

Képességfejlesztési módszerek nyílt készségű sportágakban

/Kognitív képességfejlesztési lehetőségek autóversenyzők körében/

Doktori tézisek

Horváth Dávid

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola



Témavezető: Dr. Rácz Levente tudományos főmunkatárs, PhD

Hivatalos bírálók: Dr. Ihász Ferenc egyetemi tanár, PhD
Dr. Tóth László egyetemi tanár, PhD

Budapest
2025

1.Bevezetés

A nyílt készségű sportágak – mint például a labdajátékok, a küzdősportok vagy az autó-motorsport – olyan környezetben zajlanak, ahol a sportolóknak folyamatosan változó, dinamikus és kiszámíthatatlan ingerekre kell reagálniuk. Ezekben a sportágakban a siker nem kizárólag a fizikai képességeken múlik, hanem kiemelt jelentősége van a kognitív készségeknek is, mint a figyelem, a döntéshozatal, a munkamemória vagy az anticipáció. A sportpszichológiai kutatások egyre inkább hangsúlyozzák, hogy a kognitív képességek fejlesztése a teljesítményoptimalizálás egyik kulctényezője a nyílt készségű sportágakban (*Heilmann, Weinberg és Wollny, 2022*). Ebbe a kategóriába illeszkedik a motorsport is, amely különböző versenyszerű tevékenységeket foglal magában, motorizált járművek részvételével szárazföldön vagy vízben. Ide tartoznak az autó- és motorkerékpárversenyek, valamint a motorcsónakversenyek, amelyek számos kategóriában – például országúti versenyek, rali vagy gyorsulási versenyek – jelennek meg (*Trzesniowski, 2021*).

Az autó-motorsportban megjelent tanulmányok többsége a mérnöki fejlesztésekre, beállításokra, elemzésekre irányult, hogy még biztonságosabbá és látványossá tegye a sportágat, illetve a motorsportot körülvevő szociológiai tényezőkre mint a fenntarthatóság, környezetre gyakorolt egészségügyi hatások (*Dingle, 2009; Dias és Júnior, 2022*). Az autó-motorsport versenyzők humán kutatásai ehhez képest és a többi sportághoz viszonyítva elenyésző számmal jelentek meg (*Potkanowicz és Mendel, 2013; Filho, Tenenbaum és Yang, 2015; Potkanowicz, 2019*).

Az autóversenyzők teljesítményének optimalizálása érdekében elengedhetetlen a versenyzőkre ható tényezők alapos elemzése, amelyek közvetlen vagy közvetett módon befolyásolhatják a teljesítményt. Az irodalmi áttekintés célja egy átfogó és részletes kép kialakítása, különös tekintettel a versenyzőket érintő külső és belső tényezők összetett interakcióira. Ilyen tényezők a fizikális- és mentális terhelés, a hő hatások, a zaj hatások és a járművekből áramló levegő minősége (*Reid és Lightfoot, 2019*).

A hőstressz a pulzusszám és a testhőmérséklet emelkedését, valamint a szívfrekvencia variabilitásának csökkenését okozza, ami a paraszimpatikus aktivitás csökkenésével és a szimpatikus idegrendszer fokozódásával jár. Az autóversenyzők a magas hőmérséklet, a páratartalom és a tűzálló ruházat miatt fokozott hőstressznek vannak kitéve, amely kizáradáshoz, csökkent teljesítményhez és kognitív diszfunkcióhoz vezethet. A hőhatások mérséklésére akklimatizációs programok és hűtési technológiák alkalmazása ajánlott.

A zaj növelheti a vérnyomást, a kortizolszintet, valamint negatívan befolyásolja a kognitív teljesítményt, különösen magas frekvencián és tartós expozíció esetén. A motorsportban a motor, a légáramlás és a gumibroncsok zaja jelentősen ronthatja a versenyzők figyelmét és kommunikációját, miközben a 130–140 dB-es zajszint halláskárosodáshoz vezethet. A fül dugók, akusztikus akadályok és pályamódosítások segíthetnek a zajterhelés mérséklésében. A kanyarodás, fékezés és gyorsulás során fellépő G-erők akár az 5G-t is meghaladhatják, amelyek komoly terhelést rónak a fejre, nyakra és a keringési rendszerre. A tartós vagy extrém G-terhelés látászavarokat, szédülést és eszméletvesztést okozhat, így a pilóták speciális feszítő manővereket alkalmaznak a vérkeringés fenntartására. Balesetek során akár 50–100G-s erőhatások is felléphetnek, amelyek túlélése a biztonsági berendezések és a pilóta fizikai felkészültségének köszönhető. Az autóversenyzők jelentős fizikai terhelésnek vannak kitéve, különösen a törzs, a felsőtest és a nyak izomzata tekintetében, mivel ezek segítenek ellensúlyozni a G-erőket. A különböző szakágak eltérő fizikai igényeket támasztanak, ezért a felkészülés differenciált erőnléti programokat igényel. Verseny közben a pulzus gyakran a maximális szívfrekvencia 74–95%-a között mozog, ami a magas anyagcsere-igény és a stressz együttes hatását mutatja. A versenyzőknek nagy sebesség mellett kell gyors és pontos döntéseket hozniuk, miközben folyamatosan figyelnek a vizuális, auditív és fizikai ingerekre. Empirikus vizsgálatok szerint a tapasztalt pilóták hatékonyabb vizuális észleléssel és térbeli érzékeléssel rendelkeznek, ami jobb teljesítményt eredményez. MRI-vizsgálatok kimutatták, hogy a profi versenyzőknél bizonyos agyi régiók fokozott aktivitása és szürkeállomány-sűrűsége kapcsolódik a magasabb vezetési teljesítményhez. A kutatások rávilágítanak arra, hogy a pilóták agyi működésében és vizuális feldolgozásában megfigyelhető adaptációk hozzájárulnak a magasabb szintű teljesítményhez. A motoros-kognitív tréning hatékonyan támogatják mind a fizikai, mind a kognitív készségek fejlődését. Ezért az edzésprogramoknak integrálniuk kell a sportág-specifikus fizikai terhelést és a kognitív kihívásokat, hogy biztosítsák a teljesítmény optimalizálását és a transzferhatás maximalizálását.

2. Célkitűzések

Kutatásom fő témája az autóversenyzők kognitív képességének fejlesztésének lehetősége mozgásos és nyugalmi környezetben egyaránt. Fő célunk információt szerezni a kognitív fejlődés mértékéről sportolói mintán, különös tekintettel az autóversenyzők körében. Kutatásom célját képezi továbbá olyan módszerek kialakítása, amelyek támogatják a jobb mentális teljesítmény elérését és fenntartását bonyolult környezetben, kihívást jelentő körülmények között.

Az első vizsgálatom célja az volt, hogy meghatározzuk egy hathetes, fényalapú ingereket alkalmazó agilitás edzésprogram hatását az autóversenyzők fiziológiai és kognitív képességeire. Az edzésprogramot úgy terveztük, hogy modellezze a motorsport versenyek komplex fizikai és kognitív követelményeit egy ellenőrzött laboratóriumi környezetben.

A második kutatásomban egy innovatív NF készülék, a neuroMoon (nM) megvalósíthatóságát és hatékonyságát vizsgáltam a kognitív képességekre vonatkozóan, összehasonlítva azt az egyik legszélesebb körben használt perceptuális-kognitív tréning (PCT) módszerrel mind sportolói, mind rehabilitációs kontextusban, a NeuroTrackerrel (NT). Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy lehetséges-e egy olyan rendszer megvalósítása, amely az elülső és a nyakszirti kérgék felett rögzített agyi jelek alapján működik.

2.1 Hipotézisek

2.1.1 Első kutatáshoz tartozó hipotézisek

H1: Feltételeztem, hogy javulni fog a vizsgálati csoport vizuális keresési teljesítménye a vizuális keresés teszten (LVT).

H2: Feltételeztem, hogy javulni fog a vizsgálati csoport reakcióideje a STROOP teszten.

H3: Feltételeztem, hogy nem történik változás a vizuális memória teljesítményben a vizuális memória teszten (VISGED).

H4: Feltételeztem, hogy nem történik változás az idő- és mozgáselőrejelzés teszt (ZBA) teljesítményében.

H5: Feltételeztem, hogy csökkenni fog a hibás válaszok aránya a vizsgálati csoportban a detereminációs teszten (DT).

H6: Feltételeztem, hogy nőni fog a helyes válaszok aránya a vizsgálati csoportban a DT teszten.

H7: Feltételeztem, hogy javulni fog a fiziológiai teljesítmény (HRmax, GETHR) a vizsgálati csoportban az agilitás tréningprogram hatására.

H8: Feltételeztem, hogy emelkedni fog a relatív maximális oxigénfelvétel szintje (VO₂max) a vizsgálati csoportban.

H9: Feltételeztem, hogy csökkenni fog a testzsír százalék (TZS%) a vizsgálati csoportban.

H10: Feltételeztem, hogy javulni fog a pulzusmegnyugvás (HRR) a vizsgálati csoportban.

H11: Feltételeztem, hogy nem történik változás a becsült izomtömegben (BI%) a vizsgálati csoportban.

2.1.2 Második kutatáshoz tartozó hipotézisek

H1: Feltételeztem, hogy javulni fog a munkamemória teljesítménye a nM csoportban a fordított számterjedelem teszten (FSZT) a KKCS-hoz képest, de a NT csoporthoz képest nem lesz különbség.

H2: Feltételeztem, hogy javulni fog a reakcióidő a nM csoportban a STROOP teszt szóolvasási- és színmegnevezési kondícióiban a KKCS-hoz képest, de a NT csoporthoz képest nem lesz különbség.

H3: Feltételeztem, hogy csökkenni fog a hibák száma a nM csoportban a STROOP teszt szóolvasási- és színmegnevezési kondícióiban a KKCS-hoz képest, de a NT csoporthoz képest nem lesz különbség.

H4: Feltételeztem, hogy csökkenni fog a kihagyott válaszok aránya a nM csoportban a DT teszten a KKCS-hoz képest.

H5: Feltételeztem, hogy nőni fog a helyes válaszok aránya a nM csoportban a DT teszten a KKCS-hoz képest, de a NT csoporthoz képest nem lesz különbség.

H6: Feltételeztem, hogy javulni fog a kognitív rugalmasság a nM csoportban a SWITCH teszten a KKCS-hoz képest, de a NT csoporthoz képest nem lesz különbség.

3.Módszerek

3.1. Első kutatás módszere

Az első vizsgálat egy egyszeresen vak, randomizált kontrollált kutatás keretében valósult meg, amelynek mintáját huszonnégy autóversenyző alkotta különböző szakágakból (rally, rallycross, túraautó, Formula 4). A résztvevők bevonási kritériumai között szerepelt a legalább öt év versenyzői tapasztalat, a nemzetközi bajnokságban való részvétel vagy a hazai élmezőnyben való szereplés az előző szezonban, valamint a neurológiai vagy szenzomotoros károsodások hiánya. A mintaméretet előzetesen a G*Power 3.1.7 program segítségével számították ki: közepes hatásméret, 0,05-ös I. típusú hiba és 0,80-as statisztikai erő mellett legalább húsz fő bevonása volt szükséges a szignifikáns különbségek kimutatásához, amelyet a ténylegesen részt vevő huszonnégy versenyző teljesített. A toborzás a Fit4Race sporttudományos központon keresztül történt, ahol a versenyzők eddig nem vettek részt kognitív vagy agilitást fejlesztő tréningben, így a vizsgálat során alkalmazott eljárások számukra újszerűek voltak. A kísérleti protokoll három fő szakaszból épült fel: alapfelmérés, intervenció és visszamérés. Az alapfelmérések során a résztvevők antropometriai adatfelvételen, kognitív tesztbatterian (vizuális keresési teszt, Stroop-teszt, vizuális memória teszt, idő- és mozgásirányt elővételezést mérő teszt, determinációs teszt) és spiroergometriás vizsgálaton vettek részt. A kognitív méréseket pszichológus, a terhelésélettani vizsgálatokat szakember, az antropometriai vizsgálatokat pedig ISAK licensszel rendelkező szakember végezte, ezzel biztosítva a mérések megbízhatóságát. A felmérések több napon át zajlottak, standardizált körülmények között, a résztvevők alkoholfogyasztásának és koffeinbevitelének kontrollálásával a torzító tényezők kiküszöbölése érdekében. Az intervenció során a kísérleti csoport egy hathetes edzésprogramban vett részt, amely heti két, hatvan perces foglalkozást tartalmazott, 48–72 órás pihenőidővel a terhelések között. Az edzésprogram a Fit4Race szakembereinek vezetésével zajlott, a kutatásvezető folyamatos felügyelete mellett. A kontrollcsoport ezzel szemben nem kapott beavatkozást, és mindkét csoport résztvevői arra kaptak utasítást, hogy a kutatás ideje alatt ne végezzenek sem kognitív, sem motoros fejlesztő tréninget, valamint ne változtassanak napi rutinjukon vagy étkezési szokásaikon. A visszamérések az utolsó edzést követően két nappal történtek, és teljes mértékben megegyeztek az alapfelmérésekkel, lehetővé téve az intervenció hatásának összehasonlítását a két időpont között. A vizsgálat a Helsinki Nyilatkozat etikai előírásai szerint zajlott, a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Etikai Bizottságának engedélyével (TE-KEB/No11/2020), és a CONSORT irányelveknek megfelelően került megtervezésre és kivitelezésre. A kutatás így

biztosította a megfelelő mintát, a szakszerű mérési protokollt, az intervenció strukturált lebonyolítását, valamint az utótesztekkel történő hatásvizsgálatot, amely alapot teremtett a statisztikai elemzések elvégzéséhez és a beavatkozás eredményességének értékeléséhez. A statisztikai elemzéseket az SPSS 22.0 szoftverrel végezték. Az adatok normál eloszlását Shapiro–Wilk teszttel ellenőrizték, és szükség esetén logaritmus-transzformációt alkalmaztak. A hathetes edzésprogram hatásait csoport (EXP, CON) × idő (alap, utó) kevert varianciaanalízissel (ANOVA) és post hoc tesztekkel vizsgálták a fizikai, kognitív és antropometriai változók esetében. A kognitív tesztek (STROOP, ZBA) eredményeit külön csoport × idő × feladat összetettség (nyugalomban, edzés közben) kevert ANOVA-val elemezték. Az agilitás, reakcióidő és pulzusváltozások értékelésére ismételt mérések ANOVA-kat (rmANOVA) és Bonferroni-korrekciót alkalmaztak. A sfericitás feltételezését a Mauchly-teszttel ellenőrizték, és szükség szerint Greenhouse–Geisser vagy Huynh–Feldt korrekciót használtak. A hatásméreteket részleges eta-négyzettel (η^2), a párosított t-próbák esetén Cohen-féle d értékkel adták meg. A statisztikai szignifikancia szintjét $p < 0,05$ -ben határozták meg.

3.2 Második kutatás módszere

A második kutatás során a mintanagyság-számításokat a G*Power 3.1.7 programmal végezték, amely alapján legalább 24 fő bevonása volt szükséges a szignifikáns különbségek kimutatásához. Végül összesen 31 nyílt készségű sportoló vett részt a vizsgálatban, köztük autóversenyzők (n=11), labdarúgók (n=8), kézilabdázók (n=4) és kosárlabdázók (n=8). A résztvevőket randomizálással három csoportba sorolták: neuroMoon (nM, n=11), neuroMoon sham, vagyis kontroll kondicionált csoport (KKCS, n=10), valamint Neurotracker (NT, n=10). A résztvevők mindannyian aktív sportolók voltak, neurológiai vagy szomatomotoros deficitet nem jelentettek, és a kutatásban való részvételért nem kaptak anyagi ellenszolgáltatást. A vizsgálat etikai normák betartásával, a Helsinki Nyilatkozat irányelvei szerint, a Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem Etikai Bizottságának jóváhagyásával (TE-KEB/No36/2022) zajlott. A résztvevők a protokollt szóban és írásban is megismerhették, majd írásos beleegyezésüket adták. A kutatás lebonyolítása a Fit4Race edzőközpontban történt, amelyet kifejezetten sportolók és motorsport versenyzők tesztelésére alakítottak ki. A tesztelések előtt a résztvevőket arra kérték, hogy 24 órán keresztül mellőzzék az alkoholfogyasztást, a vizsgálat reggelén pedig a kávé fogyasztását. A felmérési protokoll a fordított számterjedelmű tesztből (FSZT) és a Vienna Teszt Rendszer (VTS) három kognitív

tesztjéből állt. A VTS a sportolók pszicho-motoros és kognitív képességeinek objektív mérésére szolgáló rendszer, amely széles körben alkalmazott eszköz a sporttudományi kutatásokban. A résztvevők minden teszt előtt gyakorlófázison estek át, amely során azonnali visszajelzést kaptak hibás válasz esetén, így biztosítva a feladat pontos megértését. Az intervenció a felméréseket követő héten indult, és négy héten keresztül zajlott, összesen 12 alkalommal, heti három edzés formájában, 48–72 órás pihenőidővel. A sportolók háromféle kognitív tréningprogramban vettek részt. Az egyik az EEG-alapú neuroMoon rendszer volt, amely négy elektródával, a 10–20-as nemzetközi elrendezés szerint, magas minőségű adatgyűjtést tett lehetővé. A rendszer száraz elektródákat alkalmazott, amelyek gyors és kényelmes felhelyezést biztosítottak, és kiküszöbölték a kontakt gél szükségességét. A második csoport a neuroMoon sham (KKCS), vagyis kontroll kondicionált tréninget kapott, míg a harmadik a Neurotracker programban vett részt, amely a vizuális-kognitív képességek fejlesztésére fókuszált. A fejlesztési program befejezése után két nappal a résztvevők újra teljesítették a felmérési protokollt, azonos sorrendben és körülmények között, mint az alapmérés során. Ez biztosította az elő- és utótesztek közvetlen összehasonlíthatóságát, és lehetővé tette a négyhetes kognitív intervenció hatásának objektív kiértékelését. A vizsgálat célja annak feltárása volt, hogy a különböző technológiai alapú kognitív tréningmódszerek milyen mértékben képesek javítani a nyílt készségű sportolók kognitív teljesítményét, és hogy ezek az eszközök mennyiben jelenthetnek hatékony kiegészítő fejlesztési lehetőséget a sportolók felkészítésében. A statisztikai elemzéseket az SPSS 22.0 szoftverrel végezték. Az adatok normál eloszlását Shapiro–Wilk teszttel és hisztogramok vizuális vizsgálatával ellenőrizték, szükség esetén logaritmikus transzformációt alkalmazva. A kognitív tréningprogram hatásait ismételt méréses varianciaanalízissel (anovaRM) értékelték, idő (PRE, POST) × csoport (nM, NT, KKCS) elrendezésben. A többszörös összehasonlításokat Bonferroni-korrekcióval végezték, az EEG-metrikák (SMR, T, SMR/T) esetében szintén anovaRM-et használtak. Kiegészítő elemzéseket párosított t-próbákkal és Cohen-féle d hatásméretszámítással végeztek, míg a hatásméreteket parciális eta-négyzet (η^2) segítségével adták meg. A neurofeedback tréning hatékonyságát Mann–Whitney U teszttel is vizsgálták, továbbá korrelációs elemzéseket végeztek a viselkedési és EEG-változások közötti összefüggések feltárására. A szignifikanciaszintet $p < 0,05$ -ben határozták meg, a grafikonokat JASP 0.17.1 verzióval készítették.

4.Eredmények

4.1 Első kutatás eredményei

A teljesítménymutatókat és a fiziológiai méréseket egyaránt befolyásolta a hathetes program során végzett agilitás tréning. A statisztikai elemzések mind az edzés ($F_{1,49} = 22,4$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,67$), mind az egyes szettek ($F_{1,49} = 1225,2$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,99$) főhatásait kimutatták, valamint egy edzés x blokk interakciót is ($F_{44,484} = 8,3$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,43$) az agilitás teljesítményben. Az edzésre vonatkozó ismételt mérés post hoc rmANOVA elemzés kimutatta, hogy a résztvevők szignifikánsan javultak az 1. és a 2., valamint a 11. és a 12. edzés között ($p < 0,001$). Továbbá, azzal együtt, hogy a 3. edzés kivételével, az autóversenyzők minden edzésen magasabb agilitási teljesítményt mutattak az első edzéshez képest ($p < 0,001$), függetlenül az edzési blokkoktól. Figyelembe véve, hogy minden blokk egy perccel hosszabb volt, mint az előző, nem meglepő, hogy a résztvevők folyamatosan növelték az agilitási teljesítményüket egyik blokkról a másikra ($p < 0,001$), függetlenül az edzés szakaszától. Az agilitás tréningprogram változásokat idézett elő a reakcióidőben, amelyet az edzés ($F_{1,49} = 30,3$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,73$) és a blokk ($F_{1,49} = 6,4$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,37$) főhatásai, valamint egy edzés x blokk interakció ($F_{1,49} = 1,5$, $p = 0,027$, $\eta^2 = 0,12$) jeleztek. Az edzésre vonatkozó ismételt mérés post hoc rmANOVA elemzés kimutatta, hogy a résztvevők szignifikánsan javultak az 1. és a 2., a 3. és a 4., valamint a 4. és az 5. edzés között. A résztvevők reakcióideje rosszabb volt a 11. edzésen, és hasonló volt a 8. edzéshez ($1,36 \pm 0,12$ ms vs. $1,36 \pm 0,11$ ms). Ennek ellenére az autóversenyzők minden edzés során rövidebb reakcióidőt mutattak az első edzéshez képest ($p < 0,001$), beleértve az utolsó, 12. edzést is, függetlenül az edzési blokkoktól, ami a reakcióidő javulását jelzi az agilitási feladat végrehajtásakor (21. ábra). Emellett a résztvevők eredményei minden blokkban javultak az első blokkhoz képest ($p < 0,001$), függetlenül az edzés szakaszától. Bár a HRátlag és a HRmax változatlan maradt az edzésprogram során, a HRR esetében edzés ($F_{1,49} = 5,7$, $p = 0,010$, $\eta^2 = 0,34$) és blokk ($F_{1,49} = 3,9$, $p = 0,034$, $\eta^2 = 0,26$) főhatásokat találtunk. A post hoc elemzések kimutatták, hogy az autóversenyzők jobb HRR értéket értek el a 6. ($46,0 \pm 7,2$ bpm) és a 12. edzésen ($47,6 \pm 7,2$ bpm) az 1. edzéshez képest ($40,92 \pm 7,8$ bpm), függetlenül az edzés szakaszától. Az LVT és STROOP kognitív mérés változásait. Pontosabban, idő főhatást találtunk az LVT reakcióidő ($F_{1,22} = 4,3$, $p = 0,05$, $\eta^2 = 0,16$) és az LVT helyes válaszok esetében ($F_{1,22} = 7,8$, $p = 0,011$, $\eta^2 = 0,26$), a post hoc elemzések csökkent RT-t és több helyes választ mutattak az intervenció után, függetlenül a csoporttól. Emellett csoport \times idő interakciót is találtak az LVT esetében

($F_{1,22}=5,2$, $p=0,033$, $\eta^2=0,19$). A post hoc elemzés szerint az LVT reakcióidő csökkent az EXP csoportban ($p=0,038$, $d=0,61$), de változatlan maradt a CON csoportban ($p=0,800$, $d=0,05$), ami azt sugallja, hogy az agilitási edzésprogram javította az autóversenyzők vizuális orientációs teljesítményét és szelektív vizuális figyelmét. A kevert ANOVA csoport \times idő interakciót mutatott mind a reakcióidő ($F_{1,22}=8,7$, $p=0,007$, $\eta^2=0,28$), mind a helytelen válaszok ($F_{1,22}=10,6$, $p=0,004$, $\eta^2=0,32$) esetében a STROOP színnév feltételénél, a post hoc teszt kissé megnövekedett RT-t mutatott a CON vs. EXP csoportban ($p=0,048$, $d=0,05$) és csökkent helytelen válaszokat az EXP vs. CON csoportban ($p<0,001$, $d=0,96$). A szóolvasási feltételnél jelentős interakciót találtak a reakcióidőben ($F_{1,22}=8,3$, $p=0,009$, $\eta^2=0,27$), a post hoc teszt szerint a reakcióidő csökkent az EXP csoportban ($p=0,028$, $d=0,60$), de változatlan maradt a CON csoportban ($p=0,134$, $d=0,56$). Emellett jelentős idő főhatást ($F_{1,22}=4,7$, $p=0,041$, $\eta^2=0,18$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=6,8$, $p=0,016$, $\eta^2=0,24$) találtak a helytelen válaszok esetében. A post hoc elemzés csökkentett hibaszámot mutatott a CON csoportban ($p=0,021$, $d=1$), míg az EXP csoportban változatlan maradt ($p=0,819$, $d=0,09$), valószínűleg a nagy egyéni variabilitás miatt az alapmérések során. A STROOP interferenciahatást sem a színnév, sem a szóolvasás feltételénél nem figyeltük meg ($p>0,05$). a VISGED, ZBA és DT mérési eredményeit. Nem találtunk idő főhatást vagy csoport \times idő interakciót a VISGED és ZBA tesztekben ($p>0,05$), ami azt jelzi, hogy az agilitási edzésprogram nem idézett elő változásokat a résztvevők vizuális memória teljesítményében és idő/mozgás előrejelzésében. Ugyancsak nem véltünk felfedezni változást ezen tesztek eredményeiben a CON-nál. Azonban idő főhatást ($F_{1,22}=6,4$, $p=0,019$, $\eta^2=0,22$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=18,5$, $p<0,001$, $\eta^2=0,46$) találtunk a DT helyes válaszokban, a post hoc teszt megnövekedett helyes válaszok pontszámát mutatta az EXP csoportban ($p=0,05$, $d=0,77$), de csökkent pontszámot a CON csoportban ($p=0,04$, $d=0,12$) az alapértékekhez képest ($267,3\pm 32,9$, $265,3\pm 48,1$, ill.). Emellett az EXP, de nem a CON csoport alacsonyabb kihagyott válaszok pontszámot is mutatott, amit csoport \times idő interakció ($F_{1,22}=8,9$, $p=0,007$, $\eta^2=0,29$) és post hoc párosított minták t-próbája jelzett (EXP: $p=0,034$, $d=0,78$; CON: $p=0,087$, $d=0,23$).

Az antropometriai mérések változásait az agilitási edzésprogram hatására. A statisztikai elemzés szerint a testtömeg (TTM) csökkent az EXP csoportban ($79,3\pm 10,9$ -ről $77,2\pm 10,3$ kg-ra), de növekedett a CON csoportban ($78,8\pm 9,4$ -ről $79,7\pm 9,4$ kg-ra), amit csoport \times idő interakció ($F_{1,22}=21,9$, $p<0,001$, $\eta^2=0,50$) és post hoc tesztek ($p=0,004$, $d=0,20$; $p=0,004$, $d=0,10$, ill.) jeleztek. Nyilvánvalóan a testmagasság (TM) változatlan maradt mindkét csoportban ($p>0,05$). Bár nem találtak változást a becsült izomtömegben (BI%) ($p>0,05$), idő főhatást ($F_{1,22}=47,3$, $p<0,001$, $\eta^2=0,68$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=70,4$, $p<0,001$,

$\eta^2=0,76$) találtak a testzsír százalék (TZS%) esetében. A post hoc elemzés alacsonyabb intervenció utáni TZS% értékeket mutatott az EXP csoportban ($p<0,001$, $d=0,57$), de magasabb TZS% értékeket a CON csoportban ($p=0,041$, $d=0,05$).

Mind a HRmax, mind a GETHR idő főhatást ($F_{1,22}=7,2$, $p=0,014$, $\eta^2=0,25$; $F_{1,22}=17,0$, $p<0,001$, $\eta^2=0,44$, ill.) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=22,1$, $p<0,001$, $\eta^2=0,50$; $F_{1,22}=30,5$, $p<0,001$, $\eta^2=0,58$, ill.) mutattak. A post hoc teszt magasabb intervenció utáni HRmax értékeket mutatott a maximális fokozatos kardiorespiratorikus teszt során az EXP csoport résztvevőinél ($p=0,002$, $d=0,45$) és alacsonyabb értékeket a CON csoportban ($p=0,033$, $d=0,40$). Emellett a GETHR is magasabb volt az EXP csoportban az alapértékekhez képest ($p<0,001$, $d=1,2$), de változatlan maradt a CON csoportban ($p=0,086$, $d=0,24$). Kevert ANOVA idő főhatást ($F_{1,22}=25,4$, $p<0,001$, $\eta^2=0,53$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=43,1$, $p<0,001$, $\eta^2=0,66$) mutatott a VE esetében, a post hoc elemzés magasabb VE értékeket mutatott az EXP csoportban ($p<0,001$, $d=1,62$), amely nem változott a CON csoportban ($p=0,057$, $d=0,28$). Bár a BF változatlan maradt ($p>0,05$), idő főhatást ($F_{1,22}=28,3$, $p<0,001$, $\eta^2=0,56$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=41,5$, $p<0,001$, $\eta^2=0,65$) találtak a VO₂max esetében. A post hoc elemzés szerint a VO₂max növekedett az EXP csoportban ($p<0,001$, $d=0,85$), de csökkent a CON csoportban ($p=0,029$, $d=0,17$).

Az agilitási edzésprogram változásokat idézett elő a résztvevők kognitív teljesítményében, amikor azt közepes intenzitású edzés közben végezték kerékpáron, azaz a STROOP minden változója javulást mutatott az EXP csoportban, amit csoport \times idő interakciók és post hoc elemzések jeleztek. Pontosabban idő főhatást ($F_{1,22}=5,6$, $p=0,027$, $\eta^2=0,20$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=9,6$, $p=0,005$, $\eta^2=0,30$) találtak a színnév feltétel reakcióidőjében a STROOP-ban. A post hoc teszt rövidebb reakcióidőt mutatott az EXP csoportban ($p=0,002$, $d=0,75$), ami változatlan maradt a CON csoportban ($p=0,634$, $d=0,01$). Emellett a helytelen válaszok százaléka is csökkent az EXP csoportban, amit csoport \times idő interakció ($F_{1,22}=11,5$, $p=0,003$, $\eta^2=0,34$) és post hoc párosított minták t-próbája ($p=0,015$, $d=0,69$) jelzett, de nem változott a CON csoportban ($p=0,084$, $d=0,33$). A szóolvasási feltételre vonatkozó beavatkozás-indukált változások esetében a kevert ANOVA idő főhatást ($F_{1,22}=8,8$, $p=0,007$, $\eta^2=0,29$) és csoport \times idő interakciót ($F_{1,22}=22,3$, $p<0,001$, $\eta^2=0,50$) mutatott a reakcióidőben, a post hoc teszt rövidebb reakcióidőt mutatott az EXP csoportban ($p=0,001$, $d=0,66$), de változatlan maradt a CON csoportban ($p=0,063$, $d=0,24$). Az eredmények összhangban voltak a színnév feltétellel, az autóversenyzők az EXP csoportban nagyobb pontossággal végezték a szóolvasási feladatot (kevesebb hibás válasz), amit mind idő főhatás ($F_{1,22}=5,5$, $p=0,028$, $\eta^2=0,20$), mind csoport \times idő interakció ($F_{1,22}=13,8$, $p=0,001$, $\eta^2=0,39$) és post hoc teszt

($p=0,004$, $d=1$) jelzett; azonban a hibás válaszok száma nem változott a CON csoportban ($p=0,224$, $d=0,16$) (3. táblázat). STROOP interferencia interakció hatást egyik feltételben sem figyelték meg ($p>0,05$), bár idő főhatást találtak a szóolvasási feltételben ($F_{1,22}=4,7$, $p=0,041$, $\eta^2=0,18$) csoporttól függetlenül. Nem találtak idő főhatást vagy csoport \times idő interakciót a ZBA változóiban ($p>0,05$), ami azt jelzi, hogy az agilitási edzésprogram nem idézett elő változásokat az autóversenyzők idő/mozgás előrejelzésében csoporttól függetlenül.

Jelentős különbséget a STROOP és ZBA teljesítményben nyugalomban és közepes intenzitású terhelés közben nem találtunk. Csoport \times idő \times feladat összetettség vagy idő \times feladat összetettség interakció hatásokat egyik kognitív feladat mérésében sem ($p>0,05$), ami azt jelzi, hogy a kognitív feladat teljesítmény javulása nem különbözött nyugalomban vagy közepes intenzitású terhelés közben végzett feladatok esetében az edzésprogram hatására. Azonban egy jelentős feladatösszetettség főhatást ($F_{1,22}=8,0$, $p=0,010$, $\eta^2=0,27$) találtunk a szóolvasási feltétel pontosságában, a post hoc elemzés több hibás választ mutatott, amikor a feladatot nyugalomban végezték, szemben a közepes intenzitású edzéssel ($d=1,75$).

4.2 Második kutatás eredményei

Az idő szignifikáns főhatását figyeltük meg az interferencia (IF) tendenciában ($F_{1,28} = 10,943$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,281$) és a medián reakcióidőben mind a kongruens (BL) ($F_{1,28} = 6,390$, $p = 0,017$, $\eta^2 = 0,186$) és az inkongruens (IF) feladat ($F_{1,28} = 8,045$, $p = 0,008$, $\eta^2 = 0,223$) esetében is a STROOP feladat szóolvasási feltételében. A felmérés és a visszamérés összehasonlítása gyorsabb interferencia tendenciát jelzett (elő: $0,204 \pm 0,133$ vs. utó: $0,163 \pm 0,113$ s, Cohen $d = 0,479$) és medián reakcióidőt a kongruens feladat ($0,604 \pm 0,076$ vs. $0,583 \pm 0,073$ s, $d = 0,445$) és az inkongruens feladat ($0,807 \pm 0,178$ vs. $0,746 \pm 0,155$ s, $d = 0,761$) esetében is, függetlenül a csoporttól. Ezen túlmenően, mind a kongruens ($p < 0,001$, $d = 0,859$), mind az inkongruens ($p = 0,026$, $d = 0,420$) feladatok esetében az idő szignifikáns fő hatásait figyeltük meg a STROOP feladat színmegnevezési feltételében, a csoportok közötti különbségek nélkül.

A SWITCH feladatot illetően az idő szignifikáns főhatását találtuk a munkaidőben ($F_{1,28} = 17,968$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,385$) és az inkongruens ingerekre vonatkozó átlagos reakcióidőben ($F_{1,28} = 15,989$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,363$), az ismétlési feladat ($F_{1,28} = 9,573$, $p = 0,004$, $\eta^2 = 0,255$) és a váltási feladat vonatkozásában ($F_{1,28} = 4,558$, $p = 0,042$, $\eta^2 = 0,140$). Az felmérés és a visszamérés összehasonlítása gyorsabb munkaidőt mutatott a beavatkozás után és rövidebb átlagos reakcióidőt minden egyes említett változó esetében ($p < 0,05$).

A fordított számterjedelem teszt (FSZT) szignifikáns főhatás mutatkozott ($F_{1,28} = 15,218$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,352$), a beavatkozás utáni pontszámok ($6,42 \pm 1,54$) magasabbak voltak, mint a beavatkozás előtti pontszámok ($5,55 \pm 1,43$) ($d = -0,801$), függetlenül a csoporttól.

Továbbá a vegyes ANOVA szignifikáns főhatást mutatott az időre mind a kihagyott ($F_{1,28} = 71,554$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,719$), mind a helyes ($F_{1,28} = 33,541$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,545$) válaszok esetében a DT-ben. A felmérés és visszamérés összehasonlítása azt mutatta, hogy a beavatkozás után a kihagyott válaszok száma csökkent (pre: $17,5 \pm 8,3$, post: $6,4 \pm 1,5$, $d = 1,311$) és a helyes válaszok száma nőtt (pre: $261,6 \pm 36,1$, post: $278,6 \pm 38,7$, $d = -1,020$) függetlenül a csoporttól. A VTS-el kapcsolatos minden más kognitív tesztváltozó nem volt szignifikáns ($p > 0,05$).

A korrelációs elemzések erős pozitív korrelációkat mutattak ki az SMR és a T közötti különbségek között az ülések során mind az nM ($r = 0,969$, $p < 0,001$), mind a kontroll kondicionált nM ($r = 0,937$, $p < 0,001$) csoportokban, ami arra utal, hogy az SMR növekedése a tréningek során a T növekedéséhez kapcsolódott, függetlenül a csoporttól. Az egyéb EEG-metrikák változásai, valamint az EEG-metrikák és a játék pontszáma közötti kapcsolatok általában gyengék ($r < 0,3$ vagy $-0,3$) mindkét csoport esetében. Nem találtunk különbséget a nM és a kontroll kondicionált NF tréningcsoportok között az EEG-metrikák (SMR, T, SMR/T arány) ($p > 0,05$) vagy a játék pontszámok ($p = 0,96$) tekintetében az egyes tréningek között.

5.1 Első kutatás következtetései

Az agilitási edzésprogram javította a kognitív teljesítményt a VTS bizonyos alfeladataiban, amikor azokat nyugalmi állapotban vagy közepes intenzitású edzés közben végezték a résztvevők. Az autóversenyzők pontosabban hajtották végre a STROOP szóolvasási feltételt, amikor a feladatot edzés közben kellett végrehajtaniuk, mint nyugalmi állapotban. Emellett az intervenció kedvező változásokat idézett elő néhány fiziológiai mérésben is, például a HRmaxban, a gázcsere küszöb HR-értékében, a ventilációban és a relatív maximális oxigénfelvételben a maximális fokozatos kardiorespiratorikus teszt során. Végül az autóversenyzők az agilitási feladat végzése során a hathetes edzésprogram alatt folyamatosan javuló teljesítményt és csökkenő reakcióidőt mutattak. Mindezek az eredmények arra utalnak, hogy egy ilyen rövid és könnyen adminisztrálható edzésprogram potenciálisan hozzájárulhat az autóversenyzők fizikai és mentális felkészüléséhez. Ugyanakkor szükséges, hogy a jövőbeli kutatások további tudományos adatokat gyűjtsenek erről a viszonylag kevésbé vizsgált sportról, annak érdekében, hogy hatékony stratégiák fejlődhessenek ki a motorsport atléták fizikai és

kognitív képességeinek fejlesztésére. Az 1. hipotézisünket elfogadjuk, mivel az EXP csoportban a vizuális keresés teszt (LVT) reakcióideje szignifikánsan csökkent az intervenció után ($3,19 \pm 0,38$ ms) a kiindulási értékhez képest ($3,83 \pm 1,31$ ms), ami a vizuális orientáció és a szelektív figyelem javulását jelzi. A 2. hipotézisünket szintén elfogadjuk, mivel a STROOP színmegnevezési feladatban az EXP csoport hibaszázaléka csökkent, míg a kontrollcsoportban (CON) nem mutatkozott változás. A szóolvasási feladatban az EXP csoport reakcióideje rövidült, ugyanakkor a hibaszám csökkenése a CON csoportban jelentkezett, ami a kiindulási mérések nagy egyéni variabilitásával magyarázható. A 3. és 4. hipotézist elvetjük, mivel a vizuális memória (VISGED) és az idő/mozgás előrejelzés (ZBA) tesztekben nem találtunk idő főhatást vagy csoport \times idő interakciót, azaz az edzésprogram nem idézett elő kimutatható változásokat ezekben a kognitív teljesítményváltozóknál. Az 5. hipotézisünket ugyanakkor elfogadjuk, hiszen az EXP csoport több helyes és kevesebb kihagyott választ adott a determinációs tesztben (DT), ami a reaktív stressztűrő képesség, a figyelem és a gyors reakcióidő fejlődését mutatja. A 6. hipotézist elvetjük, mivel a STROOP interferencia-feltételben sem nyugalmi, sem terheléses körülmények között nem találtunk szignifikáns változást, vagyis az edzésprogram nem javította célzottan az inkongruens ingerek feldolgozását. A 7. hipotézist részben fogadjuk el, mivel a HRmax értékekben nem mutatkozott gyakorlati jelentőségű változás, ugyanakkor a gázcsere küszöbnél (GET) szignifikáns javulást figyeltünk meg az EXP csoportban, ami a laktátküszöb későbbi megjelenésére és magasabb intenzitásnál való elérésére utal. A 8. hipotézisünket teljes mértékben elfogadjuk, mivel az agilitási edzésprogram hatására nőtt a relatív maximális oxigénfelvétel (VO_{2max}) és a ventiláció, ami kedvező kardiovaszkuláris adaptációkra utal. A 9. hipotézist ugyanakkor elvetjük, mert az edzésprogram nem változtatta meg szignifikánsan az átlagos és maximális pulzusszámot, így a kardiovaszkuláris terhelhetőség ezen mutatói nem igazolódtak vissza. Végül a 10. hipotézisünket elfogadjuk, mivel a HRR értékei az EXP csoportban szignifikáns javulást mutattak az edzésprogram után, ami a regenerációs kapacitás erősödését bizonyítja. Összességében eredményeink alapján az agilitási edzésprogram hatékonyan járult hozzá az autóversenyzők szelektív figyelmének, reakcióidejének, stressztűrő képességének és egyes kardiovaszkuláris mutatóinak javításához, miközben bizonyos kognitív területeken (pl. vizuális memória, interferencia-feldolgozás) nem hozott mérhető változást.

5.2 Második kutatás következtetései

Jelen kutatás célja az volt, hogy megvizsgálja egy újonnan kifejlesztett neurofeedback (NF) rendszer, a neuroMoon (nM) megvalósíthatóságát és hatékonyságát a kognitív képességek fokozásában, összehasonlítva egy széles körben alkalmazott kognitív tréningeszközzel, a Neurotrackerrel (NT). Feltételezésünk az volt, hogy az nM edzést követően mért kognitív javulás szintje hasonló lesz az NT edzéssel elért eredményekhez, így az nM a kognitív teljesítményüket növelni kívánó sportolók számára is előnyös lehet. Hipotézisünkkel összhangban a statisztikai elemzések elsősorban időbeli főhatásokat mutattak ki, csoporthatásokat nem, ami arra utal, hogy az nM és az NT hasonló mértékben járult hozzá a kognitív teljesítmény javulásához. Például mindkét tréningcsoport gyorsabb medián reakcióidőt mutatott a STROOP színmegnevezési és szóolvasási feltételeiben a tréninget követően, ami a kognitív alkalmazkodóképesség és a feladatváltási képesség fejlődését jelzi. Ennek alapján a 2. hipotézisünket elfogadjuk. A SWITCH feladatban a résztvevők teljes munkaideje, valamint az inkongruens ingerekre, az ismétlési és a váltási feltételekre adott reakcióidő is javult, ami a végrehajtó funkciók, különösen a feladatváltási képesség fejlődésére utal. Ez alátámasztotta a 6. hipotézisünket, amelyet elfogadunk. A determinációs tesztben (DT) mind az nM, mind az NT tréning hatására kevesebb kihagyott választ (pre: $17,5 \pm 8,3$; post: $6,4 \pm 1,5$; $d = 1,311$) és több helyes választ (pre: $261,6 \pm 36,1$; post: $278,6 \pm 38,7$; $d = -1,020$) adtak a résztvevők, ami a figyelmi kapacitás és a reaktív teljesítmény javulását mutatta. Ezen eredmények alapján a 4. és 5. hipotézist elfogadjuk. A FSZT kognitív tesztben a résztvevők mindkét csoportban magasabb pontszámot értek el a tréning után (poszt: $6,42 \pm 1,54$) a kiindulási értékhez képest (pre: $5,55 \pm 1,43$), ami a kognitív rugalmasság és a munkamemória fejlődését igazolja, függetlenül az alkalmazott módszertől. Eredményeink ugyanakkor azt mutatták, hogy a kontroll kondicionált csoportban is hasonló mértékű javulás következett be a mért kognitív változóknál. Ezért az 1. hipotézist csak részben fogadjuk el. Az EEG-mérések (SMR, T, SMR/T arány) tekintetében, valamint a játék pontszámokban nem mutatkozott szignifikáns különbség az aktív és a kontroll kondicionált nM csoportok között ($p > 0,05$), és a változók közötti összefüggések is gyengék voltak. Ez arra utal, hogy a rövid, mindössze négyhetes beavatkozás nem volt elegendő a neurofeedback-alapú PCT hosszabb távú hatásainak kimutatásához. Összességében eredményeink azt mutatják, hogy az nM és az NT egyaránt kedvezően hat a reakcióidőre, a kognitív rugalmasságra, a feladatváltási képességre és a figyelmi teljesítményre. Ugyanakkor a hasonló javulás a kontroll kondicionált csoportban arra figyelmeztet, hogy a javulások részben a tesztekhez való hozzászokásból, illetve általános

tanulási hatásokból is fakadhatnak. Kutatásunk jelentősége abban rejlik, hogy az nM alkalmazása rávilágított az innovatív NF-eszközök sportolók körében való potenciális hasznosíthatóságára. Az autóversenyzők és a nyílt készségű sportágak (pl. labdajátékok) képviselői számára az ilyen tréningek különösen relevánsak, hiszen gyors döntéshozatalra, fókuszált figyelemre és rövid reakcióidőre van szükségük nagy terhelés és stresszes körülmények között. Az nM hozzájárulhat e képességek fejlesztéséhez, ugyanakkor további kutatások szükségesek a módszer hosszabb távú hatásainak feltárására, passzív kontrollcsoport bevonására és a tréning volumenének emelésére. Végezetül, eredményeink megerősítik, hogy mind az NF-alapú, mind a kognitív tréning módszerek ígéretes megközelítéseket kínálnak a sportolók mentális teljesítményének fokozására. A neuroMoon különösen ígéretes lehet az űrhajózásban és más komplex környezetekben, ahol a kognitív rugalmasság és a döntéshozatali gyorsaság kulcsfontosságú. A jövőbeni kutatások során indokolt az nM autentikus, valós környezetben történő kipróbálása és validálása, amely nemcsak az űrmissziók, hanem a földi nagy tétellel járó szituációk teljesítmény-optimalizálásában is hasznos lehet.

6. Saját publikációk jegyzéke

Disszertációhoz kapcsolódó közlemények:

Horváth, D., Négyesi, J., Győri, T., Szűcs, B., Tóth, P. J., Matics, Z., ... Rácz, L. (2022). Application of a Reactive Agility Training Program Using Light-Based Stimuli to Enhance the Physical and Cognitive Performance of Car Racing Drivers: A Randomized Controlled Trial. *SPORTS MEDICINE-OPEN*, 8(1). <http://doi.org/10.1186/s40798-022-00509-9>

Horváth, D., Négyesi, J., Rácz, M., Győri, T., Matics, Z., Puskin, A., ... Rácz, L. (2023). Feasibility of a novel neurofeedback system: a parallel randomized single-blinded pilot study. *SCIENTIFIC REPORTS*, 13(1). <http://doi.org/10.1038/s41598-023-44545-1>

Disszertációhoz nem kapcsolódó közlemények:

Fridvalszki, M., Matlák, J., Kovács, B., Petridis, L., Horváth, D., Havanecz, K., ... Rácz, L. (2022). Reliability Study of a Functional Test for the Offensive Agility Performance in Water Polo. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH*, 19(16). <http://doi.org/10.3390/ijerph191610040>

MARCELL, F., JÁNOS, M., BÁLINT, K., TIBOR, H., LEONIDAS, P., DONATELLA, D., ... LEVENTE, R. (2023). Vienna Test System measures failed to predict goal and passing efficiency during international water polo matches in world-class-level youth water polo players. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SPORT PSYCHOLOGY*, 54(5), 389–403. <http://doi.org/10.7352/IJSP.2023.54.389>

Tóth, P. J., Dobos, K., Horváth, D., Győri, T., Havanecz, K., Sáfár, S., & Ökrös, C. (2023). Lokomotív terhelésbeli különbségek a győztes és vesztes mérkőzés-szituációk között elit férfi teniszezőknél - pilot study. *MAGYAR SPORTTUDOMÁNYI SZEMLE*, 24(2(102)), 122–122.

Tóth, P. J., Győri, T., Sáfár, S., Havanecz, K., Horváth, D., & Ökrös, C. (2022). Különböző játéktípussal rendelkező teniszezők mérkőzés statisztikáinak elemzése a 2022-es ausztrál nyílt teniszbajnokság férfi döntősein keresztül. In *Tavaszi Szél 2022 / Spring Wind 2022 Tanulmánykötet III*. (pp. 236–246).

TÓTH, P. J., GYŐRI, T., SÁFÁR, S., HAVANECZ, K., HORVÁTH, D., & ÖKRÖS, C. (2022). Különböző játéktípussal rendelkező teniszezők mérkőzés statisztikáinak elemzése a 2022-es ausztrál nyílt teniszbajnokság férfi döntősein keresztül. In *XXV. Tavasz Szél Konferencia 2022. Absztraktkötet* (pp. 606–607).

7. Irodalomjegyzék

1. Dias, C., & Júnior, J. (2022). Review of the dual -axis steering system used by Mercedes - AMG in Formula One. SAE Technical Paper 2021 -36-0027. -36-0027
2. Dingle, G. (2009). Sustaining the race: A review of literature pertaining to the environmental sustainability of motorsport. *International Journal of Sports Marketing and Sponsorship*, 11 (1), 80 –96. -11-01-2009 -B006
3. Heilmann, F., Weinberg, H., & Wollny, R. (2022). The Impact of Practicing Open - vs. Closed -Skill Sports on Executive Functions —A Meta -Analytic and Systematic Review with a Focus on Characteristics of Sports. *Brain Sciences*, 12(8), 1071. 3390/brainsci12081071
4. International, Ltd. 131 Filho, E., Tenenbaum, G. and Yang, Y. (2015). Cohesion, team mental models, and collective efficacy: towards an integrated framework of team dynamics in sport. *Journal of Sport Sciences*, 33, 641 -653.

5. Potkanowicz, E. S., & Mendel, R. W. (2013). The case for driver science in motorsport: a review and recommendations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* , 43(7), 565 –574. - 013-0040 -2
6. Reid, M. B., & Lightfoot, J. T. (2019). The Physiology of Auto Racing. *Medicine and science in sports and exercise* , 51(12), 2548 –2562.
7. Trzesniowski, M. (2021). Einleitung / Introduction. *Intentionen reflexiven Entwerfens*.