásban lévő hálózatok rendszere (Ramachandran, 2005).

A tükörterápia hatásmechanizmusainak vizsgálatai három – egymást nem kizáró – tényezőt állapítottak meg (Arya, 2016; Deconinck és mtsai., 2015; Guo és mtsai., 2016). Egyrészt a tükörterápia a tükörneuron rendszert aktiválhatja, hasonlóképpen, mint a mozgásmegfigyelés. Másrészt javíthatja a mozgás imaginációt – a mozgás belső (tehát tényleges mozgás nélküli) szimulációját. A tükörterápia elősegítheti az azonos oldali mozgató pályák aktivációját. Ezeket a pályákat, melyek az érintetlen féltekében találhatóak, és az azonos oldali, mozgásában korlátozott testoldallal kapcsolatosak, kapcsolatba hoztak olyan nem triviális szereppel is, mint a féloldali bénulás motoros funkciójának helyreállítása. Azt feltételezik, hogy a tükörterápia segítheti a szunnyadó azonos oldali projekciók felfedését, melyek általában gátlás alatt vannak. A tükörterápia hatásmechanizmusával kapcsolatban a harmadik feltételezés, hogy növelheti az egyén (téri) figyelmét a károsult végtagra. A féloldalt bénult betegeknél kialakulhat az, hogy meg sem próbálják már használni a sérült végtagot (tanult nem-használat). A korlátozással indukáló mozgásterápia alapjaival összhangban, a sérült végtag iránti emelkedett figyelem, amit a bénult végtag „meggyógyult” illuzórikus képe közvetít, aktiválhat motoros hálózatokat (Deconinck és mtsai., 2015).

Videó-önmodellálás

A disszertáció 4. tanulmányában a videó-visszacsatolás egy speciális módját, a videó-önmodellálást (video self-modeling, VSM) vizsgáljuk, melynek során a labdarúgó résztvevők kísérleti csoportjának tagjai a domináns lábas rúgásaik áttükrözött felvételét kapták meg, amin látszólag a szubdomináns lábbal rúgnak, de a domináns láb ügyességével kivitelezve. A videó-önmodellálás irodalma szerint olyan szerkesztett videofelvétel nézése, melyen a néző tesz olyat, amit még nem tett, de az lehetséges és vágyik rá, elősegítheti a vágyott viselkedés elsajátítását (Dowrick, 2012). Így a preferált lábbal történő mozdulat (pl. rúgás) tükrözött videofelvételének ismételt visszanézése

elősegítheti a nem preferált lábbal történő mozdulat javítását (megfelelő belső motiváció mellett). Bandura (1969) szociális tanuláselmélete hozzátartozik a VSM elméleti alapjaihoz, mivel az elmélet hangsúlyozza a modellek megfigyelésével történő tanulás képességét. A megfigyeléses tanulás során a megfigyelt információ képszerű kódolása fontos lépés a kognitív reprezentáció kialakításában. Bandura (1969) szerint a hatékony megfigyeléses tanulásnak négy alapvető feltétele van: figyelem a bemutatott viselkedésre, a látottaknak az emlékezetben való megőrzése, a viselkedés megismétlése és a motiváció a megfigyelt viselkedés végrehajtására. A motivációnak a sport kontextusában kiemelt szerepe van. Bandura (1969) megjegyzi, hogy ha a tanulás iránti motiváció alacsony, a mozdulatok elsajátítására irányuló gyakorlás és tanulás hatékonysága csökken. Ennek megfelelően a videó-önmodellálás kétlábasság fejlesztésében történő felhasználásában a motiváció egyrészt azért fontos, hogy az alany figyelmesen és megfelelő gyakorisággal nézze a felvételeket, másrészt azért, hogy a nem preferált láb használatát kellő mértékben gyakorolja.

Számos tanulmány bizonyítja, hogy a VSM gyors és jelentős javulást segíthet elő az oktatás, szociális magatartás, testi és mentális problémák területén. Egy esettanulmány plasztikusan leírja a módszer lényegét: egy szelektíven néma gyermek részesült VSM-ben, aki otthon beszélt, de az iskolában nem. A szerkesztett videofelvételen a gyermek az iskolai osztályteremben beszél. A felvétel úgy készült, hogy a gyermek otthon beszélt, a hátteret kitakarták, és osztálytermi háttérre cserélték. A gyermek a felvételt ötször 5 percig nézte, ami teljesen megszüntette a szelektív némaságát (Kehle és mtsai., 1990). A VSM hatékonyságáról több meta-analízis és összefoglaló cikk értekezik (Bellini & Akullian, 2007; Buggey & Ogle, 2012; Dowrick, 2012; Hitchcock és mtsai., 2003), és ezek alapján az mondható, hogy hasznos és ígéretes módszerről van szó. Az egyre jobb és egyre inkább elérhető kamerák, mobil eszközök és felhasználóbarát filmszerkesztő lehetőségeknek köszönhetően a módszer már nem csak a kutatásokban, hanem különböző oktató központokban és otthoni felhasználásban is szerepet játszik.

A szubdomináns rúgás technikai fejlesztésének szempontjából a VSM motoros képességek területén történő alkalmazása a lényeges. Egy vizsgálatban 18 mozgászavarral (pl. nyitott gerinccel született vagy korai agykárosodás következtében kialakult mozgászavarral) élő 5-13 éves gyerek részesült szerkesztett videó-önmodellálásban (VSM). Minden gyermeknél megállapítottak két célként meghatározott motoros képességet, amelyek fejlesztéssel elérhetőek (önállóan

begombolkozni, meghatározott magasságú padkára fellépni stb.). Véletlenszerűen kiválasztva, az egyik cselekvést VSM módszerrel kezelték, a másikat pedig csak videóra vették. A VSM módszer lényege, hogy a videót úgy tervezik és szerkesztik, hogy csak a sikeres mozdulatok láthatóak rajta. Ha például padkára lépés közben egy gondozó fogja a gyermek kezét, olyankor csak a gyermek emelkedő lábára esik a fókusz, így a segítség nem látható a felvételen. Az így válogatott felvételekből szerkesztett, 2 perces videókat hatszor nézték meg két hét alatt a gyerekek. A vizsgálat alapján a VSM módszerrel támogatott fejlesztés egyértelműen jobbnak bizonyult (Dowrick & Raeburn, 1995). Hasonlóképpen, mozgássérültek úszásoktatásában is jelentős segítség lehet a VSM (Dowrick & Dove, 1980).

Számos tanulmány foglalkozik egészséges iskoláskorú fiatalok VSM-mel támogatott oktatásával a sport területén. Haladó műkorcsolyázó lányok (átlag életkor = 13,4 év, szórás = 1,4) egyik féle ugrásának szokásos gyakorlását VSM segítette, egy másik ugrásukat pedig csak a szokott módon gyakorolták. Emellett volt egy kontroll csoport, akik nem részesültek speciális tréningben. Itt nem volt különbség a kísérleti és kontroll körülmények között sem a teljesítményben, sem az énhatékonyságban. Ennek ellenére a korcsolyázók visszajelzései pozitívak voltak a videó-önmodellálásról (Law & Ste-Marie, 2005). Egy hasonló elrendezésű vizsgálatban tornászlányok gerenda-gyakorlatait videózták, és ebben sem jött ki a várt csoportkülönbség, viszont a kísérleti csoport saját becslése nagyban korrelált a gyakorlatra adott tényleges pontokkal (r = 0,92), míg a kontroll csoportnál ez nem volt szignifikáns (r = 0,02). Ezek alapján a szerzők szerint az önmodellálás javítja az alanyok képességét saját teljesítményük realisztikusabb megítélésében, valamint javítja az edzéseken kapott visszacsatolás megértését és használatát (Winfrey & Weeks, 1993). A strandröplabdában használatos labdaérintések tanulásában a VSM csoport egyértelműen többet fejlődött a kontroll csoportnál mind a teljesítményben, mind az énhatékonyságban (Zetou és mtsai., 2008). Úszásban kétféle videó csoport és egy videó-visszacsatolás nélküli csoport fejlődését hasonlították össze. Az egyik videó csoport szerkesztés nélkül, az aktuális teljesítményéről kapott videó-visszacsatolást, a másik (VSM) csoport szerkesztett, csak adaptív viselkedést bemutató videót kapott. A VSM csoport határozottan nagyobb mértékű fejlődést mutatott mindkét csoportnál minden mutatóban (teljesítmény, énhatékonyság, belső motiváció). Emellett, a szerkesztés nélküli felvételeket kapó önmegfigyeléses csoport nem különbözött semmiben a videó-visszacsatolásban nem részesült csoporttól (Clark & Ste-Marie, 2007). A fenti példákból látható, hogy a VSM

sikerrel használható a sport számos területén. Ahol nem volt mérhető a VSM közvetlen hatása, ott is pozitív visszajelzések érkeztek a sportolók, vagy az edzőik részéről. Figyelembe véve azt, hogy itt a sportoló részéről heti néhány perc időbefektetésről van szó fizikai fáradtság nélkül, a mozgásfejlesztés széles területén alkalmazhatónak és ajánlhatónak tűnik a módszer. Mivel a 4. tanulmányban a VSM-nek a labdarúgók szubdomináns lábas rúgásának fejlesztésére gyakorolt hatását vizsgáltuk, előtte egy irodalmi összefoglalót ismertetek a lateralitásnak a labdarúgók teljesítményére gyakorolt hatásáról.

A lateralitás hatása a labdarúgó teljesítményre

A lateralitás (oldaliság) egyrészt utal a test egyik felének az ellenkező oldali testrészekkel szembeni előnyben részesítésére, jobb teljesítőképességére. Ez vonatkozik a bal/jobb kezességre, lábasságra, szeműségre (eyedness), fülűségre (earedness). Másrészt a lateralitás az agy féltekei dominanciájára is utal, és ezek a jellemzők szoros kapcsolatban állnak egymással. A jobbkezes emberek 96%-a bal agyféltekei dominanciával rendelkezik a nyelvfeldolgozást tekintve, míg a balkezeseknek csak 73%-a. Úgy tűnik, hogy bal oldali nyelvi dominancia előfordulása egyre csökken a balkezesség fokának növekedésével (Knecht és mtsai., 2000). Mivel a lateralitás folytonos változó, jól megtervezett tesztek szükségesek a meghatározásához, például a kezesség mértékének megállapításához. Bár a balkezesség gyakorisága eltér kultúránként, a felmérés módszerétől függően, nemenként és időben, az átlag lakosság 10%-a tekinthető balkezesnek (Papadatou-Pastou és mtsai., 2008; Raymond & Pontier, 2004).

Úgy tűnik, hogy a balkezesek előfordulása néhány sportban magasabb, mint az átlag lakosságban. Bokszban például a balkezeseknek előnyük lehet a jobbkezesekkel szemben, mert a férfi profi bokszolók között a balkezes felállásúak aránya 25% (Gursoy, 2009; Sorokowski és mtsai., 2014). Ziyagil és munkatársai (2010) 440 elit (világbajnokságokon résztvevő) bírkózó kezességét mérték fel az Edinburgh Kezesség Teszttel (Oldfield, 1971). A 440 bírkózó 80,7%-a volt jobbkezes, 9,3%-a kevert kezes és 10%-uk balkezes. A balkezes sportolók aránya nagyobb volt az érmesek között, mint az érem nélkül maradók között. Enyhe balkezes előnyt szintén kimutattak profi teniszezőknél az 1973-2011-es időintervallumot felölelő időszakban. Ezen időszak alatt az előny úgy tűnik, hogy csökkent, feltehetően a növekvő professzionalizmus miatt, de

az alacsonyabb szintű játékosok között ez a balkezes előny megmaradt (Loffing, Hagemann, és mtsai., 2012). Hasonlóképpen, baseballban a játékosok 18%-a balkezes (Neft & Cohen, 1987), cricketben pedig a legsikeresebb csapatokban az ütőjátékosok közel 50%-a volt balkezes a 2003-as világbajnokságon (Brooks és mtsai., 2004). A balkezesek gyakorisága leginkább a vívásra jellemző. A balkezes vívók aránya 35% körüli, és a sikeresebbek között ez az arány még magasabb. 1979 és 1993 közötti tornagyőztesek 44,5%-a volt balkezes. Az 1979-es pánamerikai játékokon és az 1980-as olimpián a legjobb 8 vívó balkezes volt (Harris, 2010).

A balkezesek előnyére több magyarázat született. Veleszületett fölényt is feltételeznek, nevezetesen gyorsabb ujj és kéz mozgást (Kilshaw & Annett, 1983), valamint jobb téri orientációt és/vagy figyelmet (Bisiacchi és mtsai., 1985). Mások a negatív perceptuális gyakorisági hipotézist (szokatlanság hatás) támogatják, mely szerint a balkezes sportolók gyakran azért nyernek, mert a jobbkezes ellenfeleiknek kevesebb lehetősége, tapasztalata van a balkezesekkel mérkőzni, mint fordítva (Grouios és mtsai., 2000; Raymond és mtsai., 1996). Grouios és munkatársai (2000) azt találták, hogy a balkezes sportolók aránya növekszik a különböző sportokban, az ellenfelek közötti interakció mértékének növekedésével. Tehát nagyobb arány figyelhető meg például bokszban és vívásban (közvetlen interaktív sportok), mint kosárlabdában, teniszben vagy asztaliteniszben (közvetett interaktív sportok), ahol az arány még mindig nagyobb, mint úszásban vagy evezésben (nem interaktív sportok, ahol az arány az átlag populációéval egyezik meg). Mindemellett taktikai előnye is van, ha balkezes, vagy ballábas játékosokat is beválogatnak a csapatba, esetenként nagyobb arányban, mint az átlag populációé. Például kézilabdában a jobb szélen játszó balkezes játékosoknak nagyobb szög adódik a kapura lövésre (Akpinar & Bicer, 2014). Hasonló okokból, a labdarúgó csapatoknak szintén hasznos ballábas sportolókat játszatni.

Akpinar és Bicer (2014) labdarúgó csapatok 2-3 ballábas játékosára úgy hivatkoznak, mint ami alátámasztja azt a megfigyelést, hogy a bal kezes/lábas játékosok aránya magasabb az interaktív sportokban, mint a nem interaktív sportokban. A szerzők nem említik, hogy a jobblábasok aránya 78% körüli az átlag lakosságban (Gabbard, 1996). Így a 11 fős labdarúgó csapat 2-3 ballábas játékosa nem feltétlen utal ballábas előnyre, mert az arány nem nagyon tér el az átlag populációban meglévőtől. Grouios és munkatársai (2000) a kezesség arányait hasonlította össze közvetlen interaktív, közvetetten interaktív, és nem interaktív sportok versenyzőinél és nem sportoló egyetemistáknál (kontroll). Meglepő módon csak a kezességet mérték fel, pedig

labdarúgókat is vizsgáltak. Az eredmények alapján a szerzők alátámasztottnak vélik a balkezes előny stratégiai tényezőjét. Azonban a tanulmányban közzétett 14,3%-os balkezes arány csak akkor lenne lényegesnek tekinthető, ha a kezesség teljesen korrelálna a lábassággal, mivel a labdarúgás estén a lábasság a fokmérő a lateralitással kapcsolatos előny vizsgálatában. Az esetleges veleszületett fölény (jobb téri orientáció, figyelem) a kezességben megmutatkozhat. Viszont az agyi lateralitás (a veleszületett fölény feltételezett tényezője) a lábasságból ugyanúgy, vagy még jobban megjósolható, mint a kezességből (Bryden és mtsai., 1997; Elias és mtsai., 1998; Searleman, 1980). Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a lábasság témája fontos terület lehet a neuropszichológiában. Emellett, a labdarúgás a legnépszerűbb sport a világon, tehát a sporttudósok, szakértők és valószínűleg a szurkolók jelentős részét is érdekelheti a lábasság témája. A lateralitás és a labdarúgó teljesítmény közötti kapcsolat vizsgálatának jól megalapozott okai (tekintve más sportágakból kapott eredményeket) ellenére, a téma kevés figyelmet kapott a labdarúgó teljesítmény kontextusán belül. A lateralitásnak a labdarúgó teljesítményre kifejtett hatása azért is fontos, mert a sportolók jelentős része fejleszthető, hogy jellemzőbb legyen rájuk a kétlábasság (ami egyértelmű előnyt jelent, mint később látni fogjuk). Az erőnléti edzőknek azért van szerepe ebben, mert a szimmetrikus erő és test fejlesztése úgy tűnik, hogy segíti a kevert lábas játékosok fejlesztését (Berjan Bacvarevic és mtsai., 2012; Bjelica és mtsai., 2013; McLean & Tumilty, 1993; Nunome és mtsai., 2006; Zago és mtsai., 2014). A 3. tanulmány (irodalmi összefoglaló) célja tehát az volt, hogy meghatározza, hogy a lateralitásnak (ballábasság) van-e tudományosan megalapozott előnye a labdarúgó teljesítményre. **A disszertáció 4. hipotézise** tehát az, hogy a ballábasság előnyt jelent, a kétlábasság pedig még nagyobb előnnyel jár a labdarúgásban.

Módszer

Mivel a lateralitás leginkább az élettan, orvostudomány és – a labdarúgás kontextusában – a sporttudomány területéhez tartozik, a kezdeti szakirodalom keresést a SPORTDiscus és a MEDLINE adatbázisokra korlátoztuk. A következő kereső szavakat használtuk: football vagy soccer és handedness vagy laterality vagy footedness és performance vagy success vagy passing vagy kicking, ahol a „vagy” és „és” logikai operátorok. Az olyan találatokat kizártuk, melyekben a labdarúgástól eltérő sportról volt szó (pl. rögbi, amerikai, ausztrál futball), vagy ha a lateralitás nem a labdarúgó teljesítmény kontextusában került megtárgyalásra. Kizártuk továbbá azokat a cikkeket, melyek a preferált és a nem preferált lábas teljesítményt hasonlították össze, és nem a

preferált bal és preferált jobb lábas teljesítményt. Mivel ez a kezdeti keresési stratégia viszonylag kevés releváns cikket eredményezett, további internetes kereséssel (Google Scholar) egészítettük ki, amit minden egyes cikk lényegesebb hivatkozásai vezéreltek. A keresés eredményeit tematikusan tárgyaltuk az Eredmények szekcióban.

Eredmények

A játékosok jövedelme

Bryson és munkatársai (2012) profi labdarúgók fizetését vizsgálták, mint mutatót, hogy milyen kapcsolatban van a lábasságukkal. A lábasság és jövedelem adatokat a www.transfermarkt.de adatbázisból és a *Kicker* magazinból gyűjtötték, melyek a szerzők szerint jól megalapozott, megbízható források, mivel szakértők egy stabil csoportja becsüli fel a játékosok piaci értékét, és ez a becslés magasan korrelál (0,80) a tényleges fizetésekkel (Torgler & Schmidt, 2007). Továbbá, a két forrás jövedelem adatai is viszonylag magasan korrelálnak (0,75) egymással (Torgler és mtsai., 2006). Az eredmények azt mutatják, hogy a kétlábas játékosok 14-15%-kal többet keresnek a jobblábas társaiknál, kontrollálva a demográfiai változókat, a játékos csapaton belüli pozícióját, és a klub fizetési képességét. A ballábas játékosok is jobban keresnek a jobblábasoknál, bár kevesebbet, mint a kétlábas játékosok a legjobb 5 európai ligában (spanyol, angol, német, francia, olasz). A Bundesligát külön elemezve a szerzők azt találták, hogy a kétlábas játékosok többet keresnek, mint a jobblábasok, de a ballábas játékosok nem keresnek többet a jobblábasoknál (Bryson és mtsai., 2012).

A negatív perceptuális gyakorisági hatás (szokatlanság hatás)

Egy másik kutatás a feltételezett ballábas előnyt a kognitív anticipáció vizsgálatával kereste. Az időbeli kitakarás módszerét használták, ahol bal- és jobblábas profi büntetőrugók felvételeit mutatták a résztvevőknek úgy, hogy a felvételt a labdaérintés pillanatában megállították. A szintén profi kapusok feladata volt eldönteni és megmutatni, hogy szerintük hová ment a lövés. A vizsgálat eredménye szerint a kapusok a jobblábas rúgások kimenetelét szignifikánsan többször találták el (McMorris & Colenso, 1996). Ebben a kutatásban 2 bal- és 2 jobblábas labdarúgó büntetőit mutatták be a résztvevőknek, tehát nem zárható ki, hogy a ballábasok egyszerűen jobb büntetőrugók voltak. Hogy kizárjunk ilyen módszertani hibalehetőséget, több játékos büntetőjét lehetne bemutatni, és a felvételeket tükrözni lehetne, ami által ugyanazok a mozdulatok bemutathatók lehetnének bal- és jobblábas rúgásként is. Ilyen módszereket használtak más, az időbeli kitakarás módszerét alkalmazó kutatásokban. A bal-

kezesség/lábasság előnyében szerepet játszó szokatlanság hatás mértékét vizsgálták teniszben (Hagemann, 2009), röplabdában (Loffing, Schorer, és mtsai., 2012) és kézilabdában (Schorer és mtsai., 2012).

Hagemann (2009) azt találta, hogy a teniszezők a saját kezességüktől függetlenül, sikeresebben anticipálják a jobbkezes játékosok ütéseinek irányát. A bal- és jobbkezes ütések irányának előrejelzésében a legnagyobb különbség a legmagasabb tudásszinten mutatkozott a középhaladó és kezdő csoportokhoz viszonyítva. Loffing és munkatársai (2012) hasonló eredményeket kaptak röplabdásokat vizsgálva. A balkezes ütések kimenetelét nehezebb megbecsülni, és itt is azt tapasztalták, hogy a képzettebb játékosokra nagyobb hatással van az ellenfél kezessége, mint a kezdőkre. Tanulmányukban 3 különböző időpontban megállított videókat mutattak, és azt találták, hogy a legkorábbi időpontban (labdaérintés előtt) megállított felvételek alkalmazásával jelentkezett a legnagyobb mértékben a bal-jobb kezes különbség (Loffing, Schorer, és mtsai., 2012). További bizonyítékot hoz a negatív perceptuális gyakorisági hatás mellett egy olyan tanulmány, miszerint a hatást meg lehet fordítani. Ebben a kutatásban kezdő kézilabdásoknak kellett megjósolni büntetődobások megállított videója alapján azok kimenetelét. Az ilyen perceptuális tréningeken három csoportba sorolták a résztvevőket. Az első csoport tagjai csak balkezes dobásokat láttak, a második csoportban csak jobbkezes dobásokat, a harmadik csoportban pedig mindkét félét. Ez a kéz-specifikus perceptuális tréning az anticipációs képességek kéz-specifikus javulásához vezetett (Schorer és mtsai., 2012).

Fontos viszont hangsúlyozni, hogy a videó alapú perceptuális tréning során szükséges motoros válasz nagyon különbözik a sportpálya követelményeihez képest (egérkattintás vs. gyors labda hárítása). A kulcskérdés tehát a perceptuális tréningbeli javulás átvitele a valós élet helyzeteibe. A röplabdához, teniszhez, kézilabdához hasonlóan a labdarúgás büntetőit is a labda nagy sebessége és közelsége jellemzi, tehát szükséges az ellenfél céljának anticipációja, így a perceptuális ismerősség fontos szerepet játszik. Mindezért talán valószínűsíthető, hogy a negatív perceptuális gyakorisági hatást demonstrálta McMorris és Colenso (1996). Az a fő kérdés, hogy ez a hatás jelen van-e a pályán?

Baumann és munkatársai (2011) a német első osztályú bajnokság (Bundesliga) 267 játékos 999 büntetőrúgását elemezték 1995-2007-ig. Az elemzés azt mutatja, hogy az összes büntetőrúgás 35%-át bal lábbal rúgták, ami jóval nagyobb arány a ballábas játékosok várható arányánál (20%, lásd Carey és munkatársai, 2001). Emellett a

statisztikai elemzés azt is mutatja, hogy a sikeres büntetők aránya nőtt, ha azt ballal rúgták (Baumann és mtsai., 2011). Ezek az adatok egy lehetséges ballábas előnyt sejtetnek a büntetőrúgások területén. Ezzel szemben a spanyol nemzeti liga büntetőinek elemzése nem talált szignifikáns különbséget a bal- és jobb lábas játékosok teljesítménye között (Palao & López-Botella, 2010).

Mindemellett néhány tanulmány azt mutatja, hogy a perceptuális tréningbeli fejlődés átvihető a való világba. Például középhaladó teniszezők szervafogadása javult videó tréninget követően (Scott és mtsai., 1998). Hasonlóképpen, profi krikett játékosok mezőnyjátéka a kontroll csoport feletti mértékben javult 6 hetes vizuális-perceptuális tréninggel kombinált edzést követően (Hopwood és mtsai., 2011). Úgy tűnik, hogy a labdarúgásban is segítheti a tényleges teljesítmény bizonyos aspektusait a videó alapú vizuális tréning (Nimmerichter és mtsai., 2015). Nimmerichter és munkatársai (2015) azt találták, hogy a nemzeti futball akadémia 14 éves sportolói javultak a döntéshozatalaikban (az „egy az egy elleni helyzetekben" való gyorsaság és pontosságban) és agilitásukban az illesztett kontroll csoporthoz képest a videó alapú perceptuális tréninget követően. Egy másik vizsgálat eredményei is azt sugallják, hogy a videó alapú perceptuális tréning javíthatja a jól képzett kapusok (16 éves játékosok nemzeti és nemzetközi szinten) anticipációs képességeit az illesztett placebo és kontroll csoportoknál magasabb szinten (Murgia és mtsai., 2014). A tényleges pályán mutatott teljesítmény viszont nem mérték ebben a tanulmányban.

Feltételezett veleszületett fölény

Mint a bevezetőben már tárgyaltuk, korábban a balkezes előnyt veleszületett fölényből adódónak tartották, nevezetesen gyorsabb ujj- és kézmozdulatokat (Kilshaw & Annett, 1983), vagy jobb téri tájékozódást és/vagy figyelmi képességeket (Bisiacchi és mtsai., 1985) tulajdonítottak a balkezeseknek. Néhány kutatási eredmény azt sejteti, hogy a feltételezett ballábas előnynek vannak veleszületett összetevői. Egy tanulmány szerint még a jobbkezes és jobblábas résztvevők is jobban teljesítenek a bal lábukkal olyan feladatokban, ahol téri elhelyezkedéseket kellett reprodukálniuk a résztvevőknek egy lábbal is és két lábbal is egyszerre (Carnahan & Elliott, 1987). A tanulmány szerzői szerint a ballábas előny a jobb félteke jobb téri információfeldolgozásának köszönhető. Egy másik kutatásban bal- és jobblábas profi ausztrál futball játékosoknak hasonlították össze a rúgómozdulataik terjedelme megkülönböztetésének képességét. A lendülő láb kontrollja meghatározó fontosságú a sikeres rúgásoknál. A preferált lábas mozdulatok megkülönböztetésének pontosságában a ballábasok kicsivel jobban teljesítettek (a

különbség megközelítette a szignifikancia szintet), és a rúgásbeli képességek vonatkozásában az edzői értékelésekben is megmutatkozott ez a különbség (Cameron & Adams, 2003). Érdekes módon, atlétikai képességekben a balkezesség hátrányként mutatkozott egy 12 éves kezdő birkózókat felmérő vizsgálatban (Ziyagil, 2011). A 362 fiú résztvevő 5 x 20 m-t sprintelt 20 s szünetekkel. A balkezesek átlagsebessége alacsonyabbnak bizonyult a jobbkezesekénél. Viszont nem mutatkozott szignifikáns különbség, ha a résztvevőket lábasságuk szerint csoportosították.

A lábassággal kapcsolatos gyakorisági mutatók

Egy videóelemzéses tanulmány során megszámolták a bal- és jobblábas labdaérintéseket az 1998-as futball világbajnokság 9 meccsén, minden játékos vonatkozásában (Carey és mtsai., 2001). Ezután az egyéni labdaérintések alapján dichotomikusan kategorizálták a játékosokat bal- vagy jobblábasként. Gabbard (1996) adataival összhangban azt találták, hogy a játékosok 79%-a jobblábas. A szerzők arra következtettek, hogy a profi labdarúgók épp annyira jobblábasok, mint minden ember, és a sok edzés csak a kivitelezésbeli javulást eredményezi. Ez viszont független a láb megválasztásától, legalábbis igazi meccsek gyors reakciókat megkívánó helyzeteiben (Carey és mtsai., 2001). Egy másik kutatásban a szerzők összehasonlították amatőr labdarúgók önbeszámolón alapuló lábasságát a világbajnokságon kapott adatokkal, és arra a következtetésre jutottak, hogy az önbeszámolók lényegesen különbözhetnek a tényleges vagy megfigyelhető viselkedéstől (Carey és mtsai., 2009). Grouios és munkatársai (2002) profi labdarúgók és nem sportoló egyetemisták lábasság szerinti eloszlását mérte fel a felújított Waterloo Lábasság Kérdőív (Waterloo Footedness Questionnaire Revised, Elias és mtsai., 1998) segítségével, és több kétlábast találtak labdarúgknál, mint a nem sportoló egyetemisták között. A bal- és jobblábas labdarúgók átlagnépességhez hasonló arányával együtt ezek az eredmények is azt sejtetik, hogy a saját felbecslés és a lábasság tényleges megmutatkozása közötti viszony nem tisztázott.

A lábasság megítélése

Labdarúgásban a lábasság megítélése a döntő, ha lateralitással kapcsolatos előnyöket keresünk. Ahogy a kezesség különböző megítélései eltérő előfordulási adatokat eredményeznek, hasonló ellentmondások vannak a lábasság megítélésében is.

Egy alapos felmérésben 4 laterális preferenciát (kezesség, lábasság, szem- és fül preferencia) három független, nagy mintán (összesen N > 15100) mértek fel és elemeztek (Tran és mtsai., 2014). A lábasságot 4 kérdéssel mérték: „labda célba

rúgása”, „kavics felvétele lábujjakkal”, „rovar vagy cigaretta csikk eltaposása”, „székre való fellépés”. Az eredmények arra utalnak, hogy a trichotómia (bal, jobb vagy kevert) szükséges és elégséges a laterális preferenciák felmérésére (lábasság esetén is). Továbbá, a tanulmány megerősíti azokat a korábbi eredményeket, miszerint a preferenciák kevésbé lateralizáltak a fiatalabbak körében (Gabbard, 1996; Greenwood és mtsai., 2007; Porac és mtsai., 1980). Emellett ez a tanulmány is megerősíti azt a nézetet, hogy a lábasság a legpontosabb mutatója az emberi lateralitásnak. Ami viszont a jelen témánkban legfontosabb, az az, hogy a lábasság felmérés azt jelzi, hogy a kevert lábasoknak (kétlábasoknak) erős jobblábas preferenciájuk volt a „labda célba rúgása” kérdésre. Ez pedig kiemeli a labdarúgók dichotóm felosztásának hátrányát Carey és munkatársai (2001) tanulmányában.

Plaszticitás és lábasság

Három kutatás vizsgálta a lábasság plaszticitását, például a bilaterális gyakorlás szerepét. Teixeira és munkatársai (2003) 12-14 éves játékosok kialakult laterális aszimmetriájának bilaterális edzéssel történő módosíthatóságát vizsgálták már jól megtanult mozdulatokon. A 4 hónapos tréningperiódus során a játékosok fele az edzéseik egy részén külön hangsúlyt kapott a nem preferált lábuk ügyességének fejlesztésére. A tréningperiódus előtt és után is felmérték a labdarúgás specifikus képességek lábak közötti aszimmetriáját minden résztvevőnél. A rúgások erősségét, pontosságát és a cselezés gyorsaságát tesztelték. A rúgásos feladatoknál ez az aszimmetria fennmaradt a 4 hónap alatt mindkét csoportnál, cselezésben viszont 4 hónap elteltével a nem preferált lábas csoport aszimmetriájában jelentős csökkenés volt kimutatható, ami a nem preferált lábbal történő cselezés nagyobb arányú javulásának volt köszönhető (Teixeira és mtsai., 2003). Egy hasonló elrendezésű vizsgálatban Cobalchini és Silva (2008) azt találták, hogy edzésenként 30 perc hangsúlyos nem preferált lábas tréning (8 héten át) szignifikáns javulást idézett elő a nem preferált lábas passzolásban és lövéseknél a kísérleti csoportban (ugyanazon csapat kontroll csoportja a szokásos módon edzett). Figyelemre méltó az a kutatási eredmény, hogy labdarúgók nem preferált lábas edzése nem csak a nem preferált láb fejlődésére, hanem a preferált láb ügyességének fejlődésére is hat (a kontroll csoporttal való összehasonlításban (Haaland & Hoff, 2003)). Ezen tanulmányok alapján úgy tűnik, hogy a bilaterális gyakorlás javítja a nem preferált láb teljesítmény mutatóit. Fontos megjegyezni az edzők, erőnléti edzők lehetséges szerepét a nem preferált láb edzésében, mert úgy tűnik, szerepük lehet a kevert lábas (kétlábas) játékosok fejlesztésében (Berjan Bacvarevic és

mtsai., 2012; Bjelica és mtsai., 2013; McLean & Tumilty, 1993; Nunome és mtsai., 2006; Zago és mtsai., 2014).

További tanulmányok, melyeknek gyakorlati jelentősége lehet

Ebben a részben, röviden összegezzük az olyan cikkek eredményeit, melyek kevésbé kapcsolódnak a balos fölényhez, de érdekesek lehetnek a gyakorlatban. Dane és Şekertekin (2005) a kezesség és a labdarúgók agresszivitása közötti kapcsolatot vizsgálták, és azt találták, hogy a balkezesekre jellemzőbb az agresszivitás, és kevésbé toleránsak. A büntetők elemzése szerint a jobblábasok többször rúgnak a kapustól jobbra (a jobb keze felé), míg a ballábasok inkább a kapus bal oldalára (Memmert és mtsai., 2013). Nicholls és munkatársai (2010) megerősítették laboratóriumban és valós élethelyzetben is a távoli vonal kettévágásakor jelentkező jobbra tolódást (rightward deviation for bisecting lines in far space) olyan feladatokban, ahol a labdát két kapufa közé kell célozni. A labdarúgó világbajnokságok büntető-párbajjal befejezett mérkőzéseinek elemzése azt mutatja, hogy ilyen helyzetekben a hátrányban lévő csapat kapusai kétszer nagyobb valószínűséggel vetődtek jobbra, mint balra, noha a lövések egyenlően oszlottak el. Ezt a megfigyelést a jobbra való elterelődés (right-oriented bias) jelenségével magyarázzák, amit gyakran idői nyomás vált ki (Roskes és mtsai., 2011). Lateralitást nem vizsgáltak ebben a tanulmányban. Beilock és munkatársai (2002) azt demonstrálták, hogy a teljesítményre irányuló figyelmi fókusz hátrányos lehet a már jól megtanult készség kivitelezésében (pl. a preferált lábbal végrehajtott labdavezetés szlalomozva).

Diszkusszió

Dane és Şekertekin (2005) eredménye, miszerint a balkezes játékosok agresszívebbek lehetnek, azt is jelentheti, hogy a balkezesség az erőfeszítései maximalizálására ösztönözheti a sportolót, ami egy elképzelhető közvetítő tényezőként szolgálhat a lateralitás és a teljesítmény között. Bryson és munkatársai (2012) részben és közvetetten szintén a teljesítmény különbséget vizsgálták a bal- és jobblábasok között (jövedelmeik összehasonlításával). Az eredményeik azt mutatják, hogy létezhet egyfajta ballábas előny labdarúgásban, és hogy határozott fizetéstöbblet mutatható ki a kevert lábas játékosoknál. Ezek az eredmények, és Grouios és munkatársainak (2002) következtetései, miszerint több kevert lábas labdarúgó van, mint az átlagnépességben, rámutatnak Carey és munkatársai (Carey és mtsai., 2001, 2009) elemzéseinek hátrányára, ahol a játékosokat dichotomikusan osztályozták vagy bal, vagy

jobblábasként. Talán ez a dichotómia vezetett arra a következtetésükre, hogy a ballábas labdarúgók aránya nem különbözik az átlagnépességben fellelhető ballábas aránytól. Ami a legfontosabb, hogy az átlagnépesség lábasságának alapos vizsgálata szerint a játékosok legmegfelelőbb osztályozása a kevert lábasság bevezetésével jön létre (a szokásos bal- és jobblábas kategóriák mellé (Tran és mtsai., 2014)). A videó alapú vizuális anticipációs vizsgálatok eredményei azt valószínűsítik, hogy a negatív perceptuális gyakorisági hatás szerepet játszik az interaktív sportokban megmutatkozó balos előnyben. Mindamellett egyedül McMorris és Colenso (1996) célja volt a jobb és ballábas labdarúgó büntetők összehasonlítása. Baumann és munkatársainak a tanulmánya viszont azt jelzi, hogy a hatás jelen lehet a pályán is, legalábbis a büntetőknél (Baumann és mtsai., 2011). A vizuális anticipációs kutatások eredményei fontosak lehetnek az edzőknek, sportolók professzionális felkészítőinek, mert több kutatás eredménye azt mutatja, hogy a perceptuális tréningben bekövetkezett javulás átvihető a gyakorlatba. Ez lehetségesnek tűnik a kezdőktől a profi szintekig. Mindamellett nem köteleznénk mindenkit a használatára, de a megfelelő motivációval rendelkezőknek hasznos lehet. Például hasznos lehet a sérülésekből való felépülés idején, mikor több ideje van a sportolóknak. A feltételezett veleszületett fölényt kutató tanulmányok mutatnak némi balos előnyt, de meglehetősen közvetetten, és kevésbé egybehangzóan.

Összességében, az áttekintett cikkekből úgy tűnik, hogy lehet egy kis ballábas előny a labdarúgásban. Korábbi tanulmányok szerint a balkezeseknél kisebb a kezek közötti ügyességbeli különbség, mint a jobbkezeseknél (Peters, 1980; Peters & Durding, 1979). Így felmerül a kérdés, hogy a lábasság tekintetében is ez-e a helyzet? Ha így van, a bilaterális gyakorlás sikeresebb lehet a ballábasoknál, ami több kevert lábas játékoshoz vezethet. Úgy tűnik, a kapusokra hatással van a büntetőrúgó lábassága (McMorris & Colenso, 1996). Annak tisztázására, hogy a ballábas játékosoknak tényleg van-e előnye a mezőnyben, további kutatások szükségesek. Például McMorris és Colenso (1996) tanulmányához hasonlóan megállított videófelvételeket alkalmazva, de mezőnyjátékosokat tesztelve. Továbbá úgy tűnik, hogy érdemes lehet összehasonlítani a jobb és ballábas játékosok téri orientációs és figyelmi képességeit, tehát azonosítani a feltételezett veleszületett fölény tényezőit.

Mivel a kevert lábasság széles körben elismert előnyt jelent a labdarúgásban, a bilaterális edzésre egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek (Carey és mtsai., 2001). Így, az erőnléti edzőknek fontos üzenet, hogy szem előtt tartsák a labdarúgók lábainak

szimmetrikus fejlesztését, ami alkalmassá teszi őket arra, hogy mindkét lábbal hasonlóan jól kezeljék a labdát vagy lőjenek. **A disszertáció 4. hipotézisét** tehát részben elfogadom: az irodalmi összefoglaló alapján a ballábasság minimális előnyt jelenthet, a kétlábasság pedig határozott előnnyel jár a labdarúgásban.

A videó-visszacsatolás lehetséges szerepe labdarúgók kétlábasságának fejlesztésében

Sok sportágban fontos a bilaterális képességbeli aszimmetria csökkentése (Grouios, 2004; Stöckel & Carey, 2016). Például a labdarúgás szakértői egyetértenek annak fontosságában, hogy a játékosok mindkét lábbal jól kezeljék a labdát, jól lőjenek (tehát, hogy a játékosok „kétlábasok" legyenek) (Carey és mtsai., 2001). A csatárok játéka kiszámíthatatlanabbá válik, a kapura lövési lehetőségek száma megnő, ha a játékosok mindkét lábukat hasonlóan magas szinten tudják használni. A kétlábasság a középpályások és hátvédek számára is hasonlóan fontos, hiszen ha mindkét lábbal jól kezelik a labdát és jól passzolnak, akkor gyorsabban körbejárathatják a labdát, és bizonytalanságban tarthatják az ellenfelet (Carey és mtsai., 2001). Emellett a kétlábas játékosok több pozícióban bevethetőek a csapaton belül.

Az idegrendszer gyermekkori fokozott plaszticitásának köszönhetően a kétlábasságra nevelés valószínűleg jobb, ha minél korábban kezdődik. Léteznek is efféle törekvések, amire egy példa a Socatots (www.socatots.com) vállalkozás, ahol fél évestől 5 éves korig foglalkoznak gyerekekkel oly módon, hogy mindkét oldal mozgásukat fejlesztik. Felnőtt korban néhány játékos vonakodhat a nem preferált lábasedzésektől, attól tartva, hogy az azzal eltöltött idő felesleges és energiapazarlás, ami hátrányosan befolyásolná a teljesítményét. A motiváció növelésére és az időbeli megszorításokra megoldás lehet a videó-önmodellálás.

A 4. tanulmányban a fentebb már ismertetett videó-önmodellálást (video selfmodeling, VSM) vizsgáltuk, melynek során a kísérleti csoport tagjai a domináns lábas rúgásaik áttükrözött felvételét kapták meg otthoni nézegetésre, amin látszólag a szubdomináns lábbal rúgnak, de a domináns láb ügyességével kivitelezve. Feltételezésünk szerint ez a módszer elősegítheti a nem preferált lábas rúgások fejlesztését. A kísérlet elméleti megalapozottságának két fő forrását a fentiekben már részletesebben tárgyaltuk: a video önmodellálást (VSM) és tükörterápiát. A tükörterápiától több lényeges szempontban eltér az itt bemutatandó VSM. A tükörterápiában egy tükröt helyeznek a test középvonalára, aminek segítségével az ép végtag tükörképe a fejlesztendő végtag helyén látható. Ez labdarúgó mozdulatok gyakorlása során természetesen lehetetlen, és egyébként is a rúgás pillanatában a labdára irányul a figyelem, nem a végtagmozgásra. A tükör használatának feltehetőleg nagy előnye a videofelvételek használatával szemben, hogy azonos idejű a mozgásra

kiadott idegrendszeri parancs és a vizuális visszacsatolás. Emellett fontos lehet, hogy személyes perspektívából látja a páciens a karjait.

Sportolók VSM módszerrel végzett mozgásfejlesztésekor személyes perspektíva helyett feltehetőleg attól eltérő perspektívából (pl. szemből) látja magát az alany, tehát egy téri transzformáció is közrejátszik. Egyszerű, cél nélküli kéz- és lábmozdulatok megfigyelése nagyobb aktivitást vált ki a szenzomotoros kéregben személyes perspektívából, mint 3. személyű perspektívából (P. L. Jackson és mtsai., 2006). Egy újabb keletű fMRI tanulmányban tárgyak megragadását mutatták a vizsgálati személyeknek (v.sz.-eknek). Az első személyű perspektíva a bemutatáshoz képest ellentétes oldali agyi aktivitást eredményezett, míg a 3. személyű perspektíva azonos oldali aktivitáshoz vezetett, tehát egy jobbkezes mozdulat megfigyelése a bal kézhez vezető féltekei aktivitást hoz létre (Vingerhoets és mtsai., 2012). A szerzők hozzáteszik, hogy a terápiás stratégiák közötti döntések könnyítése végett a bemutatott mozdulatok a természetes terápiás helyzeteknek megfelelően voltak kialakítva úgy, hogy a 3. személyű perspektívában a bemutatott jobb kezes tevékenység a szemlélő bal oldali látómezejébe esett, ami valamennyire hatással lehetett az eredményre. Ste-Marie és munkatársai (2012) a motoros készségtanulás és a megfigyeléses tanulás kapcsolatáról szóló összefoglaló tanulmányukban arra mutatnak rá, hogy egyes elméletek szerint a személyes perspektívához képest a 3. személyű és a tükör perspektívában nagyobb mértékű kognitív feldolgozás szükséges a vizuális információ átfordításának köszönhetően, ami az alanyt arra kényszerítheti, hogy a készség mozdulatait mélyebb szinten tanulja meg. Ez azután nagyobb mértékű készségtanuláshoz vezet a robusztusabb memória reprezentáció kialakítása miatt. Jackson és munkatársai (2006) is hasonló feltételezéssel élnek. Ste-Marie és munkatársai (2012) szerint az irodalomban található viszonylag kevés és részben ellentmondó eredmény miatt azt még korai lenne kijelenteni, hogy a személyes perspektíva hatékonyabb lenne, mint a 3. személyű- vagy tükör perspektíva (ahol az oktató szintén szemben áll a tanulóval, de az oktató bal kezének mozgását a tanuló jobb kézzel követi).

Labdarúgók esetében a személyes perspektíva kizártnak tekinthető, ha videó segítségével történő rúgótechnika fejlesztése a cél. Bizonyos tudásszint és technikai háttér felett feltételezhető viszont, hogy mérkőzések, edzések videófelvételeit elég gyakran lássák a játékosok ahhoz, hogy megszokják a preferált lábas rúgásuk videofelvételének látványát. Így a preferált láb videofelvételének áttükrözése az, ahol olyan mozgást láthat a sportoló, amire vágyik és képes lehet rá, mert a szükséges

mozgáskomponenseknek tulajdonában van. A videofelvételek áttükrözése után a jobblábas rúgás ballábas rúgásnak látszik, természetesen a jobblábas ügyességgel kivitelezve. Vegyünk egy jobblábas játékost, akiben megvan a megfelelő belső motiváció arra, hogy fejlessze a ballábas rúgását. Ő feltehetően érdeklődve figyelheti (ha van rá lehetősége) a jobblábas rúgásának átfordított felvételét, ahol azt láthatja, hogy milyen mozdulatokat kell követnie ahhoz, hogy bal lábbal a jobbal megszokott ügyességgel lőjön.

Felmerülhet továbbá az a kérdés is, hogy miért jobb a saját, szerkesztett felvétel visszanézése, annál a lehetőségnél, hogy a világ legjobb élsportolóinak mozdulatait nézegesse az ember. Egyrészt, a gyakorlatban a kettő nem zárja ki egymást, mivel a VSM használata heti néhány percnyi időt venne igénybe. Másrész az önmodellálást támogatja Bandura (1997) társas kognitív elmélete, miszerint a modell-megfigyelő hasonlóság maximalizálása által, az önmodellálás erősítheti az önbizalmat. Emellett kísérletes eredmények is alátámasztják az önmodellálás előnyét. Fénypont alakzatok mozgását nézve az alanyok könnyebben felismerik magukat, mint barátaikat, holott a barátaik mozgásának vizuális észlelésében nagyobb tapasztalatuk van. Ezeknek az adatoknak a motoros-aktivitás alapú magyarázatát erősíti az az fMRI vizsgálat, amiben az alanyok saját maguk, vagy barátok által végzett akciókat mutató videókat néztek (8 hónappal korábbi felvételek a fénypont alakzatok mozgásáról). A tükörneuronok helyének megfelelő területeken szignifikánsan hamarabb jelentkezett aktivitás, ha az alanyok magukat nézték és nem a barátaikat (Grèzes és mtsai., 2004). Úgy tűnik tehát, hogy a megfigyelés által kiváltott motoros aktivitás akkor optimalizált, ha az alany saját magát figyeli meg. Ez tehát egyféle magyarázat lehet arra, hogy a VSM gyakran nagyobb fejlődést hoz létre, mint mások megfigyelése (Schütz-Bosbach & Prinz, 2007). Hasonló eredmények születtek a VSM terápiás felhasználásai során is. Felnőtt arcideg sérültek VSM rehabilitációja során úgy tűnik, hogy nagyobb az idegi működés, ha saját magát figyeli a páciens, mint ha mást (Coulson és mtsai., 2006). Ezzel egybehangzó eredmény, miszerint jól funkcionáló autisták sokkal nagyobb tükörneuron aktivitást mutatnak a saját vagy családtag kezének mozgását mutató videóra, mint ha az egy ismeretlen ember kezének mozgását mutatná (Oberman és mtsai., 2008).

Összefoglalva, a kétlábasság labdarúgásban betöltött rendkívüli hasznát figyelembe véve, a video self-modeling (VSM, videó-önmodellálás) módszer hatékonyságát vizsgáltuk labdarúgók szubdomináns lábas rúgásának fejlesztésében. **A disszertáció 5. hipotézise** tehát az, hogy a domináns lábas rúgás tükrözött videofelvételének ismételt

visszanézése elősegítheti a szubdomináns lábas rúgás technikai fejlesztését (megfelelő belső motiváció mellett). A legjobb tudomásunk szerint két ilyen irányú kutatás található a szakirodalomban. Steel és munkatársai (2013) esettanulmánya két résztvevőt vizsgált. Tükrözött VSM-mel támogatott edzések hatását vizsgálták ausztrál futball (rögbihez hasonló sport) játékosok szubdomináns lábas rúgásainak fejlődésében, és bíztató trendeket állapítottak meg, de a megkérdőjelezhető módszertan miatt eltekintenék a tanulmány további ismertetésétől. A másik vizsgálatban minimális labdarúgó tapasztalattal rendelkező egyetemista nők (N = 28) szubdomináns lábas rúgásának fejlődését hasonlították össze (Steel & Ellem, 2016). A v.sz.-eket három csoportba rendezték véletlenszerűen: tükrözött videó (a domináns lábas rúgás tükrözött videóját kapták), legjobb videó (a legjobb szubdomináns lábas rúgás videója) és a visszacsatolás nélkül gyakorló csoport. Célba rúgás volt a feladat, miközben hátulról és kissé oldalról vették videóra őket. A tréning alatt a résztvevők 7db, 10 lövésből álló blokkban lőttek, és a visszacsatolásos csoport tagjainak minden blokk után videón nézniük kellett a tréning előtti felvételeiket. A tréninget követő felmérés 30-45 perc pihenő után következett. Ebben a vizsgálatban sem mutatkozott csoportok közötti fejlődésbeli különbség. A teljesítménymutatók mellett félig strukturált interjúkkal felmérték a vizsgálat után kialakult benyomásokat, gondolatokat, és hogy mire figyeltek a résztvevők a tréning utáni teszteléskor. Ami talán kiemelhető az az, hogy a videó-visszacsatolásos csoportok tagjai több figyelmet fordítottak a különböző testrészeikre, míg a videó nélküli csoport figyelme a célra terelődött. Egyik kísérletben sem mondták a résztvevőknek, hogy az áttükrözött domináns lábas felvételt kapták. Steel és munkatársai (2013) esettanulmányában a szerzők szerint a résztvevők nem vették észre a videó tükrözést, a második tanulmányból pedig nem derül ki, hogy mennyire voltak tudatában a résztvevők a videó manipulálásának.

Ez a vizsgálat hozzájárul a mozgásfejlesztés céljára alkalmazott videó-önmodellálás hatékonyságának felméréséhez, aminek terápiás, rehabilitációs vonatkozásai is lehetnek. Emellett Ramachandran tükörterápiájának kiterjesztéseként is értelmezhető a módszer, azzal a lényeges különbséggel, hogy itt a személyes perspektíva helyett szemből látja magát a vizsgálati személy, tehát egy téri transzformáció is közrejátszik. Feltételezésünk szerint a módszer több csatornán is hatást gyakorolhat, például felhívhatja a figyelmet a kétlábasság fontosságára, a mentális gyakorlást is elősegítheti, és előfeszítheti a nem preferált láb használatát. Ennek megfelelően a labdarúgó v.sz.-ek véleményét is felmértük a módszerről.

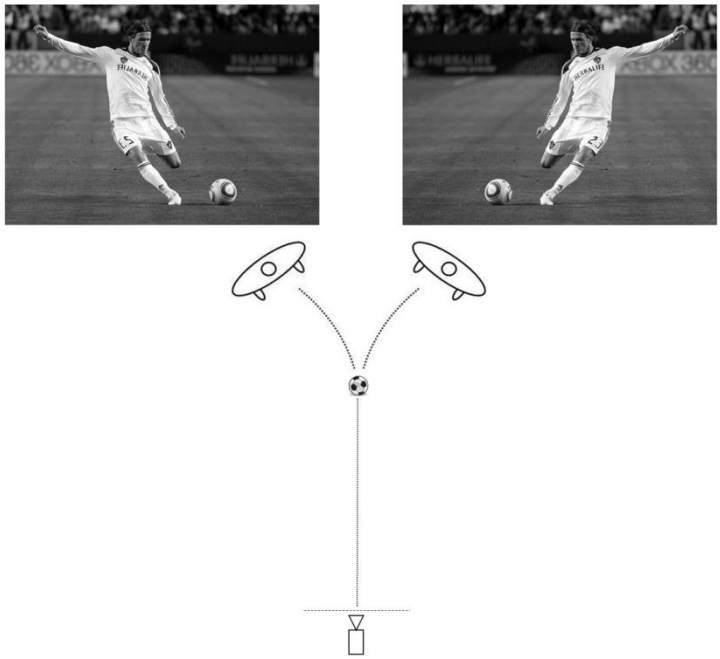
Módszerek

Résztvevők

Huszonnyolc 11-12 éves fiú labdarúgó vett részt a vizsgálatban (átlag életkor 11,8 év, szórás: 0,77). A vizsgálati személyek (v.sz.-ek) olyan labdarúgó egyesület (Baráti Bőrlabda FC) tagjai voltak, ahol a kétlábasság külön hangsúlyt kap, a sportolók tehát minden technikát (labdakezelés, rúgás) mindkét lábbal gyakorolták. A résztvevőknek heti három edzésük volt, hétvégéken pedig alkalmanként tornákon vettek részt. A játékosokat véletlenszerűen videó és kontroll csoportba soroltuk, annak figyelembevételével, hogy a lábasság arányában és életkorban hasonló csoportokat alkossunk. Így a 14-14 fiút tartalmazó videó és kontroll csoportba 4, illetve 3 ballábas v.sz. került. A vizsgálat során az etikai szabályokat betartottuk. A vizsgálatban résztvevőket és szüleiket tájékoztattuk a vizsgálat céljáról, a szülők aláírták az informált beleegyezésről szóló nyilatkozatot, a gyerekek pedig szóbeli tájékoztatást kaptak a vizsgálatról.

Eljárás

A vizsgálat a résztvevők szokásos edzéseinek helyszínén zajlott. Célba rúgás volt a feladat. A v.sz.-ek 3-3 rúgást végeztek először a domináns, majd a szubdomináns lábukkal, melyekről videófelvételek készültek. A vizsgálat elrendezése a 11. ábrán látható. A kép jobb oldalán egy jobblábas rúgás látható, aminek áttükrözése közel egybeeshet a jól kivitelezett ballábas rúgással. A cél a védőrács kamera előtti pontja volt 12 m távolságra. A vizsgálat kísérleti (videó) és kontrollcsoport elrendezésben folyt, a négyhetes tréningperiódus előtti és utáni teszteléssel.



11. ábra. A felvételek elrendezése felülnézetből. A kép alján látható a kamera a rács mögött, az ellipszisek pedig a játékost szimbolizálják, bal- és jobblábas rúgáshoz való nekifutás előtt.

Minden résztvevő 3 preferált és 3 nem preferált lábas rúgásából kiválasztottuk az egy-egy legjobban kivitelezettet és ezekből készültek a szerkesztett, átadott felvételek, és ezek alapján történt a későbbi videó értékelés. A videó csoport minden tagjának megmutattuk a videóját, és elmagyaráztuk, hogy milyen felvételeket fognak megkapni, és felhívtuk a figyelmüket egy-két kirívó különbségre (ha volt) a preferált láb átfordított felvétele, és a nem preferált lábas rúgás felvétele között. A két felvételt 40%-os lejátszási sebességre lassítottuk, egymás felé helyeztük, így egy kattintással lejátszható volt a kettő. Emellett úgy vágtuk a felvételeket, hogy a labda elrúgása egy időpillanatba essen a könnyű összehasonlíthatóság kedvéért. Példaként a 12. ábrán látható egy pillanatkép, ami a rúgás előtti mozdulatokat örökíti meg. Felül látható a nem preferált lábas rúgás, alul pedig a preferált lábas rúgás felvételének áttükrözött változata. A jobblábas v.sz.-nek itt arra hívtuk fel a figyelmét, hogy az alsó képen látható módon, a bal lábas rúgáskor a bal kar maradhatna a test mellett.

12. ábra. Egy pillanatkép az egyik összehasonlító videóból, ahol a preferált lábas felvétel áttükrözött változata látható alul, felül pedig a nem preferált lábas rúgás.

Az ilyen összehasonlító felvételeik mellett, a sportolók megkapták a preferált lábas felvételeik áttükrözött, 40%-ra lassított verziójának teljes képernyős változatát is, ezzel a szóbeli és írásos instrukcióval: „Otthon nézegesd a felvételeket minél gyakrabban (napi néhány perc), de legalább minden edzés előtt, különösen a tükrözött, ügyesebb lábas rúgás felvételét (...atf végű link), mert az segítheti a másik láb rúgásainak fejlődését. Kb. 3 hét múlva új felvételeket készítünk és összehasonlítjuk a mostanival."

A kontrollcsoport tagjai csak a tréningperiódus utáni tesztelést követően kapták meg a felvételeiket. A tréningperiódus elteltével ugyanolyan elrendezésben újabb felvételek készültek szintén 3-3 rúgásról, melyeket összehasonlítottunk a tréningperiódus előtti felvételekkel. Egy 5 kérdéses, főleg feleletválasztós kérdésekből álló kérdőív segítségével mértük fel a v.sz.-ek módszerrel kapcsolatos attitűdjét, és hogy milyen gyakran nézték meg a felvételeket. A felvételeket az edzői stáb a későbbi, nyári tábor során tervezte felhasználni az egyéni fejlődés gyermekekkel történő közös elemzésére.

Elemzés

A v.sz.-ek preferált és nem preferált lábas rúgásait értékeltük pontosság és kivitelezés tekintetében. A rúgások pontosságát a céltól való eltérés adta meg. A 3-3 preferált, illetve nem preferált lábas rúgás értékeit külön átlagoltuk, így 1-1 pontosságot meghatározó értéket kaptunk minden résztvevőről a tréningperiódus előtti és utáni állapotok jellemzőjeként (összesen 4 érték/v.sz.). A rúgások pontosságában mért javulást ismételt méréses varianciaanalízissel hasonlítottuk össze a két csoportban IDŐ x CSOPORT elrendezésben, ahol az összetartozó mintás tényező az IDŐ (tréningperiódus előtt és után), a CSOPORT (videó és kontroll) pedig a független mintás faktor volt.

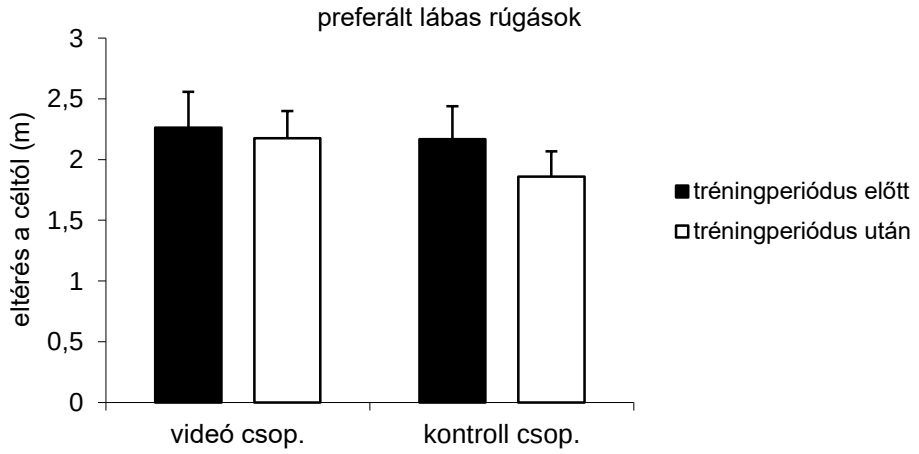
A pontosság mellett a rúgások kivitelezését is értékeltettük évtizedes tapasztalattal rendelkező labdarúgókkal (4 fő), akik nem ismerték a vizsgálat célját. A v.sz.-ek három domináns és a három szubdomináns lábas rúgásából kiválogattuk a legjobbakat, a tréningperiódus előtti és utáni felvételekből is. Így résztvevőnként négy felvételt értékeltettünk. Az értékelőknek először a preferált lábas rúgások sorozatát mutattuk be, majd a nem preferált lábas felvétel sorozatot. Mindkét sorozatban az összes v.sz. rúgása szerepelt egymás után úgy, hogy a videó és kontrollcsoportba tartozó sportolók véletlenszerűen szerepeltek és minden résztvevő tréningperiódus előtti és utáni lövése egymás után következett váltakozó sorrendben. Az értékelők 1-10-es skálán pontozták, hogy mennyire jól kivitelezett rúgásokat látnak az 50%-osra lassított felvételeken.

Eredmények

A videócsoportba tartozó 14 résztvevőből ketten csak az edzésen nézték meg a felvételeiket, amikor mi mutattuk meg nekik. A csoport fennmaradó tagjai átlagosan hetente kétszer (szórás: 1,2). nézték meg a felvételeiket. A rúgások kivitelezésének a négy értékelő általi videó értékelése magasan korrelált egymással ($r(112) = 0,63$-tól $r(112) = 0,77$-ig terjedően, $p<0,001$ minden párosításban), ez tehát a rúgások értékelésére megbízható eszköznek bizonyult. A minden rúgásra kapott négy, 1-10-ig terjedő pontértéket átlagoltuk a további elemzéshez.

Preferált láb

Mindkét csoport domináns lábas lövései céltól való átlagos eltérésének változása látható a 13. ábrán a tréningperiódus előtti és utáni időpontokban.

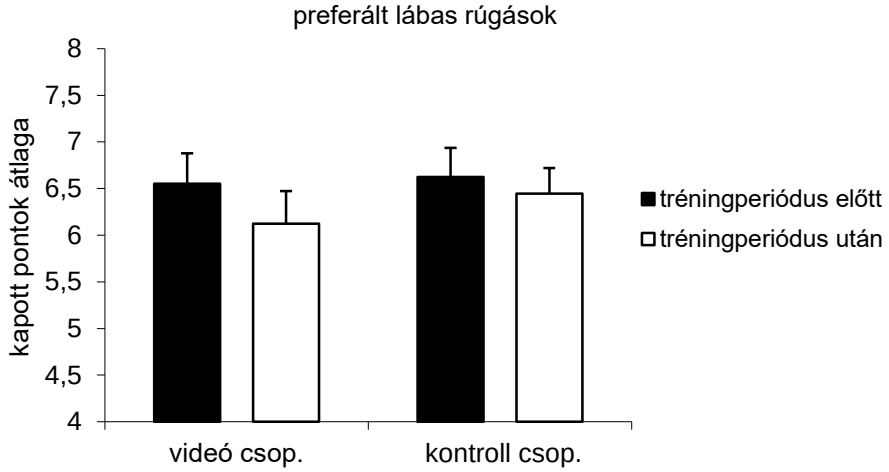


13. ábra. A videó és a kontrollcsoport preferált lábas lövéseinek céltól való eltérése a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája (SH).

A videócsoport preferált lábas rúgásai a vizsgálat kezdetén átlagosan 2,26 méterrel tértek el a céltól (standard hiba (SH): 0,29), ez 2,17 méterre csökkent (SH: 0,22) a négy hét alatt. A kontrollcsoport kezdeti 2,16 méteres átlagos eltérése (SH: 0,27) 1,85 (SH: 0,20) méteresre csökkent.

Az ismételt méréses varianciaanalízis szerint az IDŐ főhatás nem bizonyult szignifikánsnak a preferált lábas rúgások pontosságát illetően ($F(1,26) = 0,482$, $p = 0,492$). Az IDŐ x CSOPORT kereszthatás sem volt szignifikáns ($F(1,26) = 0,153$, $p = 0,699$), és a CSOPORT főhatás sem ($F(1,26) = 0,897$, $p = 0,352$).

A preferált lábas rúgások kivitelezésének változásában a csoportok között minimális különbségek voltak, mint az a 14. ábrán látható.

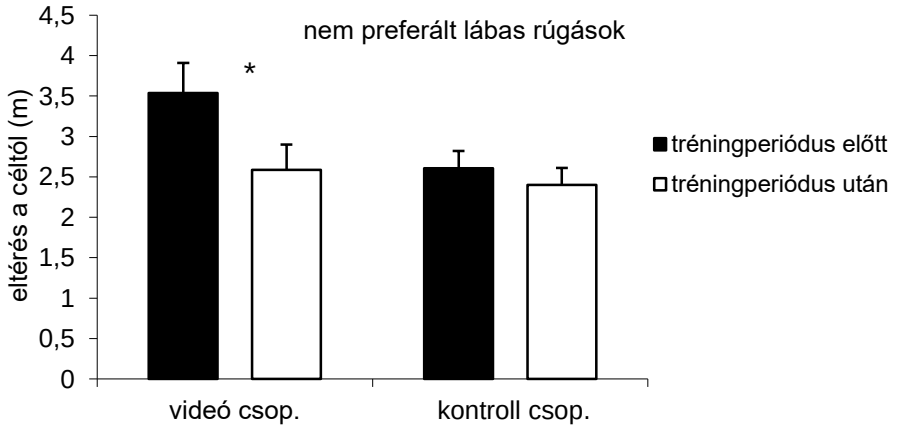


14. ábra. A videó és a kontrollcsoport preferált lábas lövéseire kapott pontátlagok a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája.

Mindkét csoport pontértékei csökkentek a tréningperiódus alatt, bár elhanyagolható mértékben. A videócsoport preferált lábas lövéseinek értékelése 6,55-ról (SH: 0,32) 6,12-ra (SH: 0,34) változott. A kontrollcsoport lövéseinek értékelése 6,62-ról (SH: 0,31) 6,44-ra (SH: 0,27) változott. Ezek a változások nem bizonyultak szignifikánsak. A varianciaanalízis sem mutatott szignifikáns változásokat sem az IDŐ ($F(1,26) = 1,71$, $p = 0,2$), sem az IDŐ x CSOPORT kereszthatásban ($F(1,26) = 0,29$, $p = 0,59$) és a CSOPORT főhatásban sem ($F(1,26) = 0,26$, $p = 0,61$).

Nem preferált láb

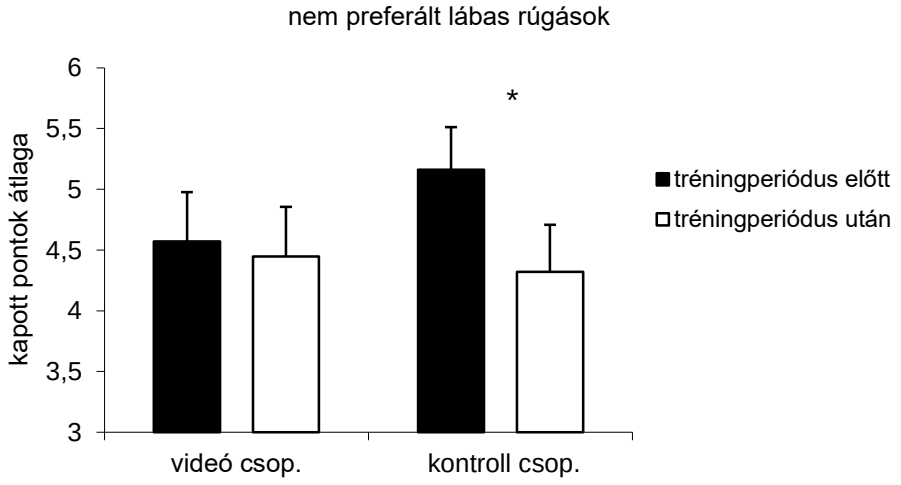
A két csoport nem preferált lábas rúgásainak céltól való átlagos eltérése látható a tréningperiódus előtt és után a 15. ábrán.



15. ábra. A videó- és a kontrollcsoport nem preferált lábas lövéseinek céltól való eltérése a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája.

A videócsoport nem preferált lábas lövései a tréningperiódus kezdetén átlagosan 3,53 méterrel tértek el a céltól (SH: 0,37), és ez 2,58 méterre csökkent (SH: 0,31) a tréningperiódus végére. Ez a pontosságnövekedés a videócsoportban az összetartozó mintás t-próba szerint szignifikáns ($t(13) = 2,25$, $p = 0,042$). A kontrollcsoport nem preferált lábas rúgásainak kezdeti 2,6 méteres átlagos eltérése (SH: 0,21) 2,4 méteresre (SH: 0,21) csökkent. Az ismételt méréses varianciaanalízis IDŐ főhatása a nem preferált rúgások pontosságában szignifikánsnak bizonyult ($F(1,26) = 5,27$, $p = 0,03$). Az IDŐ x CSOPORT kereszthatás nem bizonyult szignifikánsnak ($F(1,26) = 2,17$, $p = 0,152$), ahogy a CSOPORT főhatás sem ($F(1,26) = 3,11$, $p = 0,089$). Viszont a tréningperiódus előtti pontosság független mintás t-próbával való összehasonlítása azt mutatja, hogy a két csoport különböző szinten kezdte a vizsgálatot ($t(26) = 2,16$, $p = 0,04$).

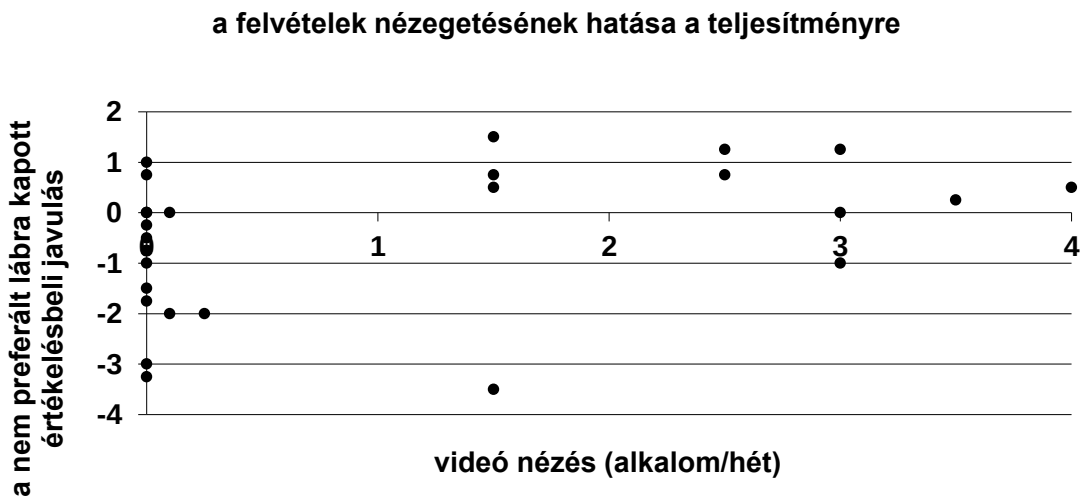
A nem preferált lábas lövések kivitelezésére kapott tréningperiódus előtti és utáni pontátlagok láthatók a 16. ábrán.



16. ábra. A videó és a kontrollcsoport nem preferált lábas lövéseire kapott pontátlagok a tréningperiódus előtt és után. A hibasáv az átlag standard hibája.

A videócsoport nem preferált lábas rúgásainak értékelésében elhanyagolható változás mutatkozott: a tréningperiódus előtti 4,57 (SH: 0,40) 4,44 pontra módosult (SH: 0,40). A kontrollcsoport esetén viszont a kezdeti 5,16 pontos szint (SH: 0,35) a négy héttel későbbi lövések 4,32-os pontátlagára csökkent (SH: 0,38). A kontrollcsoportot önmagában tekintve ez a változás szignifikáns ($t(13) = 2,55$, $p = 0,024$). Az IDŐ főhatás megközelítette a szignifikancia szintet: ($F(1,26) = 3,55$, $p = 0,071$). Az IDŐ x CSOPORT kereszthatás ($F(1,26) = 1,94$, $p = 0,175$) és a CSOPORT főhatás ($F(1,26) = 0,22$ $p = 0,637$) itt sem bizonyult szignifikánsnak.

Tekintve, hogy a videócsoporton belül sem mindenki nézegette otthon a felvételeket, megvizsgáltuk az összes v.sz. nem preferált lábra kapott értékelése közti változást annak függvényében, hogy hetente hányszor nézték meg a felvételeiket. A kontrollcsoport tagjai nulla értéket kaptak az alkalmak számát illetően (mert nem látták a felvételeiket), 0,1-es értéket kapott az a sportoló, aki csak az edzésen látta azokat, 0,25-ot kapott, aki az edzésen kívül csak egyszer látta azt a négy hét alatt, és így tovább. A 17. ábrán az adatpontok a vizsgálati személyek. A kontrollcsoport tagjai a vízszintes tengely 0 értékén sorakoznak (tehát az y tengelyen), mert nem látták a videókat. Közülük ketten kerültek a (0;0) pontra, mert nem változott az értékelésük a négy hét alatt, és hárman a (0;-0,75) pontra. Az összes többi adatpont egy-egy v.sz.-t reprezentál.



17. ábra. A nem preferált lábas rúgások esetén a felvételek nézegetése és a teljesítménybeli javulás közötti korreláció pontfelhő diagramja.

Mint 17. ábrán látható, a videócsoport 14 résztvevőjéből nyolcan, míg a kontrollcsoportban a 14 v.sz.-ből csak ketten javultak a négy hét alatt az értékelésváltozás alapján.

Diszkusszió és következtetések

A preferált lábas lövésekben sem a pontosság sem a kivitelezés tekintetében nem volt szignifikáns változás egyik csoportban sem. A nem preferált lábas lövések pontosságában a videócsoport szignifikáns mértékben javult, míg a kontrollcsoport javulása nem volt jelentős. A szubdomináns lábas lövések kivitelezésére kapott értékelésben a kontrollcsoport jelentős mértékű csökkenést mutatott, míg a videócsoportnál a csökkenés mértéke elhanyagolhatónak bizonyult. Post-hoc módon tovább vizsgálódva kitűnik, hogy abból a 11 résztvevőből, aki legalább hetente megnézte otthon a felvételeit, nyolcan javultak az értékelésváltozás alapján, míg a fennmaradó 17 résztvevőből csak ketten.

A vizsgálat során alkalmazott 4 hetes tréningperiódus a VSM kutatásokban szokásosnál kissé rövidebbnek tekinthető. Például a strandröplabda mozdulatok tanításában tesztelve 8 hetes VSM-mel támogatott tréninget alkalmaztak azzal az eredménnyel, hogy a VSM csoport egyértelműen többet fejlődött a kontrollcsoportnál mind teljesítményben, mind énhatékonyságban (Zetou és mtsai., 2008). Tornászlányok gerenda-gyakorlatait vizsgáló kísérletben pedig 6 hetes tréningperiódust alkalmaztak (Winfrey & Weeks, 1993). A VSM terápiás felhasználásában esetenként előfordul rendkívül gyors, néhány megtekintés hatására létrejövő fejlődés is (Dowrick, 2012). Ezt

figyelembe véve, és azt, hogy hosszabb periódus alatt még kevésbé lett volna kontrollálható az, hogy a videócsoport folyamatosan nézegesse a felvételeit, a 4 hetes periódust elégségesnek ítéltük. Emellett a csapaton belüli feszültséghez is vezethetett volna, ha a kontrollcsoport hosszabb ideig hátrányban érzi magát a videofelvételek nélkül. Ezt támasztják alá az edzői beszámolók, miszerint a kontrollcsoport tagjai kíváncsiak voltak a felvételeikre (többször kérdezgették az edzőket, hogy mikor kapják meg a felvételeiket). A gyermekek attitűdje és beszámolói pozitív képet festenek a módszerről. Többen más mozdulatok felvételének átfordítására is adtak javaslatot. Az ilyen megnyilvánulások arra utalnak, hogy a módszer egyik haszna, hogy felhívja a figyelmet a kétlábasság fontosságára, és a nem preferált láb edzésére motivál.

A rúgások kivitelezésére kapott pontokban valamilyen (többnyire elhanyagolható) mértékű csökkenés figyelhető meg mindkét láb és mindkét csoport esetén, ez a csökkenés viszont a nem preferált lábas rúgások esetén a kontrollcsoportnál statisztikailag szignifikáns mértékű volt. A kontrollcsoport tagjai is feltehetőleg tudták, hogy elsősorban a nem preferált lábas rúgásaik fejlesztése volt a vizsgálat célja, és azt is, hogy az egy hónappal korábbi rúgásokkal kerülhet összehasonlításra a tréningperiódus utáni rúgásuk. Így az adatok egyféle értelmezése lehet az, hogy a teszthelyzet és a kamera talán zavaró jelenléte miatt csökkent a rúgásaik kivitelezésének minősége. Ezen értelmezés szerint a videócsoport teljesítménye azért nem változott lényegesen, mert a VSM jótékony hatása ellensúlyozhatta a teszthelyzet és a kamera keltette feszültségből adódó esetleges gyengébb kivitelezést. A kísérleti elrendezésből adódóan természetesen az sem zárható ki, hogy nem a VSM módszer segítő szerepe a döntő, hanem egyszerűen az, hogy a videócsoport kapott valamiféle támogatást az egy hónap alatt, a kontrollcsoport pedig nem (csak az ígéretet, hogy heteken belül megkapják a felvételeiket).

A rúgások pontosságában is csak a szubdomináns lábas lövésekben volt számottevő változás, ami főként a videócsoport javulásának köszönhető. Mivel a tréningperiódus előtt és után különböző segítők becsülték meg a rúgások céltól való eltérését, így óvatosan kezelendő a videócsoport pontosságában mért szignifikáns javulás ($p = 0,042$), mert ehhez hozzájárulhatott a két segítő távolságbecslése közötti esetleges különbség. Szintén fontos megjegyezni, hogy a kontrollcsoport a vizsgálat elején szignifikánsan pontosabban rúgott ($p = 0,04$) a videócsoportnál, ami a véletlen műve, hiszen a vizsgálati személyeket véletlenszerűen soroltuk a két csoportba azzal a megkötéssel, hogy azok életkorban és lábasságban hasonló összetételűek legyenek.

A vizsgálati módszer tehát több módon javítható lehet, például, ha a kezdeti képességek, vagy legalábbis a mérési eredmények alapján kiegyenlítettebb a két vizsgált csoport. A módszer tovább fejleszthető még a képminőség javításával, több kamera-pozíció alkalmazásával, és a felvételek hozzáférhetőségének alaposabb biztosításával, például a személyre szabott formátumba való konvertálással, hogy akár okostelefonon is nézegethetők legyenek a felvételek. A több kamera pozíció a lövések céltól való eltérésének pontosabb mérését is lehetővé tenné. Nagyobb kontrollt lehetne gyakorolni afelett, hogy a videócsoport tagjai hasonló és megfelelő gyakorisággal nézzék a felvételeiket. Fontos lenne továbbá, hogy olyan populációt vizsgáljunk, ahol a résztvevők szubdomináns oldali fejlődésével kapcsolatos motivációi is hasonlóképpen magasak.

Ezzel a vizsgálati elrendezéssel az nem igazolható teljes bizonyossággal, hogy az áttükrözött videofelvételek segítik a nem preferált lábas rúgás fejlesztését, mert az is lehet, hogy csupán a videó visszajelzés segít, vagy egyszerűen egyfajta placebo-jellegű választ váltottunk ki azzal, hogy a videócsoport kapott valamiféle támogatást, a kontrollcsoport pedig nem. Az, hogy a vizsgálat eredményeiben minden számottevő változás a nem preferált lábat érintette, mégis arra utal, hogy a videó-önmodellálásnak lehet hatása.

Mivel itt a sportoló részéről heti néhány perc időbefektetésről van szó fizikai terhelés nélkül, nem jár nagy kockázattal, ha valaki a módszer segítségével szeretné fejleszteni a szubdomináns oldalas mozgását. A módszer a mozgásfejlesztés széles területén alkalmazható, akár a terápiás, rehabilitációs folyamatok támogatásaként is elképzelhető. Tekintve a kétlábasság labdarúgásban betöltött fontos szerepét, a módszer lényeges mellékhatása az, hogy felhívja a figyelmet a kétlábasság fontosságára, és a nem preferált láb edzésére motiválhat. Az eredmények nem mutatnak egyértelmű csoportok közötti különbséget az időbeli javulás mértékében, mégis a gyermekek vélekedésével együtt kialakult összkép arra enged következtetni, hogy azoknak jó eséllyel segít a módszer, akik belső motivációjukból fakadóan szeretnék javítani a szubdomináns lábas rúgásukat. Az eredmények alapján a **disszertáció 5. hipotézise** tehát némi megerősítést nyert.

A bilaterális készségek fejlesztésére kialakított tükrözött videó-önmodellálás alkalmazhatósága elit csapatsportokban

A labdarúgás mellett számos további sportban is fontos a bilaterális képességbeli aszimmetria csökkentése. Erre a kosárlabda egy jellemző példa, ahol úgy tűnik, hogy rendkívül fontos a kétkezesség. Egy videóelemzést alkalmazó kutatásban összehasonlították az amatőr, félprofi és profi játékosok játékát, és ez az összehasonlítás azt mutatta, hogy a profik többet és sikeresebben használják a szubdomináns kezüket az amatőröknél (Stöckel & Weigelt, 2012). Annak ellenére, hogy sok egyéb sportágban is fontos lehet a szubdomináns oldali ügyesség, valamint a tudományosan is megalapozottnak tekinthető tükrözött videó-önmodellálás is könnyen elérhető bárki számára, a módszerre viszonylag kevés figyelem irányul. Három publikált tanulmányról tudunk a témában, melyekből az egyik a mienk (Petró & Bárdos, 2014; Steel és mtsai., 2013; Steel & Ellem, 2016). Ezek a tanulmányok, bár különböző módszereket használtak, ígéretes eredményeket mutatnak, és további vizsgálatokra biztatnak. A tükrözött videó-önmodellálás hatékonyságának, és sportban való megfelelő alkalmazásának felméréséhez nagyszámú résztvevőre van szükség, mivel a módszer sokféleképpen variálható annak kidolgozása során. Emellett, a sportolók belső motivációja és figyelme is szükséges a megfigyeléses tanuláshoz, ami meghatározó a módszer hatékonyságában (Bandura, 1969). Továbbá, a sportolók és edzőik, szakvezetőik véleményének és a közöttük lévő kommunikációnak is kiemelkedő fontossága van a módszer kidolgozásában. Következésképpen, az 5. tanulmányban ismertetett interjúsorozatban arra kerestük a választ, hogy hogyan látják a tükrözött videó-önmodellálás alkalmazásának lehetőségét különböző csapatsportok szakértői. **A disszertáció 6. hipotézise** tehát az, hogy a labdarúgás mellett további sportokban is fontosak a bilaterális készségek, és emiatt a tükrözött videó-önmodellálás iránt érzett attitűd is pozitív lehet az ilyen sportokban.

A tanulmány célja

A tanulmány célja négy csapatsport felmérése és összehasonlítása volt a következő edzésbeli jellemzőik alapján: (1) a bilaterális ügyesség észlelt fontossága; (2) az egyéni mozgásfejlesztés céljából adott videó-visszacsatolás jelenlegi használata/gyakorlata; (3) elit sportolók hozzáállása a tükrözött videó-önmodellálás használatához. Négy olyan népszerű, olimpiai csapatsportot választottunk, melyekben a bilaterális ügyesség valószínűleg fontos: labdarúgás, kosárlabda, kézilabda, vízilabda.

Módszer

Résztvevők

Húsz (visszavonult vagy aktív) elit sportoló és/vagy edző (akik korábban magas szinten sportoltak) vett részt a vizsgálatban, akik a 4 fent említett csapatsportot képviselték. A résztvevők átlag életkora 48 év volt (Szórás: 11). Komoly tapasztalattal rendelkező interjúalanyokat kerestünk, hogy a legpontosabb képet kapjuk minden sportról (lásd a 7. táblázatot). Az alanyok keresésében hólabda módszert alkalmaztunk. A kutatási tervet az ELTE PPK Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá.

7. táblázat. A résztvevők tapasztalata.

Kód	Kor	Neme	Eredményei játékosként	Eredményei edzőként
Vízilabda				
W1	65	férfi	Olimpiai aranyérmes, világ- és Európa-bajnok	A női válogatott edzője
W2	71	férfi	Olimpiai ezüstérmes, világ- és Európa-bajnok	
W3	40	férfi	Háromszoros olimpiai aranyérmes, világbajnok, hatszoros nemzeti bajnok, Hírességek Csarnoka tag	
W4	43	férfi	Olimpiai aranyérmes, világbajnoki ezüst érmes, kétszeres Európa-bajnok, négyszeres nemzeti bajnok	
W5	45	nő	Világ- és Európa-bajnok, hatszoros nemzeti bajnok	
Kézilabda				
H1	35	nő	15 év az első osztályban, Nemzeti kupa győztes, Bajnokok ligája negyeddöntős	
H2	63	férfi	13 év az első osztályban, Hússzoros nemzeti válogatott	Női válogatottal: Euróba-bajnoki aranyérmes, Olimpiai ezüstérmes, világbajnoki ezüstérmes. Férfi válogatottal: világbajnoki ezüstérmes. Számos nemzeti és nemzetközi trófea klub szinten is.

H3	31	nő	15 év az első osztályban, Európai kupa győztes (EHF)	
H4	47	férfi	Hatszoros válogatott, 16 év az első osztályban	5 éve az első osztályban
H5	58	férfi	6 év az első osztályban	Kétszeres Európai kupa győztes (EHF), a női válogatott segédedzője
Kosárlabda				
B1	37	férfi	Négyszeres nemzeti bajnok, 98-szoros válogatott	
B2	47	férfi	Ötszörös nemzeti bajnok, 88-szoros válogatott	
B3	49	nő	Háromszoros Európa-bajnoki bronzérmes, Kétszer az Európa-bajnokság all-star csapatában, négyszeres nemzeti bajnok, a magyar kosárlabda halhatatlanjai tag, 223-szoros válogatott	
B4	36	férfi	16 év az első osztályban, 90-szeres válogatott	
B5	49	nő	19 év az első osztályban, 145-szörös válogatott, a magyar kosárlabda halhatatlanjai tag	
Labdarúgás				
S1	48	férfi	12 év az első osztályban	U-16-os válogatott edzője
S2	39	férfi	4 év az első osztályban	U-16-U-21 válogatottak edzője, 1. és 2. osztályú csapatok edzője
S3	58	férfi	Harmad osztályú csapatokban	Első osztályú utánpótlás csapatoknál
S4	49	férfi	8 év az első osztályban	Válogatott utánpótlás csapatoknál
S5	47	férfi	12 év az első osztályban, 3-szoros válogatott, nemzeti kupa győztes	

Eljárás

Félig strukturált interjúkat készítettem a résztvevőkkel három téma körül: a) a bilaterális ügyesség fontossága, b) az egyéni videó-visszacsatolás használata, c) a tükrözött videó-önmodellálással kapcsolatos attitűd. Az interjúk a résztvevők

szempontjából olyan kényelmes helyeken (sportcsarnok/-pálya, munkahely, kávézó) készültek, melyek elég csendesek egy kellemes beszélgetésre. Az interjúkról (a négy sportág 5-5 képviselőjével, összesen 20) hangfelvétel készült, majd szó szerinti leírásuk következett, hogy teljes és pontos legyen a beszélgetések rögzítése. A megfelelő témákon belüli válaszokat három kódoló kódolta manuális kvalitatív módszerrel (Braun & Clarke, 2006). A tanulmány kvalitatív természetéből kifolyólag kvantitatív statisztika eljárás nem történt. Az interjúk egyenkénti kódolása után a végső kódokat ellenőrizte és egyetértésre jutott a három kódoló.

Eredmények

Az interjúk rövidített összegzése a 8. táblázatban találhatók. A táblázatban a három feltáró jellegű kutatási kérdésre adott válaszok lényege látható a négy sportág minden egyes képviselőjétől.

8. táblázat: A szakértői vélemények rövid összegzése a három témáról.

	A bilaterális ügyesség fontossága	Az egyéni videó-visszacsatolás használata	A tükrözött videó-önmodellálással kapcsolatos attitűd
W1	hangsúlyosabb lehetne	ritka, néha kapusok edzésénél	jó ötlet
W2	hangsúlyosabb lehetne	ritka, gyerekeknek hasznos lehet	talán jó
W3	a másik kezet ritkán használják, általános koordinációs edzéskor, vagy a lábak bemelegítésekor	a csapatok 99%-a nem használja	nem hasznos
W4	inkább a center pozícióban	ritkán	érdekes, talán hasznos, motivációs tényező
W5	inkább a center pozícióban, közeli helyzetek megoldására	talán alkalmanként néhány csapatban	nem hiszi, hogy hasznos lenne

H1	fontos a passzoknál, labdavezetéskor	nincs használatban	bizonyára hasznos
H2	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli lövéseket	fontos a fiatalok technikai képzésében	nem hasznos, a szükséges ízületek és izmok anatómiájának laterális különbségei miatt
H3	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli lövéseket	ritkán, talán hasznos a gyerekeknek	bizonyára hasznos
H4	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli lövéseket	kezd bejönni a gyakorlatba	talán hasznos
H5	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli lövéseket	használja	nem hasznos
B1	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli dobásokat	elég ritka, de bizonyára hasznos	a közeli dobások hasonlóak mindkét kézzel, nem biztos benne
B2	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli dobásokat	kezd bejönni a gyakorlatba, többet kellene használni, bizonyára hasznos	jó ötlet, talán kipróbálják
B3	minden helyzetben fontos, kivéve a távoli dobásokat	a csapatvideókon kiemelnek egyéni akciókat	minden akció kicsit eltér, ezért nem biztos
B4	fontos, de a hiánya kompenzálható	bizonyára hasznos, többet kellene használni	jó ötlet
B5	fontos, de a hiánya kompenzálható	használta, hasznos	bizonyára hasznos

S1	utánpótlás szinten fontos, felnőtt, profi szinten a nem preferált láb extra edzése a játékos egyéni igényén múlik	nem hallott még a használatáról	érdekes, talán használható motiváló tényezőként
S2	utánpótlás szinten fontos, felnőtt korban nincs hangsúlyozva	nagyon hasznos, csak élcsapatok utánpótlásában használt	talán hasznos
S3	nagyon fontos	nem használják, talán kapusoknál	jó ötlet
S4	nagyon fontos, mindig	néhány csapat használja	jó ötlet
S5	nagyon fontos	nem használják, de kellene az utánpótlás csapatokban	inkább a sztárok technikáját kellene másolni

Vízilabda

Minden vízilabda szakértő egyetértett abban, hogy nem preferált kezes akciók ritkán fordulnak elő, csak a kapu előtti helyzetekben van ilyen. A vízilabda interjúalanyok közül négyen említették a center pozíciót, ahol a legtöbb szubdomináns kezes akció szükséges. A szakértői konszenzus szerint az egyéni mozgásfejlesztés céljából adott videó-visszacsatolást nem alkalmazzák vízilabdában, esetleg néhány csapat kivételével. Három válaszoló említette, hogy többet lehetne használni a mozgáselsajátításhoz. Két interjúalany úgy gondolta, hogy a tükrözött videó-önmodellálás nem alkalmazható vízilabdában, mivel a szubdomináns kezet ritkán használják. Egy résztvevő nem tudta eldönteni, a maradék két szakértő pozitívan gondolt a módszerre.

Kézilabda

Távoli lövéseket szinte sosem hajtanak végre a nem preferált kézzel kézilabdában. Mégis minden résztvevő úgy gondolta, hogy a szubdomináns kéz használata fontos ebben a sportban. Az utánpótlás csapatokban minden játékos bilaterálisan tanulja az alapképességeket (passzolás, labdavezetés, labda elkapása). Három válaszadó megjegyezte, hogy a beállósok általában jobbak a nem preferált kezükkel. Ahogy azzal minden szakértő egyetértett (a H4-es válaszadó némi

bizonytalanságával), hogy az egyéni videó-visszacsatolás hasznos a kézilabdában és egyre elterjedtebb. Ketten, H2 és H5, azon a véleményen voltak, hogy a tükrözött videó-önmodellálás módszerét nem lehet használni kézilabdában. A másik három résztvevő pozitív véleménnyel volt a videó-önmodellálásról.

Kosárlabda

Mind az öt kosárlabda szakértő úgy gondolta, hogy a szubdomináns kéz használata alapvető fontosságú a kosárlabdában. A játékosoktól elvárható, hogy még a kosárra dobások egy részét is – a közeli dobások (ziccerek) – bármelyik kézzel sikeresen végre tudják hajtani, ha a helyzet úgy kívánja (pl. egy szorosan védekező ellenfél miatt). Három kosárlabdás résztvevő szerint egyéni videó-visszacsatolást ritkán használnak a technikai képzésben, noha mindannyian egyetértettek abban, hogy az hatékonyan támogathatná az edzéseket. Két kosárlabdás interjúalanynak, B1-nek és B3-nak, kétségei voltak afelől, hogy a tükrözött videó-visszacsatolás alkalmazható lenne kosárlabdában. A másik három megkérdezett teljesen pozitívan állt hozzá a módszerhez.

Labdarúgás

Minden labdarúgó interjúalany egyetértett abban, hogy az utánpótlás edzések minden aspektusát (labdakezelés, labdavezetés, passzolás, lövések) mindkét lábbal gyakoroltatni kell, mivel a futball megköveteli a bilaterális képességeket. Két válaszadó kiemelte a bilaterális képességek fontosságát különösen a pálya hossztengelyében játszók esetében (egyaránt a védelemben, középpályán, vagy elől). Az egyéni videó-visszacsatolást ritkán használják labdarúgásban, holott három labdarúgó résztvevő úgy gondolta, hogy hasznos lehet. Kettő futball szakértő nem alkalmazna tükrözött videó-visszacsatolást. Másik kettő, S3 és S4, pozitívan gondolt a módszerre. Végül, S5-nek tetszett a mozdulatok videó segítséggel történő összehasonlításának ötlete, de ő inkább arra venné rá a fiatalokat, hogy a világklasszis játékosok rúgótechnikáját másolják le.

Az interjúk összegzése

Az interjúk feltárták, hogy a nem preferált kezet ritkán használják vízilabdában. Kézilabda a következő a bilaterális ügyesség fontosságának emelkedő sorrendjében. A labdavezetést, passzolást és a labda elkapását is gyakran a „másik kézzel” oldják meg. A szubdomináns kéz használata még jobban jellemzi a kosárlabdát. A nem preferált kezes közelről történő gólszerzés (ez esetben kosár) gyakoribb, és edzéseken ezt gyakorolják is. A bilaterális labdakezelés képessége előfeltétel a professzionális

futballban. Még nagy távolságról leadott passzokat és lövéseket is végrehajtanak a szubdomináns végtaggal. Az egyéni mozgásfejlesztés céljából adott videó-visszacsatolást ritkán használják a megvizsgált sportokban (néhány csapat használhatja, ha egyáltalán előfordul). Négy kosárlabda szakértő, három vízilabda, és három labdarúgó szakértő említette, hogy hasznos lehet. A kézilabda valamennyire kiemelkedik ilyen tekintetben, mert három kézilabda szakértő azt mondta, hogy használtak már videót ilyen célra. Sőt, mind azt gondolta (egy kézilabda szakértő bizonytalanságával), hogy szélesebb körökben kellene használni. A vízilabda és kézilabda szakértőknek hasonlóan vegyes hozzáállásuk mutatkozott meg a tükrözött videó-önmodellálással kapcsolatban. A futball és kosárlabda interjúalanyok azonos vagy hasonló véleményen voltak, és optimistábban vélekedtek arról, hogy a módszer mennyire alkalmazható a sportjukban.

Diszkusszió

Az eredmények azt mutatják, hogy a négy sportág összehasonlításában a bilaterális ügyességet a következő sorrendben tartják a legfontosabbnak: labdarúgás, kosárlabda, kézilabda, vízilabda. Ez a sorrend párhuzamba állítható a tükrözött videó-önmodellálás iránti attitűddel, és egymáshoz képest ebben a sorrendben szerepelnek a világ legjelentősebb sportjainak listáján (*Biggest Global Sports*, é. n.). Az interjúk ellentmondást mutatnak ki az ezekben a sportokban megjelenő videó-visszacsatolás iránti igény, és a tényleges használata között. A legtöbb résztvevő (a 20-ból 15) rámutatott, hogy ezen a területen lehet javítani, mivel a felvevő és lejátszó eszközök széles körben elterjedtek. Összesen 9 résztvevő (2 a futballból, 3 a kézilabdából és 4 a vízilabdából) említette a csapatokon belüli centrális pozíciókat, mint amelyek leginkább megkövetelik a bilaterális képességeket. Figyelembe véve a nem preferált oldalas készségek tréningjeire való hajlandóság egyéni különbségeit (Porac, 2016), és a csapaton belüli pozíciók különböző mértékű bilaterális követelményeit, fontos differenciálni a bilaterális készségek szükségességét.

Ez az interjú sorozat képet ad a sportteljesítmény fokozására használt videó technológia iránt érzett attitűdről, és előzetes bizonyítékkal szolgál alkalmazásának indokoltsága mellett. Bár némi ellenérzés kimutatható, összességében a hozzáállás pozitív, és a módszer további meggyőző bizonyítékai növelhetik a sportolók nyitottságát arra, hogy részt vegyenek a tükrözött videó-visszacsatolásban, ami segítségül szolgálhat a bilaterális készségek fejlesztésében. A **disszertáció 6. hipotézisét** tehát elfogadom.

Következtetések

Ez a kvalitatív tanulmány azonosított két sportot, a futballt és a kosárlabdát, melyekben a tükrözött videó-önmodellálás módszere tovább tesztelhető és/vagy alkalmazható, mivel e sportok játékosai fontosnak tartják a bilaterális készségeket. Mindamellett, ez a két sport áll a világ legjelentősebb sportjai rangsorának élén (*Biggest Global Sports*, é. n.), ami rámutat arra, hogy a népszerűséggel együttmozgó teljesítménykényszer nagyobb nyitottsággal jár olyan videó technológia használatával kapcsolatban, aminek a sportteljesítmény fokozása a célja. E két sport elit atlétáinak volt a legpozitívabb attitűdjük a módszer használatával kapcsolatban. A tanulmány szintén rámutat a teljesítményfokozást irányzó egyéni videó-visszacsatolás jelenlegi hiányára vagy ritka alkalmazására, különösen futballban és vízilabdában. Így, a gyakorlati szakembereknek szánt végső üzenet az, hogy fontolják meg a videók szélesebb körű alkalmazását, legalább a fiatalok mozgáselsajátításának, és a bilaterális készségek fejlesztésének elősegítéséhez.

Kiegészítés

Ehhez a tanulmányhoz még fontos megemlíteni, hogy a négy vizsgált olimpiai csapatsport mellett számos sportban fontos a bilaterális ügyesség. A tanulmány leírásában a publikált szöveghez ragaszkodtam, de valójában eredetileg a tékvandó is szerepelt a vizsgálatban, mert úgy gondoltuk, hogy sok küzdősportban fontos lehet a bilateralitás. A tékvandó aztán a könnyebb publikálhatóság kedvéért kikerült a kéziratból. Ennek oka az, hogy két szempontból nagyon eltér a többi sporttól. Egyrészt ez egy egyéni sport, másrészt a bilaterális készségek itt kiemelkedően fontosnak bizonyultak. A tékvandó egy túlnyomóan rúgásokat használó küzdősport. Az alap rúgástechnikákat minkét lábbal gyakorolják, profibb szinten már mindenki, mindkét lábbal hasonlóan magas szinten használja azokat. Világklasszis versenyzőknél pedig előfordul, hogy az ellenfelek megtévesztése céljából a két láb használatának gyakoriságát változtatják menetről menetre egy mérkőzés alatt, vagy akár az évek során. Ennek megfelelően, a labdarúgás és kosárlabda mellett a tékvandóban is fontosnak tartják a bilaterális ügyességet. Emellett az interjúkból az derült ki, hogy a tükrözött videó-önmodellálás alkalmazását itt is jó ötletnek tartják.

Általános diszkusszió

Disszertációmban a vizuális és motoros folyamatok kétirányú kapcsolatát vizsgáltam, és ennek a kapcsolatnak a sportban való felhasználási lehetőségét. Az első két tanulmány az automatikus vizuális feldolgozás mozgás általi modulációit vizsgálta. Az első tanulmány 1. vizsgálatának eredményei arra utalnak, hogy az akaratlagos cselekedet és a vizuális inger függetlensége esetén a specifikus alacsony szintű vizuális reprezentációk nem aktiválódnak, legalábbis EKP módszerekkel megállapítható módon. Az első tanulmány 2. vizsgálatában a kézmozgás irányával kongruens állású objektum folyamatos jelenléte (a kézmozgással együtt) már befolyással volt a nem figyelt mintázat elemeinek orientációbeli eltéréseinek szálienciájára, ami a deviáns orientáció automatikus észleléséhez vezet. Feltételezhetően a cselekvés és észlelés közös kódolása a vizuális folyamatok magasabb szintjein jelentkezik, ahol már figyelmi folyamatok is szerepet játszhatnak. Ennek megfelelően, különböző téri figyelemmel jellemezhető sportágak sportolóinak periferikus, automatikus vizuális feldolgozását hasonlítottuk össze a 2. tanulmányban. A vizsgálat során a kézilabdás és a sportlövői csoport ugyanazt a sportágfüggetlen mozgáskövetéses feladatot végezte a képernyő közepén, miközben a látótér perifériáján megjelenő ingersorozatban megjelenő változások idegi korrelátumait vizsgáltuk. Nagyobb vizuális eltérési negativitást regisztráltunk a kézilabdások csoportjában, ami a periferikus ingerekre mutatott nagyobb érzékenységükre utal. Emellett ez a csoportkülönbség már a szenzoros eseményhez kötött potenciál P1-es komponensében is megmutatkozott. Eredményeink azt sugallják, hogy ahogy a rendszeresen gyakorolt sportmozgásokhoz szükséges figyelmi folyamatok is alkalmazkodnak az adott sporthoz (Hüttermann és mtsai., 2014), úgy már az azt megelőző automatikus vizuális feldolgozás is módosulhat a különböző sportok specifikus igényeinek megfelelően.

Fontos megjegyezni, hogy a megfigyelt csoportkülönbség nem feltétlen a sport-specifikus edzéseknek köszönhető, hanem az automatikus változásdetekcióban megmutatkozó különbség a sport kiválasztása előtt is már jelen lehet, ami aztán fogékonnyá teheti az illetőt olyan sportban való jártasság kifejlesztésére, ahol az automatikus információfeldolgozásban meglévő előnyét kihasználhatja. Mindamellett, a fiatalok sportágválasztása (amiben meg is maradnak, és élsportolói szintre emelkednek) feltehetőleg olyan sok tényezőn múlik, hogy az automatikus információfeldolgozásnak nem valószínű, hogy döntő szerepe lenne ebben. Így azt valószínűsítjük, hogy a

kézilabdásoknál az automatikus, perifférikus változásdetekcióban megfigyelt fölény a hosszú távú sport-specifikus tréningnek köszönhető, tehát a feldolgozó rendszer plaszticitásának a megnyilvánulása.

A disszertáció 3. tanulmánya már átvezetőnek tekinthető a vizuális folyamatok motoros folyamatokra gyakorolt hatásának vizsgálata felé. Ebben az irodalmi összefoglalóban a lateralitás labdarúgó teljesítményre gyakorolt szerteágazó hatását tekintettük át. Szempontunkból három fontos terület emelhető ki a kutatásokból. Megerősítést nyert az, hogy a kevert lábas játékosokra igény mutatkozik a labdarúgásban (Bryson és mtsai., 2012; Carey és mtsai., 2001; Grouios és mtsai., 2002). Ennek megfelelően, a szubdomináns lábas technika fejlesztésének is kiemelkedő jelentősége van, és az ezt irányzó edzésidőnek úgy tűnik, hogy megvan a várt hozadéka, legalábbis fiatal résztvevők esetében (Cobalchini & Silva, 2008; Haaland & Hoff, 2003; Teixeira és mtsai., 2003). Az irodalmi áttekintés harmadik kiemelendő témája a videó alapú vizuális anticipációs vizsgálatok eredményei. Ezek alapján úgy tűnik, hogy a negatív perceptuális gyakorisági hatás szerepet játszik az interaktív sportokban megmutatkozó balos előnyben (Hagemann, 2009; Loffing, Schorer, és mtsai., 2012; McMorris & Colenso, 1996; Schorer és mtsai., 2012). Tehát a bal kezes/lábas sport akciók kimenetelei nehezebben jósolhatók be, feltehetőleg legalább részben azért, mert ilyen látványban ritkábban van része a sportolóknak. Ez igaz a bal kezes/lábas megfigyelőkre is. Ebből két dolog következik. Egyrészt, ezek alapján a vizuális tapasztalatnak nagyobb a hatása az emberi mozgások vizuális percepciójára, mint az előzetes motoros tapasztalatnak. Az előzetes motoros tapasztalat percepcióra gyakorolt hatása a percepció és cselekvés közös kódolásának elméletéből adódik (Hommel és mtsai., 2001), mint azt a bevezetőben már áttekintettük, és ahogy azt számos kongruens vizsgálati eredmény mutatja. Az elmélet alapján a bal kezesek/lábasok mozgásmintázatát a balos sportolók könnyebben megkülönböztetnék, mint a jobbos sportolók (és fordítva). A vizuális anticipációs vizsgálatok eredményei ennek tehát ellentmondanak, és inkább a vizuális tapasztalatokat hangsúlyozó elméleteknek adnak igazat (Giese & Poggio, 2003; Johansson, 1973). Mindamellett a két elmélet nem zárja ki egymást. Lehetséges, hogy mindkét információforrás befolyással van az emberi mozgások percepciójára, és arányuk helyzetről helyzetre változhat (Brenton & Müller, 2018; Jacobs és mtsai., 2004). A másik dolog, ami következik a negatív perceptuális gyakorisági hatásból az, hogy ez is bátoríthatja a sportolókat a szubdomnáns kéz/láb használatára. Amellett, hogy önmagában is váratlan lehet a védekező ellenfél

szempontjából a nem preferált oldal használata, lehetséges, hogy annak nem is kell olyan pontosnak, vagy gyorsnak lennie, mert annak kimenetele nehezebben jósolható be.

A disszertáció 4. tanulmányában labdarúgók szubdomináns lábas rúgásának fejlesztési lehetőségét vizsgáltuk a tréningeket kiegészítő vizuális információ segítségével, pontosabban a domináns lábas rúgás tükrözött felvételét mutató videóval. Annak ellenére, hogy a videócsoport tagjai közül sem mindenki nézegette az elvárt gyakorisággal a felvételeit, viszonylag bíztató eredményeket hozott a vizsgálat. A szubdomináns lábas lövések pontosságában a videócsoport szignifikáns mértékben javult, míg a kontrollcsoport javulása nem volt jelentős. A kivitelezésben a kontrollcsoport jelentős mértékű csökkenést mutatott, míg a videócsoportnál a csökkenés mértéke elhanyagolhatónak bizonyult, és a post-hoc elemzés azt mutatja, hogy abból a 11 résztvevőből, aki legalább hetente megnézte otthon a felvételeit, nyolcan javultak az értékelésváltozás alapján, míg a fennmaradó 17 résztvevőből csak ketten. A vizsgálat diszkussziójában már kitértünk arra, hogy milyen technikai és módszertani területeken lehetne fejleszteni ezt az előtanulmánynak tekinthető kísérletet. A módszertani hiányosságokat illetően jogos kritika, hogy a kezdeti képességeket is alapul vehettük volna a v-sz.-ek csoportokra bontásakor. Emellett több kontrollt lehetett volna gyakorolni afelett, hogy a videócsoport tagjai hasonló és megfelelő gyakorisággal nézzék a felvételeiket. Erre egy lehetőség az lehetne, ha a megnézendő felvételeket hetente többször elküldenénk a v.sz.-eknek azzal a módosítással, hogy egy mindig változó, egyedi felirat (egy random szó, vagy szám) lenne bennük, amit a résztvevőknek vissza kellene küldeniük, igazolandó, hogy megnézték a felvételt.

Itt természetesen fontos kérdés, hogy a sportoló milyen gyakran nézze a felvételeit. Ezt a kérdést vizsgáló egyik kísérletben golfütéseket tanultak a v.sz.-ek, ahol a független változó az volt, hogy hány edzés előtt kaptak a résztvevők videós támogatást. Az egyik csoport minden gyakorlás előtt megnézte a felvételt, a másik minden ötödik gyakorláskor, a harmadik csoport minden tízedik gyakorláskor, és volt egy csoport, akik csak a vizsgálat elején egyszer nézték meg a felvételt. Az eredmények azt mutatják, hogy minden csoport teljesítménye javult a kísérlet alatt, viszont egy későbbi tesztelés során azoknak a teljesítménye szignifikánsan jobb volt a többi csoporthoz képest, akik minden gyakorlás előtt megnézhették a felvételt (Sidaway & Hand, 1993). A gyakori modell megfigyelés tehát hatásosnak tűnik, de nem biztos, hogy az szükséges minden gyakorlás előtt. Egy másik kísérletben a résztvevők egyik

csoportja saját maga dönthette el, hogy mikor akarja megnézni a tanulandó mozdulatokat mutató videót, egy másik csoport minden tréning előtt megnézte azt, míg a harmadik csoport nem kapott videó támogatást. Az első két csoport határozottan jobban teljesített a harmadiknál, viszont akik minden alkalommal megnézték a felvételeket nem bizonyultak jobbnak azoknál, akik saját megítélésük szerint nézték a felvételeket. Ez utóbbi csoport tagjai a lehetséges alkalmaknak csak 9,8%-ában kérte a felvételt, és ez túlnyomó többségében a tanulás legelején történt (Wrisberg & Pein, 2002). Wulf és munkatársai (2005) is hasonló eredményeket kaptak, és ezek alapján úgy tűnik, hogy a modell megfigyelés saját megítélés szerinti gyakorisága sok esetben megfelelő hatékonyságú.

A 4. tanulmány vizsgálati elrendezésében talán az is kritizálható pont, hogy a kontrollcsoport nem kapott videófelvételt. A kísérletet azért alakítottuk így, mert előtanulmánynak tekintettük, azt vizsgálva, hogy így, egyfajta placebo-jellegű hatással együtt kimutatható-e valami javulás. Ez a gyakorlati felhasználás szempontjából lényeges kérdés, hiszen egy egyesület szempontjából viszonylag irreleváns, hogy pontosan mi segíti elő fejlődést, ha az a sportolók többletterhelése nélkül jön létre. A videófelvétel nélküli kontrollcsoport alkalmazása összevethető az adjuváns terápiák klinikai tesztelésével, ahol a már meglévő eljárások melletti kiegészítő terápiát tesztelnek (Köteles, 2013). Itt a meglévő eljárásnak feleltethető meg az, hogy a csapat edzései a szubdomináns lábas technika fejlesztésére is irányulnak, és ezt egészíti ki a tükrözött videó-visszacsatolás a kísérleti csoportban. Ez valamennyire igazolja az elrendezés létjogosultságát, valamint az, hogy a VSM vizsgálatokban sokszor hasonló elrendezéseket alkalmaznak (Winfrey & Weeks, 1993; Zetou és mtsai., 2008), vagy csupán esettanulmányok eredményeit mutatják be (Dowrick, 2012; Dowrick & Dove, 1980; Ram & McCullagh, 2003).

A disszertáció vizsgálódását természetesen segítette volna egy olyan kontrollcsoport, akik kapnak videót, viszont ez esetben az a kérdés merülhetett volna fel, hogy mi a megfelelő kontroll: a legjobb szubdomináns rúgás felvétele, a domináns lábas rúgás, vagy profi sportolók rúgásainak felvételei? Eredményeink mindenesetre további kutatásokra bátorítóaknak tekinthetőek. A módszer empirikus tudományos megalapozottsága erősíthetné is a placebo-jellegű hatást az elvárások növelésével, főleg, ha azt az edzők, egyesületi vezetők meggyőződése is közvetítené a játékosok felé. A placebo irodalmából egyébként még az is következik, hogy a felvételek készítésekor jelenlévő nagyobb stáb (több, komolyabb kamerával) valószínűleg tovább növelné az

elvárásokat, ami aztán a tényleges hatásosságra is befolyással lehet. Továbbá, terápiás helyzetekben, sőt placebo tabletták használatánál is megfigyelhető az, hogy fokozza a hatást, ha a kezelésben részesülő fizet is a szolgáltatásért, ami persze etikai kérdéseket is felvet (Köteles, 2013).

A 4. tanulmányban ismertetett módszer részleteinek kidolgozásához és működésének ellenőrzéséhez tehát még sok kísérlet és v.sz. szükséges. Ennek megalapozására készítettük az 5. tanulmányt, ahol azt vizsgáltuk, hogy hogyan látják a tükrözött videó-önmodellálás alkalmazásának lehetőségét különböző sportok szakértői. A módszerhez való hozzáállás összességében pozitív, és ez kiemelkedik a labdarúgásban és a kosárlabdában. A bilaterális képességek a következő sorrendben a legfontosabbak a négy vizsgált csapatsport összehasonlításában: labdarúgás, kosárlabda, kézilabda, vízilabda. Emellett általánosságban elmondható, hogy diszkrepancia mutatkozik a videó-visszacsatolás iránti igény, és a tényleges használata között. Mint az eredményeknél már említettük, a tékvandóban is fontosnak tartják a bilaterális készségeket, és a tükrözött videó-önmodellálás alkalmazását itt is jó ötletnek tartják. A tékvandó feltehetőleg kevesebb embert mozgat meg, következésképpen a jövőbeli vizsgálatokhoz is kevesebb résztvevőt biztosítana. Mégis érdemes figyelembe venni ezt az eredményt, mert rámutat arra, hogy valószínűleg további küzdősportokban is hasznos lehet megvizsgálni a módszer iránti attitűdöt. A kosárlabdához és a labdarúgáshoz képest a küzdősportok azért is jelentenek különleges terepet, mert egyéni sport lévén, a versenyek felvételeinek visszajátszásakor az egyéni (ellenfél és/vagy saját) mozdulatokra figyelnek a sportolók, tehát jobban hozzá lehetnek szokva a saját mozgás videóelemzéséhez. Emellett sok küzdősportban tükör előtt is gyakorolják a mozdulatokat, ami megint csak hasonlatos a videó-önmodellálás helyzetéhez.

Az interjúsorozat rámutatott az idegi plaszticitás néhány rendkívüli példájára, amit többnyire a kényszer és az akarat együttállása váltott ki. Például egy kosárlabdázó kéztörése után folytatta az edzéseket a szubdomináns kezével, aminek következtében válogatott szintű balkezes játékossá vált, miközben a mindennapos tevékenységeiben megmaradt jobbkezesnek. Hasonló változásokról, módosulásokról több interjúalany is beszámolt, és más sportágakban is előfordul. Például Takács Károly (1910 – 1976) sportlövő, 1938-ban egy gránátbaleset során elvesztette jobb kézfejét, emiatt megtanult balkézzel írni és lőni. 1939-ben már világbajnok csapatban, majd 1948- és 1952-ben olimpiai bajnok lett („Takács Károly”, 2018). Az eredetileg jobbkezes Edoardo Mangiarottit, szintén vívó apja átszoktatta balkezes vívásra, és így vált minden idők

legsikeresebb vívójává (39 olimpiai és vb érem, 6 olimpiai- és 13 világbajnoki arany, „Edoardo Mangiarotti”, 2020).

Amellett, hogy néhányan képesek ilyen drasztikus lateralitás váltásra, tudvalevő, hogy a szubdomináns oldali készségfejlesztésre való hajlamnak, hajlandóságnak nagy a szórása, mivel a lateralizációt kontinuumként kell elképzelni. Tehát vannak erősen bal vagy jobb kezesek/lábasok és vannak akik hajlamosabbak a szubdomináns kéz/láb használatára (Porac, 2016). Mindebből az következik, hogy valószínűleg nem érdemes minden sportolónál erőltetni a kétoldaliságot. Mivel a gyermekek még kevésbé lateralizáltak (Gabbard, 1996; Greenwood és mtsai., 2007; Porac és mtsai., 1980), sokan úgy gondolhatják, hogy minél előbb el kellene kezdeni a kétoldaliságra nevelést a sportban. Ennek viszont az a hátulütője jelentkezhet, hogy ha túlerőltetik, az elkedvetlenítheti a gyermekeket, és sok tehetség abbahagyhatja az adott sportot.

Az egyik szakértő felhívta a figyelmet arra, hogy a videós mozgáselemzést nem biztos, hogy minden gyerek szívesen fogadná. Ezt a kérdést elemzi az a tanulmány, amiben a videó-visszacsatolás pszichológia tényezőit vizsgálták elit utánpótlás futballban (Middlemas & Harwood, 2018). A 11 edzővel és 12 játékossal készített interjúk tematikus tartalomelemzése arra mutat rá, hogy a videó-visszacsatolás egyéni megbeszélésének pozitív hatásaival mindkét fél egyetért. Viszont, míg az edzők a csoportos videó-visszacsatolás pozitív eredményeit hangsúlyozzák, a játékosok szerint ez kevésbé hatékony, és sokan negatív érzelmekről, pl. szorongásról, szégyenérzetről számoltak be a közös videóelemzés előtt, alatt vagy után, ha az a hibáikat mutatta. Sok edző szerint a videó-visszacsatolás egyik fő eredménye az, hogy olyan játékosok nevelődnek ki, akik elfogadják a kritikákat, feldolgozzák az érzelmi válaszokat, és felelősséget vállalnak a saját teljesítményük értékeléséért. A sportpszichológiai szakirodalom szerint ezek a tulajdonságok valóban kialakulhatnak a játékosokban, és konzisztens eredmények szerint azok a játékosok, akikben megvannak ezek a megküzdési stratégiák (reziliencia, mentális edzettség), nagyobb valószínűséggel kerülnek a csúcsra és jobban is teljesítenek ott (Collins & MacNamara, 2012; MacNamara és mtsai., 2010; Oláh és mtsai., 2012). Ahogy Middlemas és Harwood (2018) is felhívja a figyelmet, itt 16-18 éves fiúkról, premier ligás (Egyesült Királyság) akadémiák sportolóiról és edzőiről volt szó, ami egy speciális populáció. A szerzők konklúziója az, hogy az edzőknek a sportolók videó-visszacsatolással kapcsolatos attitűdjeit, és életkori sajátosságait is figyelembe kellene venniük, hogy az tényleg hatékony legyen; viszont elismerik, hogy az akadémiák neveltjeinek nagy számát

tekintve, az egyéni videóelemzés komoly logisztikai kihívást jelenthet. A jelen disszertáció 5. tanulmányából említettük azt a szakértői véleményt, miszerint néhány gyerek esetleg nem szívesen fogadná a videós mozgáselemzést. A (tükrözött) videó-önmodellálás mindig csak az adaptív mozgásokat, viselkedéseket mutatja, egyfajta segítségként, pozitív visszacsatolásként tekintendő, amiben a részvétel önkéntes, tehát az esetleges aggodalmak alaptalanok, amit megfelelő pedagógiai érzékkel tudatosítani kell a gyerekekben. Másrészről, az magától értetődő elvárás, hogy minden magas szinten sportolni vágyónak hozzá kell szokni a kamerák jelenlétéhez és ahhoz, hogy megfigyelve érezze magát.

Általában véve a videó-önmodellálásnak (VSM), definíciójából adódóan, inherens része a pozitív visszacsatolás, és így van ez a tükrözött videó-visszacsatolás esetében is, mert a legjobban sikerült saját, preferált kezes/lábas mozdulatot mutatja, tükrözve. A videó manipulálás tényét nem is feltétlen közlik a résztvevőkkel, így egy álpozitív képet kapnak az aktuális képességükről (Steel és mtsai., 2013; Steel & Ellem, 2016). A pozitív visszacsatolás a negatívval szemben (és sokszor a semlegeshez képest is) jobb tanuláshoz és teljesítményhez vezet (pl. Chiviacowsky & Wulf, 2007; Hutchinson és mtsai., 2008; Wulf és mtsai., 2013). Például egy szubmaximális kézi szorítóerő tesztben azok a résztvevők, akik álpozitív visszacsatolást kaptak, jobban teljesítettek a következő mérésnél (tovább tudták szorítani a mérőeszközt), mint azok, akik álnegatív, sőt semleges visszacsatolást kaptak (Hutchinson és mtsai., 2008). A futás gazdaságossága is javul, ha tapasztalt futók pozitív visszacsatolást kapnak a futásuk hatékonyságáról, a visszacsatolás nélküli helyzethez képest (Stoate és mtsai., 2012). Steel és Ellem (2016) tanulmányából az nem derült ki, hogy a résztvevők mennyire voltak tudatában annak, hogy manipulált videó-visszacsatolásban részesültek. Tanulmányuk kiegészítő anyagában található videón látható, hogy egy tornateremben volt a felvétel. A tornaterem berendezése (ajtó, torna gerenda) nem szimmetrikus, így könnyen észrevehető lehetetett a résztvevők számára a videó tükrözése, vagy legalábbis könnyen zavaró lehet az (még ha nem is tudatosodik), hogy valami nem stimmel a felvétellel. Meglátásunk szerint jobb, ha tudatjuk a sportolókkal, hogy tükrözött videót kapnak, mert azt nehéz eltitkolni. Még ha a háttér és minden egyéb teljesen szimmetrikus is a felvételen, akkor is, például a v.sz. félrefésült haja (ami ilyenkor a másik irányba áll) árulkodó jel lehet a videó manipulálásról. Ez az információ egy csapaton belül könnyen elterjedhet, ami aztán alááshatja a kutatókba vetett bizalmat, és a kísérlet módszertani szempontból is megkérdőjelezhetővé válhat. Steel és Ellem

(2016) azt is felmérte, hogy mire figyeltek a résztvevők a tréning utáni teszteléskor: a videó-visszacsatolásos csoportok tagjai több figyelmet fordítottak a különböző testrészeikre, míg a videó nélküli csoport figyelme a célra terelődött. Ez az eredmény a mozgástanulás vagy tanítás során alkalmazott (vagy az oktató által irányított) figyelmi fókusz szempontjából lényeges.

Az elmúlt évtizedek egyre több kutatása azt mutatja, hogy az olyan instrukciók, melyek a figyelmet a tanuló mozgására terelik – a testrészek említésével, mint például az ujjak, kéz, láb stb. (belső figyelmi fókuszt kiváltva) – viszonylag kevésbe hatékonyak. Ezzel szemben, ha az egyén mozgásának a környezetre gyakorolt hatására (pl. egy eszköz) terelődik a figyelem, az hatékonyabb teljesítményhez és mozgáselsajátításhoz vezet (Wulf, 2013). Számos kutatás azt mutatja, hogy az instrukciók megfogalmazásában történt apró változtatások is nagy hatással lehetnek a teljesítményre és a tanulásra. Például annak ellenére, hogy a golfütő és az ember karja együtt mozog, az olyan instrukció, ami a golfozó figyelmét a golfütő lengésére tereli (külső fókusz) pontosabb ütésekhez vezet, mint az olyan instrukció, ami a kar lendületére való fókuszt hangsúlyozza (belső fókusz) (Wulf & Su, 2007). Hasonlóképpen, kosárlabdában (Zachry és mtsai., 2005), dartsban (Marchant és mtsai., 2007), röplabdában és labdarúgásban (Wulf és mtsai., 2002) is pontosabb dobásokhoz/lövésekhez vezet, ha úgy fogalmazzák meg az instrukciókat, hogy azok a labda vagy a dart (anticipált) pályájára tereljék a figyelmet, azokhoz az instrukciókhoz képest, melyek a végrehajtó testrészek mozgását hangsúlyozzák. A külső fókusz előnyeit kimutatták a képességek különböző szintjein és különböző területeken: a már említett pontosság mellett, pl. maximális erőkifejtésben, kitartásban, egyensúlyozásban, gyorsaságban (Wulf, 2013).

Az, hogy a mozdulatok hatékonyabbak, ha a szándékolt hatásuk alapján tervezettek (külső fókusz), ahhoz képest, hogy azok a specifikus mozdulatsorok alapján lennének tervezve (belső fókusz), a percepció és cselekvés közös kódolásának elméletével összhangban van. Az elmélet szerint ugyanis a cselekedetek nem csak a test mozgásában reprezentálódnak, hanem azokban a disztális perceptuális hatásokban is, melyeknek előidézésére hivatottak (Schütz-Bosbach & Prinz, 2007). A kétféle figyelmi fókusz (külső vagy belső) közötti hatékonyságbeli különbség pontosabb magyarázataként a korlátozott cselekvés hipotézis merült fel (constrained action hypothesis) (Wulf, McNevin, és mtsai., 2001). Az elmélet szerint a mozgás következményére irányuló fókusz tudattalan vagy automatikus folyamatokat aktivál,

míg a saját mozdulatokra irányuló belső fókusz tudatosabb kontrollt eredményez, ami korlátozza a motoros rendszert, és megzavarja a gyors és automatikus kontroll folyamatokat. Az elméletet több irányból alátámasztják kísérletek. A külső fókusz kevesebb figyelmi kapacitást igényel (Wulf, McNevin, és mtsai., 2001), magasabb mozdulatszabályozási frekvenciával (Wulf, Shea, és mtsai., 2001) és rövidebb mozgás előkészítéssel jár (Lohse, 2012). A kérdés még így is fennmarad: Hogy lehet az, hogy a különböző figyelmi fókuszt előidéző instrukciók automatikus vagy tudatos kontrollt eredményeznek? Wulf és munkacsoportja kiterjesztette a korlátozott cselekvés hipotézist, ugyanis meglepve tapasztalták, hogy az olyan apró fogalmazásbeli különbségek is számottevő teljesítményváltozást eredményeznek, mint „Figyelj a lábadra!" (belső fókusz) vagy „Figyelj a jelölőkre!" (külső fókusz, ahol a jelölők a stabilométeren voltak egy egyensúlyozós feladatban) (Wulf és mtsai., 1998). Így azt feltételezik, hogy a belső fókusznak szelf-előidéző (self-invoking trigger) hatása lehet. A feltételezés szerint, a testrészekre vagy testmozgásra való utalás a szelf idegi reprezentációjához való hozzáférést segíti elő, ami önértékelő, önszabályozó folyamatokat eredményez. Az olyan helyzetek, melyek idegi aktivitást váltanak ki a szelf-rendszerben (pl. belső fókusz), „mikro-fulladásos" (micro-choking) epizódokat eredményeznek, ami a teljesítmény csökkenéséhez vezet (Wulf, 2013).

Ez a kis kitérő a figyelmi fókusz teljesítményre gyakorolt hatásáról, Steel és Ellem (2016) kutatása kapcsán merült fel, ahol azt találták, hogy a szubdomináns lábas rúgások gyakorlása közben, a blokkok közötti szünetben kapott VSM intervenció a résztvevők figyelmét a különböző testrészeikre irányította, míg a videó nélküli csoport figyelme főként a célra irányult. A figyelmi fókusz teljesítményre gyakorolt, tudományosan igazolt hatását tekintve nem meglepő, hogy Steel és Ellem (2016) nem kaptak számottevő csoportok közötti különbséget. A 4. tanulmányban bemutatott eredményeink biztatóbbak. Ennek okai között az is szerepet játszhat, hogy nem közvetlenül a gyakorlás előtt kellett a saját mozgást nézni, hanem otthon és akkor, amikor a résztvevő akarta. Emellett lényeges különbség, hogy míg Steel és Ellem tanulmányában minimális labdarúgó tapasztalattal rendelkező egyetemista nők szerepeltek, vizsgálatunkban egy olyan egyesület tagjai vettek részt, ahol a kétlábasság külön hangsúlyt kap. Tehát lényeges motivációs különbségek is közrejátszhattak. Ezen tényezők miatt a mi elrendezésünk az esetleges későbbi gyakorlati alkalmazást is megfelelőbben teszteli. A megfigyeléses tanulás során a megfigyelt információ képszerű kódolása fontos lépés a kognitív reprezentáció kialakításában (Bandura, 1969).

Az, hogy nem közvetlenül a gyakorlás előtt nézték magukat a résztvevőink, lehetővé tehette a tanult kognitív reprezentációk konszolidációját, és kevésbé idézi elő a szelfet. A módszer nem elhanyagolható mellékhatása, hogy felhívja a figyelmet a szubdomináns láb használatának fontosságára, és esetleg előfeszítheti annak használatát.

Kitekintés

Mint az interjúkból kiderült, a legtöbb szakértő egyetért abban, hogy a videó a sportteljesítmény fokozására alkalmas technológiai eszköztár része, amit jobban ki lehetne használni (mint azt külföldi példák mutatják). A kamerák használata mellett akcelerátorokkal ellátott mozgásérzékelők, és a GPS technológia is a sporttudománnyal foglalkozó szakemberek rendelkezésére áll. Így a sportolók (és a csapat) mozgásáról szinte minden információ (pl. helyezkedés, sebesség, gyorsulás, szívritmus, légzésfrekvencia) rögzíthető, és objektív adatokká változtatható. Ez az adathalmaz aztán segít a fejlődés monitorozásában, a megfelelő edzésterhelés megállapításában, sérülések megelőzésében, vagy a rehabilitációban (pl. Catapult rendszer: https://www.catapultsports.com). Egyéni mozgáselemzésben pedig a különböző végtagok mozgásáról szóló hasonló adatok segíthetnek a mozgásoptimalizálásban (pl. https://www.vicon.com, vagy https://www.qualisys.com). Az élsport tehát egyre több technológiai támogatást kap, aminek velejárója, hogy a sportolók egyre inkább megfigyelve, elemezve érezhetik magukat. Ebből az következik, hogy a magas szinten sportolni vágyóknak ehhez tényleg hozzá kell szokni. A videó-visszacsatolás ezt mindenképp elősegíti, és felkészíthet rá. A tükrözött VSM további tesztelésekor érdemes talán olyan v.sz.-eket keresni, akik már hozzászoktak ahhoz, hogy a saját sportmozgásukat nézzék videón, így a tényleges szubdomináns oldali mozgásuk helyett nézhetnék a tükrözés általi ügyesebb kivitelt. A mozgáselsajátítás pontosabb mérésére szolgálhat a 3 dimenziós (3D) professzionális mozgáselemzés (pl. Vicon rendszer), bár ez még meglehetősen költséges megoldás (100.000 angol font körüli összeg). Viszont a viszonylag nagy felbontású és frekvenciájú kamerák egyre elérhetőbb árainak, és a nyílt forrású szoftvereknek köszönhetően, már 2000 dollár körüli összegből is kijöhet egy egyszerűbb 3D-s mozgáselemző rendszer (B. E. Jackson és mtsai., 2016), ami a felhasználását szélesebb körökben is lehetővé teszi. Eddig kevés szó esett vizuális-motoros kapcsolat rehabilitációs alkalmazásáról. A bevezetőben ismertettük a tükörterápiát, aminek kiterjesztése lehet a tükrözött VSM. De nem feltétlen csak a saját mozdulatok bemutatását használják terápiás célra. Sztrók utáni felépülésben úgy tűnik,

hogy segíthet az egyszerű háztartásbeli tevékenységeket bemutató videók megtekintése, mielőtt azokat ténylegesen gyakorolnák a résztvevők (Ertelt és mtsai., 2007). Egy meta-analízis is azt mutatja, hogy a megfigyeléses tréning javítja a sztrók utáni motoros funkciókat (K. Kim, 2015). Sztrók rehabilitációhoz tehát mozgásmegfigyelésre alkalmas tréning videók készíthetők, és terjeszthetők megfelelő instrukciókkal, akár az internet segítségével (Müller és mtsai., 2017).

Következtetések

Az akaratlagos mozdulatok és a vizuális inger függetlensége esetén a specifikus alacsony szintű vizuális reprezentációk aktiválódását EKP módszerekkel nem sikerült megállapítani. Az automatikus vizuális feldolgozás a rendszeresen gyakorolt sportmozgásokhoz szükséges figyelmi folyamatokkal együtt alkalmazkodik az adott sport igényeihez. A bilaterális készségeknek komoly jelentősége van a labdarúgásban, és ennek megfelelően törekszenek is a fejlesztésükre. A megfigyeléses tanulásnak fontos szerepe van a sportmozgások fejlesztésében és rehabilitációban. Az egyre jobb és egyre inkább elérhető kamerák, mobil eszközök és felhasználóbarát filmszerkesztő lehetőségeknek, valamint az internetnek köszönhetően a megfigyeléses tanuláshoz szükséges mozgásmintákat egyre könnyebb átadni mindkét területen. Sportban diszkrepancia mutatkozik a videó-visszacsatolás iránti igény és a tényleges használata között. A tükrözött videó-önmodellálás hatékonysága nem egyértelműen bizonyított, de a nem specifikus hatásaival együtt (pl. elvárások, motivációs tényező) a használata és további tesztelése javasolható a labdarúgás mellett kosárlabdában, küzdősportokban és rehabilitációban egyaránt.

Irodalomjegyzék

Aglioti, S. M., Cesari, P., Romani, M., & Urgesi, C. (2008). Action anticipation and motor resonance in elite basketball players. *Nature Neuroscience*, *11*(9), 1109–1116. https://doi.org/10.1038/nn.2182

Akpinar, S., & Bicer, B. (2014). Why Left-handers/footers are overrepresented in some sports? *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, *3*(2), 33–38.

Arya, K. (2016). Underlying neural mechanisms of mirror therapy: Implications for motor rehabilitation in stroke. *Neurology India*, *64*(1), 38. https://doi.org/10.4103/0028-3886.173622

Astikainen, P., Lillstrang, E., & Ruusuvirta, T. (2008). Visual mismatch negativity for changes in orientation—A sensory memory-dependent response. *The European Journal of Neuroscience*, *28*(11), 2319–2324. https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06510.x

Baess, P., Horváth, J., Jacobsen, T., & Schröger, E. (2011). Selective suppression of self-initiated sounds in an auditory stream: An ERP study. *Psychophysiology*, *48*(9), 1276–1283. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01196.x

Bandura, A. (1969). *Principles of behavior modification: Köt. ix*. Holt, Rinehart, & Winston.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman.

Bangert, M., & Altenmüller, E. O. (2003). Mapping perception to action in piano practice: A longitudinal DC-EEG study. *BMC Neuroscience*, *4*(1), 26. https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-26

Barton, G. J., De Asha, A. R., van Loon, E. C., Geijtenbeek, T., & Robinson, M. A. (2014). Manipulation of visual biofeedback during gait with a time delayed adaptive Virtual Mirror Box. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *11*(1), 101. https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-101

Baumann, F., Friehe, T., & Wedow, M. (2011). General Ability and Specialization: Evidence From Penalty Kicks in Soccer. *Journal of Sports Economics*, *12*(1), 81–105. https://doi.org/10.1177/1527002510371194

Beilock, S. L., Carr, T. H., MacMahon, C., & Starkes, J. L. (2002). When paying attention becomes counterproductive: Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *Journal Of Experimental Psychology. Applied*, *8*(1), 6–16.

Bellini, S., & Akullian, J. (2007). A Meta-Analysis of Video Modeling and Video Self-Modeling Interventions for Children and Adolescents With Autism Spectrum Disorders. *Exceptional Children*, *73*(3), 264–287.

Berjan Bacvarevic, B., Pazin, N., Bozic, P. R., Mirkov, D., Kukolj, M., & Jaric, S. (2012). Evaluation of a composite test of kicking performance. *Journal Of Strength And Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *26*(7), 1945–1952. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318237e79d

Biggest Global Sports. (é. n.). Elérés 2020. január 4., forrás http://biggestglobalsports.moonfruit.com

Bisiacchi, P. S., Ripoll, H., Stein, J. F., Simonet, P., & Azemar, G. (1985). Left-handedness in fencers: An attentional advantage? *Perceptual and Motor Skills*, *61*(2), 507–513. https://doi.org/10.2466/pms.1985.61.2.507

Bjelica, D., Popović, S., & Petković, J. (2013). Comparison of Instep Kicking Between Preferred and Non-Preferred Leg in Young Football Players. / Poredjenje Udaraca Unutrašnjom Stranom Hrpta Stopala Između Protežirane I Neprotežirane Noge Kod Mladih Fudbalera. *Montenegrin Journal of Sports Science & Medicine*, *2*(1), 5–10.

Bodnár, F., File, D., Sulykos, I., Kecskés-Kovács, K., & Czigler, I. (2017). Automatic change detection in vision: Adaptation, memory mismatch, or both? II: Oddball and adaptation effects on event-related potentials. *Attention, Perception & Psychophysics*, *79*(8), 2396–2411. https://doi.org/10.3758/s13414-017-1402-x

Bosel, C. P. A. R. (1998). Modulation of the Spatial Extent of the Attentional Focus in High-level Volleyball Players. *European Journal of Cognitive Psychology*, *10*(3), 247–267. https://doi.org/10.1080/713752275

Brass, M., Bekkering, H., Wohlschläger, A., & Prinz, W. (2000). Compatibility between Observed and Executed Finger Movements: Comparing Symbolic, Spatial, and Imitative Cues. *Brain and Cognition*, *44*(2), 124–143. https://doi.org/10.1006/brcg.2000.1225

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Brenton, J., & Müller, S. (2018). Is visual-perceptual or motor expertise critical for expert anticipation in sport? *Applied Cognitive Psychology*, *32*(6), 739–746. https://doi.org/10.1002/acp.3453

Broderick, P., Horgan, F., Blake, C., Ehrensberger, M., Simpson, D., & Monaghan, K. (2018). Mirror therapy for improving lower limb motor function and mobility after stroke: A systematic review and meta-analysis. *Gait & Posture*, *63*, 208–220. https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.05.017

Brooks, R., Bussière, L. F., Jennions, M. D., & Hunt, J. (2004). Sinister Strategies Succeed at the Cricket World Cup. *Proceedings: Biological Sciences, Supplement 3*, S64.

Bryden, M. P., Roy, E. A., Manus, I. C., & Bulman-Fleming, M. B. M. (1997). On the Genetics and Measurement of Human Handedness. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *2*(3–4), 317–336. https://doi.org/10.1080/713754269

Bryson, A., Frick, B., & Simmons, R. (2012). The Returns to Scarce Talent: Footedness and Player Remuneration in European Soccer. *Journal of Sports Economics*, https://doi.org/10.1177/1527002511435118

Buggey, T., & Ogle, L. (2012). Video self-modeling. *Psychology in the Schools*, *49*(1), 52–70. https://doi.org/10.1002/pits.20618

Calmels, C., Holmes, P., Jarry, G., Hars, M., Lopez, E., Paillard, A., & Stam, C. J. (2006). Variability of EEG synchronization prior to and during observation and execution of a sequential finger movement. *Human Brain Mapping*, *27*(3), 251–266. https://doi.org/10.1002/hbm.20181

Calvo-Merino, B., Glaser, D. E., Grèzes, J., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2005). Action Observation and Acquired Motor Skills: An fMRI Study with Expert Dancers. *Cerebral Cortex*, *15*(8), 1243–1249. https://doi.org/10.1093/cercor/bhi007

Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D. E., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2006). Seeing or Doing? Influence of Visual and Motor Familiarity in Action Observation. *Current Biology*, *16*(19), 1905–1910. https://doi.org/10.1016/j.cub.2006.07.065

Cameron, M., & Adams, R. (2003). Kicking footedness and movement discrimination by elite australian rules footballers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *6*(3), 266–274. https://doi.org/10.1016/S1440-2440(03)80020-8

Carey, D. P., Smith, D. T., Martin, D., Smith, G., Skriver, J., Rutland, A., & Shepherd, J. W. (2009). The bi-pedal ape: Plasticity and asymmetry in footedness. *Cortex*, *45*(5), 650–661. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.05.011

Carey, D. P., Smith, G., Smith, D. T., Shepherd, J. W., Skriver, J., Ord, L., & Rutland, A. (2001). Footedness in world soccer: An analysis of France'98. *Journal of Sports Sciences*, *19*(11), 855–864.

Carnahan, H., & Elliott, D. (1987). Pedal asymmetry in the reproduction of spatial locations. *Cortex*, *23*(1), 157–159.

Castiello, U., & Umiltà, C. (1992). Orienting of attention in volleyball players. *International Journal of Sport Psychology*, *23*(4), 301–310.

Chiron, C., Jambaque, I., Nabbout, R., Lounes, R., Syrota, A., & Dulac, O. (1997). The right brain hemisphere is dominant in human infants. *Brain*, *120*(6), 1057–1065. https://doi.org/10.1093/brain/120.6.1057

Chiviacowsky, S., & Wulf, G. (2007). Feedback After Good Trials Enhances Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *78*(2), 40–47. https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599402

Clark, S. E., & Ste-Marie, D. M. (2007). The impact of self-as-a-model interventions on children's self-regulation of learning and swimming performance. *Journal of Sports Sciences*, *25*(5), 577–586. https://doi.org/10.1080/02640410600947090

Cobalchini, R., & Silva, E. R. (2008). Treinabilidade do membro inferior não-dominante em atletas infantis de futebol. *Lecturas Educación Física y Deportes*, *125*. https://www.efdeportes.com/efd125/treinabilidade-do-membro-inferior-nao-dominante-em-atletas-infantis-de-futebol.htm

Collins, D., & MacNamara, Á. (2012). The Rocky Road to the Top: Why Talent Needs Trauma. *Sports Medicine*, *42*(11), 907–914. https://doi.org/10.1007/BF03262302

Coulson, S. E., Adams, R. D., O'Dwyer, N. J., & Croxson, G. R. (2006). Physiotherapy Rehabilitation of the Smile after Long-Term Facial Nerve Palsy using Video Self-Modeling and Implementation Intentions. *Otolaryngology -- Head and Neck Surgery*, *134*(1), 48–55. https://doi.org/10.1016/j.otohns.2005.09.010

Czigler. (2007). Visual mismatch negativity: Violation of nonattended environmental regularities. *Journal of Psychophysiology*, *21*(3–4), 224–230. https://doi.org/10.1027/0269-8803.21.34.224

Czigler, I., Balázs, L., & Lénárt, Á. (1998). Attention to features of separate objects: An ERP study of target-shooters and control participants. *International Journal of Psychophysiology*, *31*(1), 77–87. https://doi.org/10.1016/S0167-8760(98)00045-2

Czigler, I., & Sulykos, I. (2010). Visual mismatch negativity to irrelevant changes is sensitive to task-relevant changes. *Neuropsychologia*, *48*(5), 1277–1282. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2009.12.029

Czigler, I., Sulykos, I., File, D., Kojouharova, P., & Gaál, Z. A. (2019). Visual mismatch negativity to disappearing parts of objects and textures. *PLOS ONE*, *14*(2), e0209130. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209130

Czigler, I., Weisz, J., & Winkler, I. (2006). ERPs and deviance detection: Visual mismatch negativity to repeated visual stimuli. *Neuroscience Letters*, *401*(1–2), 178–182. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.03.018

Csifcsák, G., Balla, V. R., Dalos, V. D., Kilencz, T., Biró, E. M., Urbán, G., & Szalóki, S. (2019). Action-associated modulation of visual event-related potentials evoked by abstract and ecological stimuli. *Psychophysiology*, *56*(2), e13289. https://doi.org/10.1111/psyp.13289

Dane, Ş., & Şekertekin, M. A. (2005). Differences in Handedness and Scores of Aggressiveness and Interpersonal Relations of Soccer Players. *Perceptual & Motor Skills*, *100*(3), 743–746.

Decety, J., Grèzes, J., Costes, N., Perani, D., Jeannerod, M., Procyk, E., Grassi, F., & Fazio, F. (1997). Brain activity during observation of actions. Influence of action content and subject's strategy. *Brain*, *120*(10), 1763–1777. https://doi.org/10.1093/brain/120.10.1763

Deconinck, F. J. A., Smorenburg, A. R. P., Benham, A., Ledebt, A., Feltham, M. G., & Savelsbergh, G. J. P. (2015). Reflections on Mirror Therapy: A Systematic Review of the Effect of Mirror Visual Feedback on the Brain. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *29*(4), 349–361. https://doi.org/10.1177/1545968314546134

Di Russo, F., Martínez, A., Sereno, M. I., Pitzalis, S., & Hillyard, S. A. (2002). Cortical sources of the early components of the visual evoked potential: Cortical Sources of VEP. *Human Brain Mapping*, *15*(2), 95–111. https://doi.org/10.1002/hbm.10010

Di Russo, F., Pitzalis, S., & Spinelli, D. (2003). Fixation stability and saccadic latency in élite shooters. *Vision Research*, *43*(17), 1837–1845. https://doi.org/10.1016/S0042-6989(03)00299-2

Dowrick, P. W. (2012). Self modeling: Expanding the theories of learning. *Psychology in the Schools*, *49*(1), 30–41. https://doi.org/10.1002/pits.20613

Dowrick, P. W., & Dove, C. (1980). The Use of Self-Modeling to Improve the Swimming Performance of Spina Bifida Children. *Journal of Applied Behavior Analysis*, *13*(1), 51–56. https://doi.org/10.1901/jaba.1980.13-51

Dowrick, P. W., & Raeburn, J. M. (1995). Self-modeling: Rapid skill training for children with physical disabilities. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, *7*(1), 25–37.

Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology: General*, *113*(4), 501–517. https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.4.501

Edoardo Mangiarotti. (2020). In *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Edoardo_Mangiarotti&oldid=935980997

Elias, L. J., Bryden, M. P., & Bulman-Fleming, M. B. (1998). Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*, *36*(1), 37–43. https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00107-3

Ertelt, D., Small, S., Solodkin, A., Dettmers, C., McNamara, A., Binkofski, F., & Buccino, G. (2007). Action observation has a positive impact on rehabilitation of motor deficits after stroke. *NeuroImage*, *36*, T164–T173. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.03.043

File, D., File, B., Bodnár, F., Sulykos, I., Kecskés-Kovács, K., & Czigler, I. (2017). Visual mismatch negativity (vMMN) for low- and high-level deviances: A control study. *Attention, Perception & Psychophysics*, *79*(7), 2153–2170. https://doi.org/10.3758/s13414-017-1373-y

File, D., Sulykos, I., & Czigler, I. (2018). Automatic change detection and spatial attention: A visual mismatch negativity study. *The European Journal of Neuroscience*. https://doi.org/10.1111/ejn.13945

Fowler, C. A., Brown, J. M., Sabadini, L., & Weihing, J. (2003). Rapid access to speech gestures in perception: Evidence from choice and simple response time tasks. *Journal of Memory and Language*, *49*(3), 396–413. https://doi.org/10.1016/S0749-596X(03)00072-X

Friston, K., & Kiebel, S. (2009). Predictive coding under the free-energy principle. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1521), 1211–1221. https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0300

Gabbard, C. (1996). Foot Laterality in Children, Adolescents, and Adults. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *1*(3), 199–206. https://doi.org/10.1080/713754236

Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L., & Rizzolatti, G. (1996). Action recognition in the premotor cortex. *Brain*, *119*(2), 593–609. https://doi.org/10.1093/brain/119.2.593

Garrido, M. I., Kilner, J. M., Stephan, K. E., & Friston, K. J. (2009). The mismatch negativity: A review of underlying mechanisms. *Clinical Neurophysiology*, *120*(3), 453–463. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2008.11.029

Giese, M. A., & Poggio, T. (2003). Neural mechanisms for the recognition of biological movements. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*(3), 179–192. https://doi.org/10.1038/nrn1057

Greenwald, A. G. (1970). Sensory feedback mechanisms in performance control: With special reference to the ideo-motor mechanism. *Psychological Review*, *77*(2), 73–99. https://doi.org/10.1037/h0028689

Greenwood, J. G., Greenwood, J. J. D., McCullagh, J. F., Beggs, J., & Murphy, C. A. (2007). A survey of sidedness in Northern Irish schoolchildren: The interaction of sex, age, and task. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *12*(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/13576500600886630

Grèzes, J., Armony, J. L., Rowe, J., & Passingham, R. E. (2003). Activations related to "mirror" and "canonical" neurones in the human brain: An fMRI study. *NeuroImage*, *18*(4), 928–937. https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00042-9

Grèzes, J., Frith, C. D., & Passingham, R. E. (2004). Inferring false beliefs from the actions of oneself and others: An fMRI study. *NeuroImage*, *21*(2), 744–750. https://doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00665-7

Grouios, G. (2004). Motoric dominance and sporting excellence: Training versus heredity. *Perceptual and motor skills*, *98*(1), 53–66.

Grouios, G., Kollias, N., Koidou, I., & Poderi, A. (2002). Excess of mixed-footedness among professional soccer players. *Perceptual and motor skills*, *94*(2), 695–699.

Grouios, G., Tsorbatzoudis, H., Alexandris, K., & Barkoukis, V. (2000). Do left-handed competitors have an innate superiority in sports? *Perceptual and motor skills*, *90*(3c), 1273–1282.

Guo, F., Xu, Q., Abo Salem, H. M., Yao, Y., Lou, J., & Huang, X. (2016). The neuronal correlates of mirror therapy: A functional magnetic resonance imaging study on

mirror-induced visual illusions of ankle movements. *Brain Research*, *1639*, 186–193. https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.03.002

Gursoy, R. (2009). Effects of left- or right-hand preference on the success of boxers in Turkey. *British Journal of Sports Medicine*, *43*(2), 142–144. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.043547

Haaland, E., & Hoff, J. (2003). Non-dominant leg training improves the bilateral motor performance of soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *13*(3), 179–184.

Hagemann, N. (2009). The advantage of being left-handed in interactive sports. *Attention, Perception & Psychophysics*, *71*(7), 1641–1648. https://doi.org/10.3758/APP.71.7.1641

Harris, L. J. (2010). In fencing, what gives left-handers the edge? Views from the present and the distant past. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *15*(1–2), 15–55. https://doi.org/10.1080/13576500701650430

Hitchcock, C. H., Dowrick, P. W., & Prater, M. A. (2003). Video Self-Modeling Intervention in School-Based Settings A Review. *Remedial and Special Education*, *24*(1), 36–45.

Hommel, B., Müsseler, J., Aschersleben, G., & Prinz, W. (2001). The Theory of Event Coding (TEC): A framework for perception and action planning. *The Behavioral and Brain Sciences*, *24*(5), 849–878; discussion 878-937.

Hopwood, M., Mann, D., Farrow, D., & Nielsen, T. (2011). Does visual-perceptual training augment the fielding performance of skilled cricketers? *International Journal of Sports Science and Coaching*, *6*(4), 523–536.

Horváth, J. (2013). Action-sound coincidence-related attenuation of auditory ERPs is not modulated by affordance compatibility. *Biological Psychology*, *93*(1), 81–87. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2012.12.008

Horváth, J., Maess, B., Baess, P., & Tóth, A. (2012). Action-sound coincidences suppress evoked responses of the human auditory cortex in EEG and MEG. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*(9), 1919–1931. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00215

Hutchinson, J. C., Sherman, T., Martinovic, N., & Tenenbaum, G. (2008). The Effect of Manipulated Self-Efficacy on Perceived and Sustained Effort. *Journal of Applied Sport Psychology*, *20*(4), 457–472. https://doi.org/10.1080/10413200802351151

Hüttermann, S., Memmert, D., & Simons, D. J. (2014). The size and shape of the attentional “spotlight” varies with differences in sports expertise. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *20*(2), 147–157. https://doi.org/10.1037/xap0000012

Isoglu-Alkac, U., Ermutlu, M. N., Eskikurt, G., Yücesir, İ., Demirel Temel, S., & Temel, T. (2018). Dancers and fastball sports athletes have different spatial visual attention styles. *Cognitive Neurodynamics*, *12*(2), 201–209. https://doi.org/10.1007/s11571-017-9469-6

Jackson, B. E., Evangelista, D. J., Ray, D. D., & Hedrick, T. L. (2016). 3D for the people: Multi-camera motion capture in the field with consumer-grade cameras and open source software. *Biology Open*, *5*(9), 1334–1342. https://doi.org/10.1242/bio.018713

Jackson, P. L., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2006). Neural circuits involved in imitation and perspective-taking. *NeuroImage*, *31*(1), 429–439. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.11.026

Jacobs, A., Pinto, J., & Shiffrar, M. (2004). Experience, Context, and the Visual Perception of Human Movement. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *30*(5), 822–835. https://doi.org/10.1037/0096-1523.30.5.822

Jacobsen, T., & Schröger, E. (2001). Is there pre-attentive memory-based comparison of pitch? *Psychophysiology*, *38*(4), 723–727.

James, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Max Millan.

Jeannerod, M. (2001). Neural Simulation of Action: A Unifying Mechanism for Motor Cognition. *NeuroImage*, *14*(1), S103–S109. https://doi.org/10.1006/nimg.2001.0832

Jeffreys, D. A., & Axford, J. G. (1972). Source locations of pattern-specific components of human visual evoked potentials. I. Component of striate cortical origin. *Experimental Brain Research*, *16*(1), 1–21. https://doi.org/10.1007/BF00233371

Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, *14*(2), 201–211. https://doi.org/10.3758/BF03212378

Jonides, J. (1981). Voluntary versus automatic control over mind’s eye’s movement. In J. B. Long & A. D. Baddeley (Szerk.), *Attention and Performance IX* (o. 243–265). Erlbaum.

Kehle, T. J., Owen, S. V., & Cressy, E. T. (1990). The Use of Self-Modeling as an Intervention in School Psychology: A Case Study of An Elective Mute. *School Psychology Review*, *19*(1), 115–121. https://doi.org/10.1080/02796015.1990.12087342

Kilner, J. M., Paulignan, Y., & Blakemore, S. J. (2003). An Interference Effect of Observed Biological Movement on Action. *Current Biology*, *13*(6), 522–525. https://doi.org/10.1016/S0960-9822(03)00165-9

Kilshaw, D., & Annett, M. (1983). Right- and left-hand skill I: Effects of age, sex and hand preference showing superior skill in left-handers. *British Journal of Psychology*, *74*(2), 253–268. https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1983.tb01861.x

Kim, K. (2015). Action observation for upper limb function after stroke: Evidence-based review of randomized controlled trials. *Journal of Physical Therapy Science*, *27*(10), 3315–3317. https://doi.org/10.1589/jpts.27.3315

Kim, Y., Chang, T., & Park, I. (2019). Visual Scanning Behavior and Attention Strategies for Shooting Among Expert Versus Collegiate Korean Archers. *Perceptual and Motor Skills*, *126*(3), 530–545. https://doi.org/10.1177/0031512519829624

Kimura, M., Katayama, J., Ohira, H., & Schröger, E. (2009). Visual mismatch negativity: New evidence from the equiprobable paradigm. *Psychophysiology*, *46*(2), 402–409. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00767.x

Kimura, M., Ohira, H., & Schröger, E. (2010). Localizing sensory and cognitive systems for pre-attentive visual deviance detection: An sLORETA analysis of the data of Kimura et al. (2009). *Neuroscience Letters*, *485*(3), 198–203. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.09.011

Kimura, M., Schröger, E., & Czigler, I. (2011). Visual mismatch negativity and its importance in visual cognitive sciences. *Neuroreport*, *22*(14), 669–673. https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e32834973ba

Kimura, M., & Takeda, Y. (2013). Task difficulty affects the predictive process indexed by visual mismatch negativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00267

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

Koivisto, M., Harjuniemi, I., Railo, H., Salminen-Vaparanta, N., & Revonsuo, A. (2017). Transcranial magnetic stimulation of early visual cortex suppresses conscious representations in a dichotomous manner without gradually decreasing their precision. *NeuroImage*, *158*, 308–318. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.07.011

Kojouharova, P., File, D., Sulykos, I., & Czigler, I. (2019). Visual mismatch negativity and stimulus-specific adaptation: The role of stimulus complexity. *Experimental Brain Research*, *237*(5), 1179–1194. https://doi.org/10.1007/s00221-019-05494-2

Köteles, F. (2013). *A placebo-válasz*. Medicina Könyvkiadó Zrt.

Law, B., & Ste-Marie, D. M. (2005). Effects of self-modeling on figure skating jump performance and psychological variables. *European Journal of Sport Science*, *5*(3), 143–152. https://doi.org/10.1080/17461390500159273

Li, Y., Wei, Q., Gou, W., & He, C. (2018). Effects of mirror therapy on walking ability, balance and lower limb motor recovery after stroke: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical Rehabilitation*, *32*(8), 1007–1021. https://doi.org/10.1177/0269215518766642

Loffing, F., Hagemann, N., & Strauss, B. (2012). Left-Handedness in Professional and Amateur Tennis. *PLoS ONE*, *7*(11), e49325. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049325

Loffing, F., Schorer, J., Hagemann, N., & Baker, J. (2012). On the advantage of being left-handed in volleyball: Further evidence of the specificity of skilled visual perception. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *74*(2), 446–453. https://doi.org/10.3758/s13414-011-0252-1

Lohse, K. R. (2012). The influence of attention on learning and performance: Pre-movement time and accuracy in an isometric force production task. *Human Movement Science*, *31*(1), 12–25. https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.06.001

Lotze, R. H. (1852). *Medicinische Psychologie oder Physiologie der Seele*. Weidmann.

Louie, D. R., Lim, S. B., & Eng, J. J. (2019). The Efficacy of Lower Extremity Mirror Therapy for Improving Balance, Gait, and Motor Function Poststroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Stroke and Cerebrovascular*

Diseases, *28*(1), 107–120. https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.09.017

Luck, S. J. (2014). *An Introduction to the Event-Related Potential Technique*. MIT Press.

MacNamara, Á., Button, A., & Collins, D. (2010). The Role of Psychological Characteristics in Facilitating the Pathway to Elite Performance Part 1: Identifying Mental Skills and Behaviors. *The Sport Psychologist*, *24*(1), 52–73. https://doi.org/10.1123/tsp.24.1.52

Marchant, D. C., Clough, P. J., & Crawshaw, M. (2007). The effects of attentional focusing strategies on novice dart throwing performance and Their task experiences. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, *5*(3), 291–303. https://doi.org/10.1080/1612197X.2007.9671837

McLean, B. D., & Tumilty, D. M. (1993). Left-right asymmetry in two types of soccer kick. *British Journal of Sports Medicine*, *27*(4), 260–262.

McMorris, T., & Colenso, S. (1996). Anticipation of professional soccer goalkeepers when facing right-and left-footed penalty kicks. *Perceptual and motor skills*, *82*(3), 931–934.

Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, *198*(4312), 74–78. https://doi.org/10.1126/science.897687

Memmert, D. (2006). The effects of eye movements, age, and expertise on inattentional blindness. *Consciousness and Cognition*, *15*(3), 620–627. https://doi.org/10.1016/j.concog.2006.01.001

Memmert, D. (2009). Pay attention! A review of visual attentional expertise in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *2*(2), 119–138. https://doi.org/10.1080/17509840802641372

Memmert, D., Hüttermann, S., Hagemann, N., Loffing, F., & Strauss, B. (2013). Dueling in the penalty box: Evidence-based recommendations on how shooters and goalkeepers can win penalty shootouts in soccer. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *6*(1), 209–229. https://doi.org/10.1080/1750984X.2013.811533

Middlemas, S., & Harwood, C. (2018). No Place to Hide: Football Players' and Coaches' Perceptions of the Psychological Factors Influencing Video Feedback.

Journal of Applied Sport Psychology, *30*(1), 23–44. https://doi.org/10.1080/10413200.2017.1302020

Muller, H. J., Reimann, B., & Krummenacher, J. (2003). Visual search for singleton feature targets across dimensions: Stimulus- and expectancy-driven effects in dimensional weighting. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, *29*(5), 1021–1035. https://doi.org/10.1037/0096-1523.29.5.1021

Murgia, M., Sors, F., Muroni, A. F., Santoro, I., Prpic, V., Galmonte, A., & Agostini, T. (2014). Using perceptual home-training to improve anticipation skills of soccer goalkeepers. *Psychology of Sport and Exercise*, *15*(6), 642–648. https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.009

Müller, S., Vallence, A.-M., & Winstein, C. (2017). Investigation of Perceptual-Motor Behavior Across the Expert Athlete to Disabled Patient Skill Continuum can Advance Theory and Practical Application. *Journal of Motor Behavior*, *50*(6), 697–707. https://doi.org/10.1080/00222895.2017.1408557

Näätänen, R., Jacobsen, T., & Winkler, I. (2005). Memory-based or afferent processes in mismatch negativity (MMN): A review of the evidence. *Psychophysiology*, *42*(1), 25–32. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00256.x

Nagy, E., Compagne, H., Orvos, H., Pal, A., Molnár, P., Janszky, I., Loveland, K. A., & Bárdos, G. (2005). Index Finger Movement Imitation by Human Neonates: Motivation, Learning, and Left-Hand Preference. *Pediatric Research*, *58*(4), 749–753. https://doi.org/10.1203/01.PDR.0000180570.28111.D9

Neft, D. S., & Cohen, R. M. (1987). *The sports encyclopedia.* St. Martin's Press.

Nicholls, M. E. R., Loetscher, T., & Rademacher, M. (2010). Miss to the right: The effect of attentional asymmetries on goal-kicking. *Plos One*, *5*(8), e12363–e12363. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012363

Nimmerichter, A., Weber, N., Wirth, K., & Haller, A. (2015). Effects of Video-Based Visual Training on Decision-Making and Reactive Agility in Adolescent Football Players. *Sports*, *4*(1), 1. https://doi.org/10.3390/sports4010001

Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T., & Sano, S. (2006). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal Of Sports Sciences*, *24*(5), 529–541.

Oberman, L. M., Ramachandran, V. S., & Pineda, J. A. (2008). Modulation of mu suppression in children with autism spectrum disorders in response to familiar or

unfamiliar stimuli: The mirror neuron hypothesis. *Neuropsychologia*, *46*(5), 1558–1565. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.01.010

Oláh, A., Szabó, T., Mészáros, V., & Pápai, J. (2012). A sportolói tehetségek kiválasztásának és nevelésének lehetséges útjai (Ways of talent detectionand development in sports). In *A sport pszichológiája. Fejezetek a sportlélektan és határterületeiről I.* Oriold és Társai Kft.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97–113. https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4

O'Shea, R. P. (2015). Refractoriness about adaptation. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00038

Palao, J. M., & López-Botella, M. (2010). Relación entre eficacia, lateralidad y zona de lanzamiento del penalti en función del nivel de competición en fútbol. (Relationship between efficacy, laterality of foot strike, and shot zone of the penalty in relation to competition level in soccer). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. doi:10.5232/ricyde*, *6*(19), 154-165–165.

Papadatou-Pastou, M., Martin, M., Munafò, M. R., & Jones, G. V. (2008). Sex differences in left-handedness: A meta-analysis of 144 studies. *Psychological Bulletin*, *134*(5), 677–699. https://doi.org/10.1037/a0012814

Peters, M. (1980). Why the preferred hand taps more quickly than the non-preferred hand: Three experiments on handedness. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie*, *34*(1), 62–71. https://doi.org/10.1037/h0081014

Peters, M., & Durding, B. (1979). Left-handers and right-handers compared on a motor task. *Journal of Motor Behavior*, *11*(2), 103–111.

Petró, B., & Bárdos, Gy. (2014). A videó visszacsatolás lehetséges szerepe labdarúgók kétlábasságának fejlesztésében. *Magyar Sporttudományi Szemle*, *15*(4), 28–34.

Porac, C. (2016). *Laterality: Exploring the Enigma of Left-Handedness* (1 edition). Academic Press.

Porac, C., Coren, S., & Duncan, P. (1980). Life-span Age Trends in Laterality. *Journal of Gerontology*, *35*(5), 715–721. https://doi.org/10.1093/geronj/35.5.715

Prinz, W. (1997). Perception and Action Planning. *European Journal of Cognitive Psychology*, *9*(2), 129–154. https://doi.org/10.1080/713752551

Ram, N., & McCullagh, P. (2003). Self-Modeling: Influence on Psychological Responses and Physical Performance. *The Sport Psychologist*, *17*(2), 220–241. https://doi.org/10.1123/tsp.17.2.220

Ramachandran, V. S. (2005). Plasticity and functional recovery in neurology. *Clinical Medicine*, *5*(4), 368–373. https://doi.org/10.7861/clinmedicine.5-4-368

Raymond, M., & Pontier, D. (2004). Is there geographical variation in human handedness? *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *9*(1), 35–51. https://doi.org/10.1080/13576500244000274

Raymond, M., Pontier, D., Dufour, A.-B., & Moller, A. P. (1996). Frequency-Dependent Maintenance of Left Handedness in Humans. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, *263*(1377), 1627–1633. https://doi.org/10.1098/rspb.1996.0238

Reissland, N. (1988). Neonatal imitation in the first hour of life: Observations in rural Nepal. *Developmental Psychology*, *24*(4), 464–469. https://doi.org/10.1037/0012-1649.24.4.464

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive Brain Research*, *3*(2), 131–141. https://doi.org/10.1016/0926-6410(95)00038-0

Roskes, M., Sligte, D., Shalvi, S., & De Dreu, C. K. W. (2011). The Right Side? Under Time Pressure, Approach Motivation Leads to Right-Oriented Bias. *Psychological Science (Sage Publications Inc.)*, *22*(11), 1403–1407.

Ruhnau, P., Herrmann, B., & Schröger, E. (2012). Finding the right control: The mismatch negativity under investigation. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *123*(3), 507–512. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2011.07.035

Scharfen, H., & Memmert, D. (2019). Measurement of cognitive functions in experts and elite athletes: A meta-analytic review. *Applied Cognitive Psychology*, *33*(5), 843–860. https://doi.org/10.1002/acp.3526

Schorer, J., Loffing, F., Hagemann, N., & Baker, J. (2012). Human handedness in interactive situations: Negative perceptual frequency effects can be reversed! *Journal of Sports Sciences*, *30*(5), 507–513. https://doi.org/10.1080/02640414.2012.654811

Schütz-Bosbach, S., & Prinz, W. (2007). Perceptual resonance: Action-induced modulation of perception. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*(8), 349–355. https://doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.005

Scott, D., Scott, L. M., & Howe, B. L. (1998). Training Anticipation for Intermediate Tennis Players. *Behavior Modification*, *22*(3), 243–261. https://doi.org/10.1177/01454455980223002

Searleman, A. (1980). Subject Variables and Cerebral Organization for Language. *Cortex*, *16*(2), 239–254. https://doi.org/10.1016/S0010-9452(80)80060-8

Sidaway, B., & Hand, M. J. (1993). Frequency of Modeling Effects on the Acquisition and Retention of a Motor Skill. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *64*(1), 122–126. https://doi.org/10.1080/02701367.1993.10608786

Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in Our Midst: Sustained Inattentional Blindness for Dynamic Events. *Perception*, *28*(9), 1059–1074. https://doi.org/10.1068/p281059

Sorokowski, P., Sabiniewicz, A., & Wacewicz, S. (2014). The influence of the boxing stance on performance in professional boxers. *Anthropological Review*, *77*(3). https://doi.org/10.2478/anre-2014-0025

Steel, K. A., Adams, R. D., Coulson, S. E., Canning, C. G., & Hawtin, H. J. (2013). Video Self-model Training of Punt Kicking. *International Journal of Sport and Health Science*, *11*, 49–53. https://doi.org/10.5432/ijshs.201233

Steel, K. A., & Ellem, E. (2016). Is Mixed Practice More Effective than Physical Practice Alone for the Acquisition of Non-dominant Side Kicking Performance? *Frontiers in Psychology*, *7*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01665

Stefanics, G., Kremláček, J., & Czigler, I. (2014). Visual mismatch negativity: A predictive coding view. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*(666). https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00666

Stefanics, G., Kremláček, J., & Czigler, I. (2016). Mismatch negativity and neural adaptation: Two sides of the same coin. Response: Commentary: Visual mismatch negativity: a predictive coding view. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*. https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00013

Ste-Marie, D. M., Law, B., Rymal, A. M., Jenny, O., Hall, C., & McCullagh, P. (2012). Observation interventions for motor skill learning and performance: An applied model for the use of observation. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *5*(2), 145–176. https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.665076

Stoate, I., Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2012). Enhanced expectancies improve movement efficiency in runners. *Journal of Sports Sciences*, *30*(8), 815–823. https://doi.org/10.1080/02640414.2012.671533

Stöckel, T., & Carey, D. P. (2016). Chapter 14 - Laterality Effects on Performance in Team Sports: Insights From Soccer and Basketball. In F. Loffing, N. Hagemann, B. Strauss, & C. MacMahon (Szerk.), *Laterality in Sports* (o. 309–328). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801426-4.00014-6

Stöckel, T., & Weigelt, M. (2012). Plasticity of human handedness: Decreased one-hand bias and inter-manual performance asymmetry in expert basketball players. *Journal of Sports Sciences*, *30*(10), 1037–1045. https://doi.org/10.1080/02640414.2012.685087

Sulykos, I., Gaál, Z. A., & Czigler, I. (2017). Visual mismatch negativity to vanishing parts of objects in younger and older adults. *PLOS ONE*, *12*(12), e0188929. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188929

Sulykos, I., Gaál, Z. A., & Czigler, I. (2018). Automatic Change Detection in Older and Younger Women: A Visual Mismatch Negativity Study. *Gerontology*, *64*(4), 318–325. https://doi.org/10.1159/000488588

Summerfield, C., Trittschuh, E. H., Monti, J. M., Mesulam, M.-M., & Egner, T. (2008). Neural repetition suppression reflects fulfilled perceptual expectations. *Nature Neuroscience*, *11*(9), 1004–1006. https://doi.org/10.1038/nn.2163

Susac, A., Heslenfeld, D. J., Huonker, R., & Supek, S. (2014). Magnetic Source Localization of Early Visual Mismatch Response. *Brain Topography*, *27*(5), 648–651. https://doi.org/10.1007/s10548-013-0340-8

Takács, E., Sulykos, I., Czigler, I., Barkaszi, I., & Balázs, L. (2013). Oblique effect in visual mismatch negativity. *Frontiers in Human Neuroscience*, *7*(591). https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00591

Takács Károly. (2018). In *Wikipédia*. https://hu.wikipedia.org/w/index.php?title=Tak%C3%A1cs_K%C3%A1roly&oldid=20609625

Teixeira, L. A., Silva, M. V., & Carvalho, M. (2003). Reduction of lateral asymmetries in dribbling: The role of bilateral practice. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, *8*(1), 53–65. https://doi.org/10.1080/713754469

Torgler, B., & Schmidt, S. L. (2007). What shapes player performance in soccer? Empirical findings from a panel analysis. *Applied Economics*, *39*(18), 2355–2369. https://doi.org/10.1080/00036840600660739

Torgler, B., Schmidt, S. L., & Frey, B. S. (2006). *Relative Income Position and Performance: An Empirical Panel Analysis* (SSRN Scholarly Paper ID 889328). Social Science Research Network. http://papers.ssrn.com/abstract=889328

Tran, U. S., Stieger, S., & Voracek, M. (2014). Evidence for general right-, mixed-, and left-sidedness in self-reported handedness, footedness, eyedness, and earedness, and a primacy of footedness in a large-sample latent variable analysis. *Neuropsychologia*, *62*, 220–232. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.027

Urakawa, T., Inui, K., Yamashiro, K., Tanaka, E., & Kakigi, R. (2010). Cortical dynamics of visual change detection based on sensory memory. *NeuroImage*, *52*(1), 302–308. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.03.071

van Elk, M., van Schie, H. T., Hunnius, S., Vesper, C., & Bekkering, H. (2008). You'll never crawl alone: Neurophysiological evidence for experience-dependent motor resonance in infancy. *NeuroImage*, *43*(4), 808–814. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2008.07.057

van Loon, A. M., Fahrenfort, J. J., van der Velde, B., Lirk, P. B., Vulink, N. C. C., Hollmann, M. W., Steven Scholte, H., & Lamme, V. A. F. (2016). NMDA Receptor Antagonist Ketamine Distorts Object Recognition by Reducing Feedback to Early Visual Cortex. *Cerebral Cortex*, *26*(5), 1986–1996. https://doi.org/10.1093/cercor/bhv018

Ventura, M. I., Nagarajan, S. S., & Houde, J. F. (2009). Speech target modulates speaking induced suppression in auditory cortex. *BMC Neuroscience*, *10*(1), 58. https://doi.org/10.1186/1471-2202-10-58

Vingerhoets, G., Stevens, L., Meesdom, M., Honoré, P., Vandemaele, P., & Achten, E. (2012). Influence of perspective on the neural correlates of motor resonance during natural action observation. *Neuropsychological Rehabilitation*, *22*(5), 752–767. https://doi.org/10.1080/09602011.2012.686885

Williams, A. M., & Davids, K. (1998). Visual Search Strategy, Selective Attention, and Expertise in Soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *69*(2), 111–128. https://doi.org/10.1080/02701367.1998.10607677

Wilson, M., & Knoblich, G. (2005). The Case for Motor Involvement in Perceiving Conspecifics. *Psychological Bulletin*, *131*(3), 460–473. https://doi.org/10.1037/0033-2909.131.3.460

Winfrey, M. L., & Weeks, D. L. (1993). Effects of self-modeling on self-efficacy and balance beam performance. *Perceptual and Motor Skills*, *77*(3 Pt 1), 907–913. https://doi.org/10.2466/pms.1993.77.3.907

Wolpert, D. M., & Miall, R. C. (1996). Forward Models for Physiological Motor Control. *Neural Networks: The Official Journal of the International Neural Network Society*, *9*(8), 1265–1279.

Wrisberg, C. A., & Pein, R. L. (2002). Note On Learners' Control Of The Frequency Of Model Presentation During Skill Acquisition. *Perceptual and Motor Skills*, *94*(3), 792–794. https://doi.org/10.2466/pms.2002.94.3.792

Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: A review of 15 years. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, *6*(1), 77–104. https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.723728

Wulf, G., Höß, M., & Prinz, W. (1998). Instructions for Motor Learning: Differential Effects of Internal Versus External Focus of Attention. *Journal of Motor Behavior*, *30*(2), 169–179. https://doi.org/10.1080/00222899809601334

Wulf, G., Lewthwaite, R., & Hooyman, A. (2013). Can Ability Conceptualizations Alter the Impact of Social Comparison in Motor Learning? *Journal of Motor Learning and Development*, *1*(1), 20–30. https://doi.org/10.1123/jmld.1.1.20

Wulf, G., Mcconnel, N., Gärtner, M., & Schwarz, A. (2002). Enhancing the Learning of Sport Skills Through External-Focus Feedback. *Journal of Motor Behavior*, *34*(2), 171–182. https://doi.org/10.1080/00222890209601939

Wulf, G., McNevin, N., & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *54*(4), 1143–1154. https://doi.org/10.1080/713756012

Wulf, G., Raupach, M., & Pfeiffer, F. (2005). Self-Controlled Observational Practice Enhances Learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *76*(1), 107–111. https://doi.org/10.1080/02701367.2005.10599266

Wulf, G., Shea, C., & Park, J.-H. (2001). Attention and Motor Performance: Preferences for and Advantages of an External Focus. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *72*(4), 335–344. https://doi.org/10.1080/02701367.2001.10608970

Wulf, G., & Su, J. (2007). An External Focus of Attention Enhances Golf Shot Accuracy in Beginners and Experts. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *78*(4), 384–389. https://doi.org/10.1080/02701367.2007.10599436

Wykowska, A., & Schubö, A. (2012). Action intentions modulate allocation of visual attention: Electrophysiological evidence. *Frontiers in Psychology*, *3*, 379. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00379

Yang, Y., Zhao, Q., Zhang, Y., Wu, Q., Jiang, X., & Cheng, G. (2018). Effect of Mirror Therapy on Recovery of Stroke Survivors: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Neuroscience*, *390*, 318–336. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2018.06.044

Zachry, T., Wulf, G., Mercer, J., & Bezodis, N. (2005). Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain Research Bulletin*, *67*(4), 304–309. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2005.06.035

Zago, M., Motta, A. F., Mapelli, A., Annoni, I., Galvani, C., & Sforza, C. (2014). Effect of Leg Dominance on The Center-of-Mass Kinematics During an Inside-of-the-Foot Kick in Amateur Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, *42*(1), 51–61.

Zeng, W., Guo, Y., Wu, G., Liu, X., & Fang, Q. (2018). Mirror therapy for motor function of the upper extremity in patients with stroke: A meta-analysis. *Journal of rehabilitation medicine*, *50*(1), 8–15.

Zetou, E., Kourtesis, T., Getsiou, K., Michalopoulou, M., & Kioumourtzoglou, E. (2008). The effect of self-modeling on skill learning and self efficacy of novice female beach-volleyball players. *Athletic Insight: The Online Journal of Sport Psychology*, *10*(3), unpaginated. CABDirect2.

Ziyagil, M. A. (2011). Handedness And Footedness: Relations To Differences In Sprinting Speed And Multiple Sprints Performance In Prepubertal Boys. *Perceptual and Motor Skills*, *112*(2), 440–450. https://doi.org/10.2466/10.19.25.PMS.112.2.440-450

Ziyagil, M. A., Gursoy, R., Dane, Ş., & Yuksel, R. (2010). Left-handed wrestlers are more successful. *Perceptual and Motor Skills*, *111*(1), 65–70. https://doi.org/10.2466/04.05.19.25.PMS.111.4.65-70