Innovatív, EEG alapú neurofeedback tréning hatásainak elemzése, EGG alapú stresszholterrel és számítógépes tesztrendszerrel mért stressztolerancia szintre, valamint mentális keménységre, élvonalbeli futsal és kézilabda kapusoknál

Bevezetés

A tanulmányom célja, az volt, hogy megvizsgáljam egy hat hetes neurofeedback intervenciós program hatásait, első osztályú, válogatott futsal és kézilabda kapusok mentális keménységére, végrehajtó funkcióira és stressztoleranciájára. A neurofeedback tréning validált Muse 2 EEG alapon működő teamflow rendszer „wavetree" programjával történt. A mentális keménységet a Sport Mentális Keménység Kérdőívvel, a reaktív stressztoleranciát a VTS-DT tesztjével, a stressz hátterében álló pszichofiziológiai paramétereket pedig non-invazív, realtime, stresszholterrel mértem a program előtt és után.

Kulcsszavak: kognitív képességek, neurofeedback, stressztűrés, mentális keménység, optimális zóna, csapatsportolók (futsal, kézilabda), kapusok, figyelem, arousal, innovatív edzéstechnológiák

Elméleti háttér

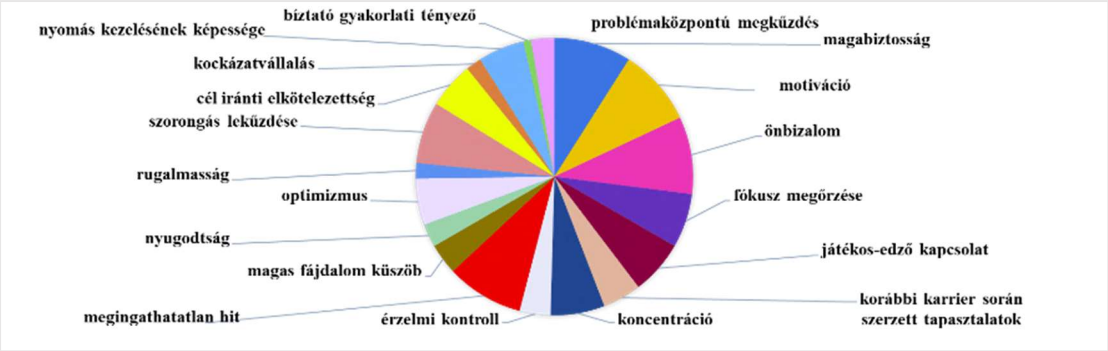
A modern edzéstudomány legnagyobb kérdése, hogy milyen innovatív módszerekkel lehet fokozni a teljesítményt. A kutatás során a neurofeedback tréningre fókuszáltam. Alapvetően a teljesítményt számos összetevő határozza meg. A technikai, taktikai felkészültség és a kondicionális, koordinációs képességek fejlesztése nagyon lényeges, viszont egyrészt ebben már nehéz újat mutatni, másrészt a mai elit sportban mindez már nem elegendő. Legalább annyira jelentős szerepet kell tulajdonítani az emocionális-affektív és kognitív képességeknek is, mint a fent említettek bármelyikének (BALOGH ET AL., 2016).

A kapus poszt mind a kézilabdázásban, mind a futsalban meghatározó, hiszen fizikálisan és mentálisan is jelentős kihívások elé állítja a sportolót, ezért választottam kutatásom alanyaiként őket. Alapvetően a kapustól indul és - a mezőnyjátékosok részéről kapura rúgást, illetve kapura dobást követően - nála is fejeződik be egy-egy támadás, hiszen ő az utolsó lehetőség, hogy a csapata elkerülje a gólt. Tehát általános feladataiként elmondható, hogy irányítja, biztosítja, segíti a társait és képességei szerint megakadályozza az ellenfél sikeres befejezését, majd lehetőség szerint indítja őket (BICSKEI, 1997). Mindezek alátámasztják azt a megállapítást, hogy egy kapusnak óriási lélektani terhet kell elviselnie a mérkőzések alatt, magas szintű

mentális keménységgel kell rendelkeznie. Folyamatosan a következő megoldandó feladatra kell koncentrálnia és minél hamarabb túl kell lendülnie a kapott gólokon. Fontos megemlíteni, hogy egy kapus eredményessége nem csak abban mutatkozik meg, hogy hogyan mozog a kapuban, milyen technikai repertoárral rendelkezik. Ettől lényegesebb, hogy tudjon uralkodni az érzelmei felett, tudja kontrollálni azokat, vagyis mind az érzelemszabályozásban, mind a stressztoleranciában kiválónak kell lenni. Mindehhez elengedhetetlen a kapus magabiztossága, ami fejleszthető és a tudatos, kemény munka eredménye (BAKOS ET. AL., 2019).

Az utóbbi évek kutatási eredményei alapján kiemelt figyelmet kap a mentális keménység és a stressztolerancia a sportolók felkészítésében.

A mentális keménység alapvetően egy olyan pszichológiai, affektív és kognitív képesség, amely a mai élsportolók sikeressége tekintetében elengedhetetlen. Az edzők és a sportolók is a versenyeken elért sikereket a mentális keménységnek, a negatív eredményeket pedig annak hiányának vélik (GOULD, HODGE, PETERSON & PETLICHKOFF, 1987; HODGE, 1994).



1. ábra: A mentális keménység hátterében álló faktorok

Forrás: Torma, E. P., & Balogh, L. (2021). BREAKABLE PERFORMANCE - THE ROLE OF MENTAL TOUGHNESS IN ELITE SPORT, INTERNATIONAL OUTLOOK. Stadium - Hungarian Journal of Sport Sciences, 4(1).

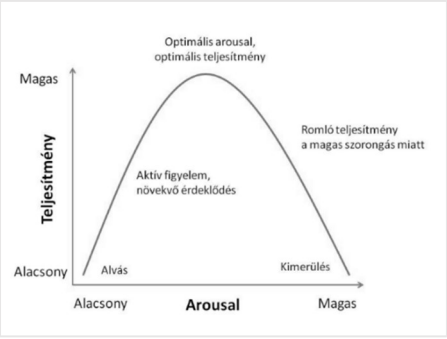
Több, mint 50 nemzetközi tanulmány alapján készült metaanalízis szerint elmondható, hogy szinte minden pozitív pszichológiai tulajdonságot összefüggésbe hoztak már a mentális keménységgel (1. ábra). Annak ellenére, hogy számos eltérő vélemény övezi a fogalmat, egy dologban egyeznek a nézetek; mégpedig, hogy a mentális keménység abban nyilvánul meg leginkább, hogy képes a sportoló elviselni a magasfokú fizikai és pszichés terhelést, illetve ezen belül hogyan kezeli azokat a sport versenyhelyzeteket, amikor stressz és nagy nyomás alatt, magasfokú alkalmazkodást kiváltó körülmények között, kiemelkedően kell teljesítenie (TORMA - BALOGH, 2021).

A mentális keménység mellett, a stressztűrő képesség szintén alapjaiban határozza meg a sportoló teljesítményét, hiszen főleg a jelentős kihívásokkal járó téthelyzetekben, a döntő

pillanatokban, a momentumokban sikeres versenyző, nagyobb eséllyel pályázik a végső győzelemre is.

A stressz alapvetően egy fiziológiai folyamat, számos későbbi pszichés, valamint pszichofiziológiai modell alapja, de erre épül az edzéselmélet kulcsfogalma, az adaptáció is. A stresszor hatására az emberi szervezetben alkalmazkodási folyamatok mennek végbe, mivel kibillenti a szervezetet az egyensúlyi állapotából (SELYE, 1976, 1978). Tehát az adaptáció eléréséhez gyakorlatilag stresszre van szükség, így optimális esetben segíti a fejlődést. Ezt hívják eustressznek. Az ellenkezőjét, amikor károsan hat a szervezetre, distressznek nevezik. (FLETCHER ÉS MTSAI., 2008). Az edzés nem más, mint a folyamatos stresszorokhoz való adaptáció, a fejlődés pedig a megfelelő edzésingerek, inger intenzitás, inger sűrűség, valamint a terhelés összetevők, a terjedelem, az intenzitás és a pihenőidő helyesen megválasztott arányán nyugszik.

Az optimális arousalt, a Yerkes-Dodson féle fordított U-alakú elmélet (2. ábra) alapozza meg. (HEBB, 1955). Abban az esetben, ha a sportoló arousal szintje nem az optimális zónában mozog, akkor vagy túlzottan megemelkedik a szorongás szintje, mely kognitív és szomatikus negatív kimenettel jár, vagy túlságosan alacsony, mely apátiát eredményez. Ezáltal jelentősen romlanak a sportoló teljesítményét szabályozó kognitív, érzelmi és koordinációs, finom motorikus képességei, így a sportteljesítménye is (ZAICHKOWSKY ÉS NAYLOR, 2004; BALOGH, 2015; NÉMETH - BALOGH, 2020). Hanin az IZOF - modelljével (Individual Zones of Optimal Functioning – Optimális Teljesítmény Egyéni Zónái) azt a következtetését támasztja alá, hogy az ideális stressz és arousal szint minden egyénnél különböző. Így a sportolónak az edzőjével, személyre szabottan kell megtalálnia az optimális tartományt, amiben a leginkább hatékonyan tud dolgozni, (HANIN, Y. L.,2000) A kiváló teljesítmény feltétele az optimális arousal, az optimális idegrendszeri aktivitás szintje.



2. ábra: Yerkes- Dodson törvény

Forrás: https://d2p6e6u75xmxt8.cloudfront.net/12/2021/04/3_1_01_Yerkes-Dodson.png

A mentális keménység és a stressztűrő képesség is fejleszthető (CONNAUGHTON ÉS MTSAI., 2008; GUCCIARDI ÉS MTSAI., 2009). Az ezek hátterében lévő összetevők alapján összefüggésbe hozhatók, a hazai szinten viszonylag kevés kutatásban szereplő, de nemzetközileg egyre népszerűbb neurofeedback tréninggel.

Mirifar (2017) és Balconi (2019) szerint, a „neurofeedback egy pszichofiziológiai technika, amelynek célja, hogy felhívja a figyelmet a belső élmények, központi élettani kapcsolataira. Ezt követően, az egyén megtanulja a pszichofiziológiai kontaktusokat, illetve az ezekhez kapcsolódó gondolatait adaptívan szabályozni.” Összefoglalva, elmondható, hogy egy non-invazív, agyi képalkotó eljárás, mely az agyi aktivitás önszabályozásával kapcsolatos készségek fejlesztésére használható (MIRAF, 2017).

A neurofeedback tréning hátterében az Elektroenkefalográf (EEG) műszer áll. A kognitív idegtudomány egyik lényeges képalkotója az EEG (PARK et al., 2015; PERREY-BESSON, 2018). Az EEG felvételnek köszönhetően különböző típusú agyhullámokat lehet monitorozni. Az agyhullámok különféle rezgő elektromos feszültségek az agyban. Öt, széles körben elismert agyhullám létezik (1. táblázat)

1. táblázat: Az öt agyhullám jellegzetessége

Forrás: Saját forrás

Frekvenciasáv	Frekvencia	Agyi állapotok
Gamma	>35 Hz	➢ Koncentráció ➢ Összpontosítás ➢ Probléma megoldás
Béta	12-35 Hz	➢ Szorongás ➢ Aktív, külső figyelem ➢ Nyugodtság (elfoglalt, nyugodt elme)
Alfa	8-12 Hz	➢ Magas fokú relaxáltság ➢ Passzív, nyugodt elme ➢ (Reflektív nyugalom)
Théta	4-8 Hz	➢ Mélyen relaxált, befelé forduló ➢ Álmosság
Delta	0,5-4 Hz	➢ Alvó, álmodó állapot

A mentális keménység fejlesztésének és a stressztűrőképesség növelésének céljaként, olyan program szükséges, hogy az alfa és a gamma agyhullámok dolgozzanak leginkább, hiszen ez a kettő biztosítja azt az idegrendszeri állapotot, amitől sikeres lesz a fókuszált feladatvégrehajtás (CHERON ET. AL., 2016). Az alfa hullámok leginkább akkor észlelhetők, mikor az egyén nyugodt, relaxált állapotban van. Az alfa hullámokon belül, a kognitív folyamatok során megfigyelhető egy másik speciális oszcilláció, a „funkcionális alfa", melynél korreláció mutatható a munkamemórával (KLIMESCH ET AL., 1994). Korábbi kutatások alapján elmondhatom, hogy az optimális pszichomotoros és kognitív teljesítménynek a hatására nő, míg a csökkent teljesítmény és a fáradtság hatására kevésbé tér el az egyensúlyi állapottól, az alfa amplitúdó (BAZANOVA, 2012).

A gamma hullámok rezgései többféle kognitív funkcióhoz köthetők, úgy, mint a figyelem (MÜLLER−KEIL, 2004), a memória (HERRMANN ET AL., 2004; TALLON−BAUDRY ET AL., 2005) és az észlelés (JENSEN ET AL., 2007).

A neurofeedback tréning során a sportolók az idő előrehaladtával és a folyamatos gyakorlás következményeként, megtanulják, hogyan szabályozzák agyi aktivációjukat, a viselkedésüket és az érzelmeiket, az agyi tevékenységük és az EEG jelek koordinálásával (XIANG ET AL., 2018).

Michele Andrade de Brito és munkatársai tanulmánya alátámasztja, hogy a neurofeedback tréning következményeként a sportolók önszabályozása és a reakcióidejük javuló tendenciát mutatott, illetve a kognitív képességeikre is hatást gyakorolt a program. Megállapította, hogy szignifikánsan nőtt a teljesítményük a neurofeedback tréningen részt vevőknek, míg a kontroll csoportban lévőké nem változott (DE BRITO AT AL., 2022). Ennek ellenére számos nemzetközi irodalom ellentmondásos eredményekkel szolgál a neurofeedback tréning hatásával kapcsolatosan (XIANG ET AL., 2018; GONGA ET AL., 2021).

Mindezek alapján összeállítottam a mérési protokollt, melyben neurofeedback tréninget alkalmaztam élsportolóknál, hogy megvizsgáljam, az innovatív edzés program alkalmas a mentális keménységük fejlesztésére, illetve stressztűrésük határainak meghosszabbítására.

Célkitűzés

Kutatásom során a következő kérdésekre kerestem választ és az alábbi hipotéziseket véltem;
K1: Fejleszthető-e a kapusok mentális keménysége neurofeedback tréninggel?

K2: Fejleszthető-e a kapusok stressztűrőképessége, pozitív hatással van-e a neurofeedback tréning a kapusok választásos reakcióképességére?
K3: Segíthet-e a sportolóknak meghosszabbítani az optimális zónában töltött időt a neurofeedback tréning?

H1: Feltételezem, hogy a mentális keménység fejleszthető a neurofeedback tréninggel, hiszen egy korábbi kutatásom során már beigazolódott, hogy különféle pszichológiai technikákkal, tréningekkel, versenyhelyzet szimulációkkal működik, viszont kifejezetten az EEG teamflow „wavetree" programjával még nem próbálkoztak korábban. Feltételezem alkalmas a fejlesztésre, hiszen számos mentális keménység modellben kiemelt szerepet kap a figyelem kontroll, a feladatspecifikus végrehajtás, a magas fokú koncentráció fenntartása, az érzések és gondolatok irányítása és a stressz kezelési képessége.
H2: Feltételezem, hogy javulhat a kapusok stressztűrőképessége a neurofeedback tréning során. Számos kutatás alapján alátámasztható, hogy az optimális zónában a sportoló mindenféle külső ingert igyekszik kizárni és minden idegszálával csak az aktuális feladatra koncentrál. A hullámfa tréningnek az alapvető perspektívája ugyanez és 6 héten keresztül, heti két alkalommal, folyamatosan gyakoroltatja a program a sportolóval mindezt. Az edzésadaptáció elvéhez igazodva, úgy vélem, a mentális tréning során is alkalmazkodhat a résztvevő egyén, azokhoz az ingerekhez, melyekkel találkozik.
Ezen felül feltételezem, hogy a neurofeedback tréning következményeként csökkenni fog a kapusok reakcióideje, miközben a figyelmüket fenntartják és továbbra is koncentráltan összpontosítanak a feladat végrehajtásra.

H3: Feltételezem, hogy a kapus képes meghosszabbítani, azt az időt, amit a számára optimális zónában tölt, a tréning hatására.

Anyagok és módszerek

A kutatásom longitudinális, kvantitatív, pilot. Etikai engedély száma: DE RKEB/IKEB-nél: 6088-2022. A szakirodalmi áttekintések alapján összeállítottam a mérési protokollt, melyen belül a korábbi nemzetközi tanulmányok alapján elegendő edzésingert, 6 héten keresztül, a megfelelő ingerintenzitás mellett alkalmaztam élsportolóknál, az edzéseik előtt. A vizsgálati minta kiválasztása rétegzett, többlépcsős. Az edzőkkel történő konzultációk után, az alábbi szempontok szerint: felnőttjátékos legyen, az első osztályú bajnokságban szerepeljen,

nemzetközi szintű élsportoló, ennek megfelelően legalább utánpótláskorúként válogatott kerettagsággal és több éves tapasztalattal rendelkezzen. A sportolók *a Debreceni Egyetemi Atlétikai Club kézilabda és futsal szakosztályának* igazolt játékosai. A tréningre és a kontroll mérésekre a DE Sporttudományi Intézet Komplex Sport Viselkedéselemző Laborjában került sor. A neurofeedback tréning során a teamflow „wavetree" programot használtam a fejlesztésre, mely olyan algoritmus alapján dolgozik, hogy arra készteti a sportolót, hogy a fa alsó részére - a zöld sávra (az alfa agyhullám monitorozása) és a lila színűre (a gamma agyhullám monitorozása) (1. táblázat) - fókuszáljon és azt igyekezzen kiszélesíteni (1. kép).

1. kép: A teamflow „wavetree" program a tréning során

Forrás: Saját Forrás

A kapusok ezen kívül, más utasítást nem kaptak, önmaguknak kellett megtalálni a leghatékonyabb módszert. Az agyhullámok érzékelése a nemzetközi szinten validált, megbízható Muse2 hordozható, vezeték nélküli fejpánttal történt.

Az arousal és a stressz szint mérésére leginkább papír-ceruza teszteket alkalmaznak, azonban napjainkban egyre elterjedtebbek a különféle műszeres vizsgálatokkal történő elemzések, így jelen kutatásban is az utóbbit alkalmaztam. A sportolók műszerekkel történő mérésére a hat hetes program előtt és utána került sor, melyekhez a Vienna Test System (Schufried, Bécs) DT/S1 (Determination Test) nemzetközileg is elfogadott stressz teszt, 6 perces programját és az Elektrogasztrográfiás stressz holtert (MDE Heidelberg, MSB MET Balatonfüred) használtam, illetve a kapusok kitöltötték a Sport Mentális Keménység Kérdőívet is.

A Vienna Test System (VTS) egy számítógépes pszichológiai tesztrendszer, mely képes a sportoló kognitív képességeinek, személyiségjegyeinek mérésére. Emellett alkalmas a stressztűrőképesség és a reakcióképesség monitorozására, illetve alkalmazható a döntés

hátterében álló idegrendszeri folyamatok vizsgálatára. A „Determination Test (DT)" a választásos reakcióképességet és reaktív stressztolerancia szintet méri, a sportolónak vizuális ingereket kell figyelembe vennie és ezen belül, a színes és az akusztikus hatásokat is meg kell tudnia különböztetni. A válaszadónak minél gyorsabban kell reagálnia a válaszpanel gombjainak és a lábpedáloknak a használatával. A program által generált változó és gyors ingerek stresszként kezelhetőek, mivel gyors, folyamatosan változó válaszokat igényelnek, melyeknek elég magas a gyakorisága, ahhoz, hogy ez a helyzet megfelelő kihívást nyújtson a sportoló számára (BALOGH ET. Al.,2015). Fontos megjegyezni azt, hogy a VTS műszer, nemcsak stresszorként alkalmaztam a mérések során, hanem ezáltal tudtam a kognitív eredményeket is értékelni.

A stressz hatás mérésére az Elektrogasztrográfiás EGIG stresszholter alkalmazható, mely az MDE Heidelberg és az MSB MET fejlesztése. A stresszholter humán validációja egy korábbi kutatás alapján megtörtént (PRIBÉK ET. AL., 2021).

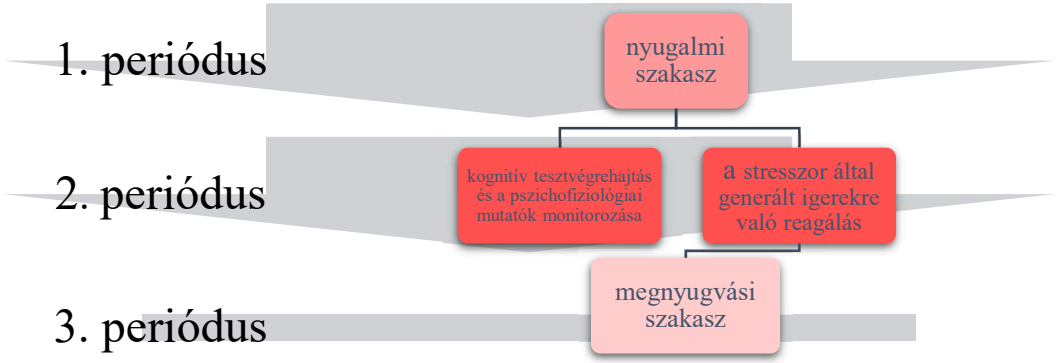
Az EGIG vizsgálati módszer képes a gyomorban, a vastag, - és vékonybélben történő bio-elektromos változásokat monitorozni, 2 hasfalra felhelyezett elektródával. Mindemellett, valós időben szívfrekvencia (HR) és szívfrekvencia variabilitást (HRv), továbbá bőr galvanikus (GSR) ellenállását és testhőmérsékletet (TH) mér. Így a kiértékelés során, több fiziológiai paramétert is össze lehet hasonlítani azok közül, melyek a stressz hátterében állnak. A műszer segítségével non-invazív, realtime eredményeket kaphatok (BALOGH ET. AL., 2016; SZŰCS ET. AL., 2018).

A sportolók mentális keménységének mérésére szolgáló kérdőív, a „Sport Mental Toughness Questionnaire" (SMTQ: SHEARD ET AL., 2009), mely 14 tételből áll. A kérdőív hazai validációja 203 sportoló közreműködésével készült (BALOGH- TORMA, 2021). [1] A sportolók egy, négy fokú Likert- skálán értékelik az állításokat, az alapján, hogy milyen mértékben igazak rájuk (TORMA ET. AL., 2022). A Sport Mentális Keménység Kérdőívet a sportolók, a neurofeedback program előtti mérést megelőzően és a program után, a kontrollmérés előtt töltötték ki. Mindez stresszmentes környezetben, külső instrukciók és időkorlát nélkül valósult meg, a sportoló önbevallása alapján.

A műszeres mérés az elektrogasztrográfiás elektródák felhelyezésével kezdődött. Az első periódusa a nyugalmi szakasz volt (3. ábra). A sportoló ekkor önmagára figyel, nem teljesít feladatot, teljesen stressz mentes, laboratóriumi környezetben van. A második periódusban

[1] Saját validáció után, Komplex Sport Viselkedéselemző Labor, 2021.

történik a kognitív teszt végrehajtása, a stresszor által generált ingerekre való válaszadás a szervezet részéről. Jelen esetben a DT/S1 programcsomagot használtam. A harmadik periódus pedig a megnyugvási szakasz. Ekkor a sportoló a teszt végét követően, újból arra koncentrál, hogy normalizálja a pulzusát, már nem kap stresszt kiváltó ingereket. Összességében elmondható, hogy a mérés körülbelül 30 percet vett igénybe.



3. ábra: Az EGG alapú stresszholter és a számítógépes tesztrendszer alkalmazása folyamatábrával szemléltetve

Forrás: Saját forrás

Fontos megemlíteni, hogy a sportolók a mérés előtt 3 órával nem étkezhettek és 4 órával előtte nem ihattak koffein tartalmú italokat.

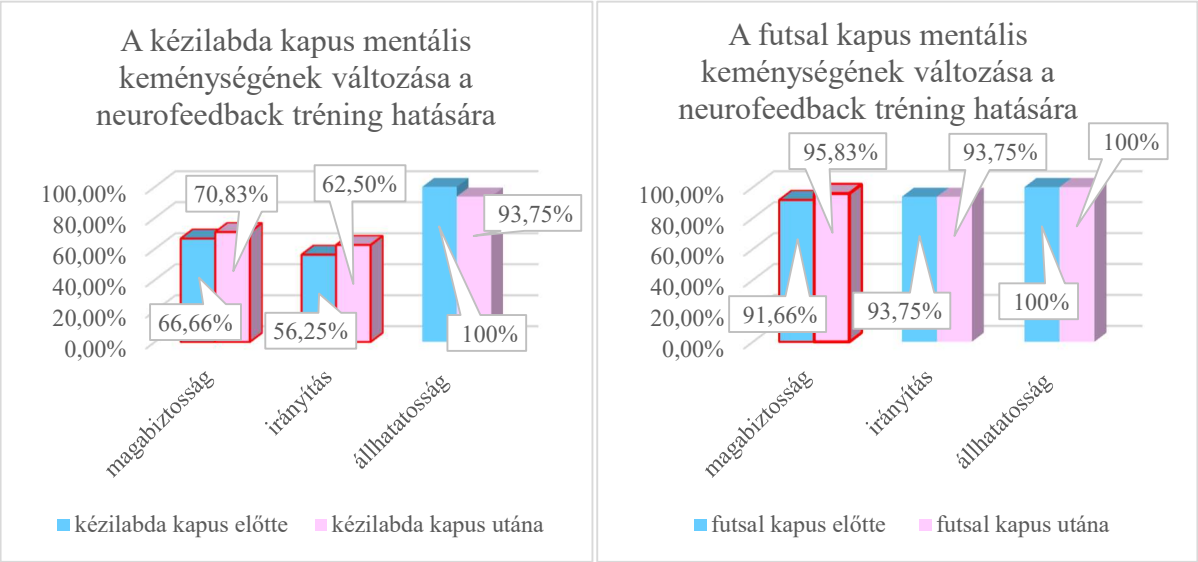
Általános leíró, valamint többváltozós- összehasonlító statisztikai elemzést használtam az eredmények kiértékelésére ((MS Excel, 2020 és Statistica (StatSoft, 1984)). A stressz holter grasztrális értékeinek vizsgálata során, a teljesítmény maximum értékeket használtam (PS max), Fast Fourier féle transzformációval, melyeken Fold Change számítást alkalmaztam, mely a kezdeti értéktől való százalékos eltérést mutatja. Mivel mindenkinek más a kezdőértéke, így ez a módszer specifikusan az egyéni fejlődésre fókuszál, s nem a máshoz viszonyított eredmény az elsődleges.

Eredmények és Megbeszélés

Az eredményeket a kutatási kérdéseim és az arra felállított hipotézisek alapján mutatom be.

A **sportolók mentális keménysége mindkét kapus esetében javult** (4. ábra). A kézilabda kapus a kérdőív kiértékelése során, az első teszt kitöltésnél, a maximálisan elérhető 56 ponthoz, (100 %) viszonyítva, 73,21%-ot ért el, míg a második tesztnél javulás volt megfigyelhető, 75%-ra teljesített. A mentális keménység két aldimneziójában is pozitív irányú változás volt megfigyelhető nála, a magabiztosság és az irányítás alkotóknál. A neurofeedback térning hatására, a sportolói mentális keménység kérdőív eredményeként leírható, hogy a sportoló

rendíthetetlenül megbízik a saját képességeiben és a mérkőzések során felmerülő esetleges önbizalomhiány kevésbé kerekedik felül rajta, mint a 6 hetes program előtt.



4. ábra: A kapusok mentális keménységének változása a neurofeedback tréning hatására (NS.)

Forrás: Saját forrás

A futsal kapus esetében az első teszt kitöltés során, a maximálisan elérhető pontontokhoz (100%) viszonyítva, 94,64%-ra, a másodiknál 96%-ra teljesített, ami kiemelkedő eredménynek számít. A magabiztosság aldimenzióban ennél az alanynál is pozitív irányú változást figyeltem meg. A neurofeedback tréninget követően, a mentális keménység teszt alapján a sportoló úgy érzi, hogy egyre inkább megvan a képessége arra, hogy nyomás alatt jól teljesítsen és a lehetséges veszélyeket a pályán, főként pozitív lehetőségként élje meg.

Megfigyelhető javulás a tréning előtti és utáni kiértékelés során, viszont az alacsony elemszám miatt nincs szignifikáns, hanem tendenciaszerű összefüggés van a kapott eredmények között.

	Confidence		Constancy		Control		Total mental toughness	
Factor	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
Competitive standard								
International (n = 79)	18.22	2.82	13.97	1.95	11.34	2.60	43.53	5.57
National (n = 150)	17.49	3.70	13.79	1.95	10.77	2.62	42.06	6.08
County/provincial (n = 479)	16.48	3.17	12.73	2.15	10.77	2.24	39.99	5.45
Club/regional (n = 434)	15.27	3.00	12.69	2.18	10.80	2.20	38.76	5.35
Gender								
Male (n = 778)	17.03	3.12	12.92	2.27	10.92	2.32	40.88	5.67
Female (n = 364)	14.65	3.05	12.99	1.95	10.61	2.25	38.25	5.29
Age group								
16–18 years (n = 272)	15.81	3.56	12.90	2.23	10.71	2.29	39.43	5.88
19–20 years (n = 505)	16.06	3.16	12.85	2.06	10.86	2.28	39.77	5.32
21–24 years (n = 231)	16.59	3.00	12.87	2.20	10.51	2.29	39.98	5.85
25 + years (n = 134)	17.50	3.36	13.49	2.35	11.44	2.36	42.43	5.77

Note. Data from combined samples (N = 1142).

5. ábra: Sheard és munkatársai által kitöltetett „SMTQ" eredményei

Forrás: Sheard, M., Golby, J., & Van Wersch, A. (2009). Progress toward construct validation of the Sports Mental Toughness Questionnaire (SMTQ). *European Journal of Psychological Assessment*, *25*(3), 186.

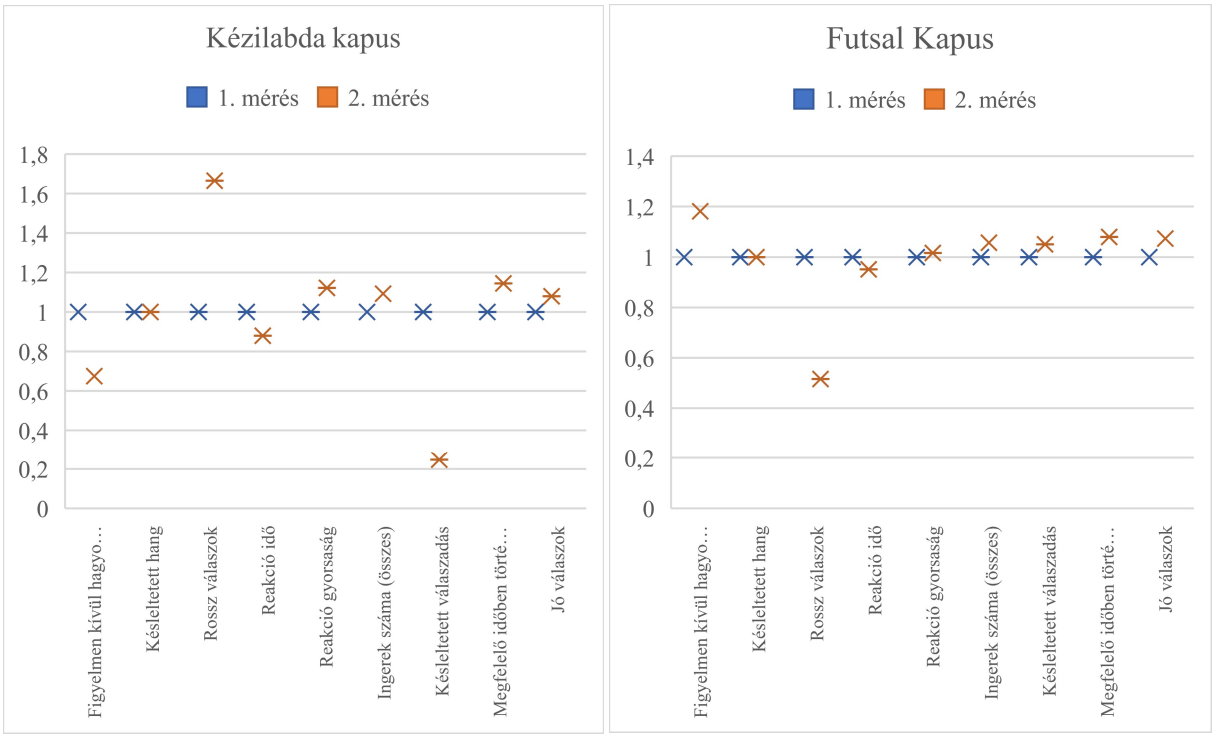
Sheard és munkatársai tanulmányának táblázata alapján (5. ábra), a kapusok értékei összevethetőek a nemzetközi átlaggal. A kézilabda kapus eredménye a neurofeedback programot követően 42,00 pont, mely a nemzetközi átlaghoz viszonyítva (43,53 pont) 1,53-mal alacsonyabb, míg a saját korosztályában (25+ életkor) az átlag értéktől mindössze 0,43 századdal maradt le.

A futsal kapus eredménye 54,00 pont, ami a nemzetközi átlaghoz viszonyítva (43,53 pont) 19,47-tel magasabb, illetve a saját korosztályában (21-24 életkor) is átlag feletti összpontszámot ért el, mely 14,02-vel lett jobb. A futsal kapus 16 éves kora óta korosztályos és jelenleg is felnőtt válogatott kerettag, ami igazolja a kiemelkedő mentális keménységi szintet.

Összességében megállapítható, hogy a hipotézisem részben beigazolódott, hiszen a pilot mérés során a kapusok mentális keménységének eredményei javultak, viszont abban az esetben tudnám biztosan alátámasztani, hogy ez a neurofeedback tréningnek köszönhetően valósult meg, ha bővíteném az általam mért alanyok számát és igazolni tudná ezáltal szignifikancia szinttel is a sikerességet.

A kognitív tesztek (VTS-DT) eredményei a következőként alakultak a kézilabda kapusnál (6. ábra). A figyelmen kívül hagyott ingerek száma csökkent. Ahogy az „anyagok és módszerek" résznél említettem, Fold Change számítást végeztem az értékeken, tehát a kezdeti értéktől való százalékos eltérést vettem alapul. A kezdeti érték minden esetben 1,000, hiszen ez a 100 % és ehhez képest százalékban történt a változások vizsgálata, mind pozitív és negatív irányban. Tehát a figyelmen kívül hagyott ingerek számának esetében 1,000 értékhez viszonyítva 0,675-ra változott a kontroll mérés során az eredmény. Azonban nőtt az inkorrekt válaszok aránya 1,000 értékhez viszonyítva 1,666-ra változott. Ez azzal is összefüggésbe hozható, hogy a két teszt kitöltése közben az alany reakcióideje csökkent, 1,000 értékhez viszonyítva 0,88-ra, a reakció gyorsasága pedig 1,000 értékhez viszonyítva 1,123-ra javult. A kapus gyorsabb lett, több ingert tudott befogadni a teszt ideje alatt, - az ingerek száma, 1,000- hoz viszonyítva 1,094-re nőtt - viszont, így nagyobb lett a hibázási lehetőség is. Mindezen felül a korrekt válaszok javuló tendenciát mutatnak a két mérés között, 1,000 értékhez viszonyítva 1,081-re változott, 38-cal több jó választ adott az alany a kontroll mérésen. A késleltetett válaszok mértéke csökkent 1,000 értékről, 0,247-re, illetve az időben adott reakciók aránya pedig nőtt 1,000-ról, 1,146-ra. A futsal kapus kognitív teszt (VTS- DT) eredményei a következők (6. ábra). Az inkorrekt válaszok aránya csökkent, hiszen 1,000 értékhez viszonyítva, 0,516 értéket kaptunk, ami javuló tendenciát mutat, viszont a figyelmen kívül hagyott ingerek aránya nőtt 1,000 értékhez viszonyítva 1,181 lett. Azonban ez összefüggésbe hozható azzal, hogy a két teszt

kitöltése közben a sportoló reakció gyorsasága javult 1,000 értékhez viszonyítva 1,016 -ra, illetve a reakcióideje csökkent, 1,000- hoz viszonyítva 0,951 értékre. Ezáltal elmondható, hogy mivel a kapus gyorsabb lett, több ingert tudott befogadni a tesztkitöltés során, - 1,000- hoz viszonyítva 1,057-re nőtt az ingerek száma, - így a hibázási ráta ebben az esetben növekedhetett, több ingert hagyhatott figyelmen kívül a gyorsabb végrehajtás eredményeként. Mindezen felül a korrekt válaszok ennél az alanynál is javuló tendenciát mutatnak a két mérés között, 1,000 értékhez viszonyítva 1,073-ra változott, hússzal több jó választ adott a sportoló a kontroll mérés során, illetve az időben adott reakciók arányát tekintve is pozitív változás figyelhető meg, 1,000-hoz viszonyítva, 1,079-re nőtt az érték.

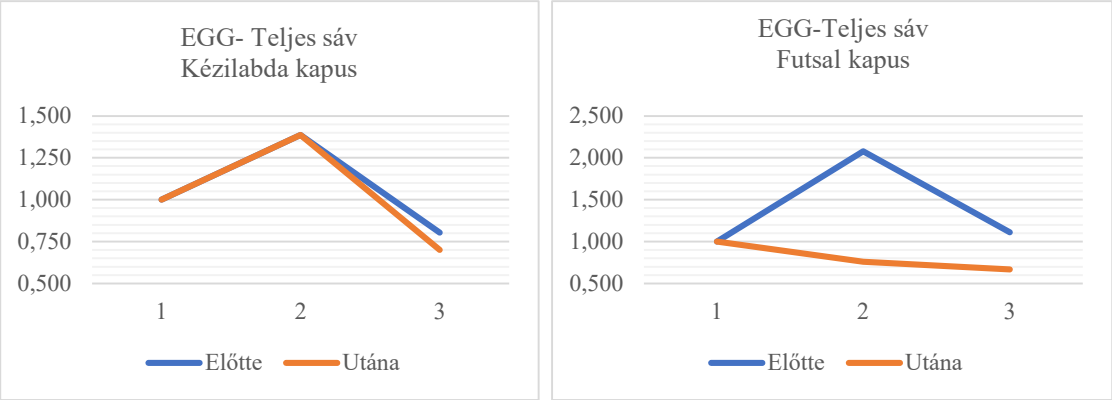


6. ábra: A kapusok neurofeedback program előtti és utáni kognitív teszt (VTS-DT) eredményeinek összehasonlítása, Fold Change számítással (NS.)

Forrás: Saját forrás

A kézilabda kapus **eredményei (7. ábra) a következőképp alakultak a gasztrális szervek összesítő értékénél (teljes sáv).** A 6 hetes tréning előtt 1,000 (kezdeti nyugalmi állapot) értékhez viszonyítva a második periódusban 1,388, a harmadikban 0,805 tendenciájú változás volt megfigyelhető. Majd a kontroll mérés során az első periódusban 1,000, a második periódusban 1,387, a harmadikban 0,701 adatokat kaptam. Ezek az adatok az első méréshez képest csökkenő tendenciát mutatnak, ami azt jelenti, hogy a kontroll mérés során kevésbé nőtt meg a sportoló stressz szintje. A mérést követően, a kiértékelt eredmények az alábbiak lettek a futsal kapusnál (7. ábra). A gasztrális szervek összesítő értékénél (teljes sáv), a 6 hetes tréning előtt 1,000 (kezdeti nyugalmi állapot) értékhez viszonyítva a második periódusban 2,080, a

harmadikban 1,110 tendenciájú változás volt megfigyelhető. Majd a kontroll mérés során az első periódusban 1,000, a második periódusban 0,760, a harmadikban 0,670 értékeket kaptam. Ezek az adatok az első méréshez képest csökkenő tendenciát mutatnak, ami azt jelenti, hogy a kontroll mérés során alacsonyabb volt a stressz szintje a kapusnak.



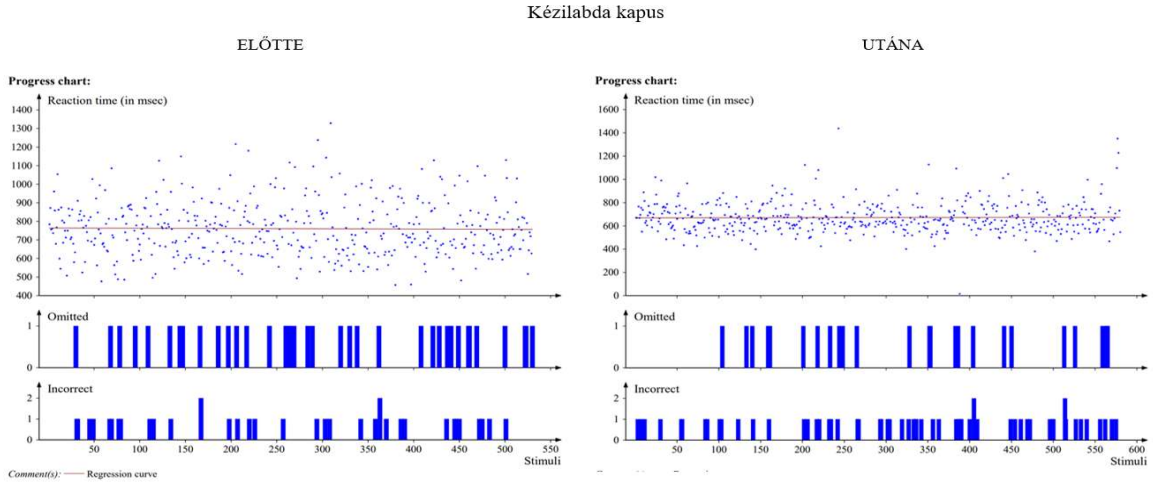
7. ábra: A kapusok eredményei a gasztrális szervek összesítő PS max. értékei alapján, a mérés nyugalmi, stressz, - és latencia szakaszaiban

Forrás: Saját forrás

Mindkét kapus esetében fontos megemlíteni, hogy tapasztalt sportolókról van szó, amit az EGG Ps max. eredmények szerint igazolok. Egy korábbi tanulmány alapján, mely a kezdő és a tapasztalt sportolókat hasonlítja össze ugyanezen paraméterek alapján, megállapítható, hogy stressz hatására, a gyomor motilitás nő, majd a kezdőknél a megnyugvási szakaszban, a nyugalmi állapot alá csökken. A tapasztalt sportolók esetében, a tapasztalatuknak köszönhetően, említhető egy rákészülési szakasz, melynek eredményeként, magasabb a nyugalmi értékük a kezdőkénél, viszont a megnyugvási szakaszban a kezdő nyugalmi érték alá csökken a PS érték. Ez azt mutatja, hogy hamarabb visszaáll az egyensúlyi állapot a szervezetükben, mint a kezdő sportolóknak (NAGY ÉS MTSAI, 2016).

Összességében elmondható, hogy részben beigazolódott a hipotézisem, hiszen mindkét kapus esetében, a VTS eredmények és stressz hátterében álló pszichofiziológiai mutatók is javultak a kontroll mérés során, viszont szignifikáns összefüggést, - feltételezhetően az alacsony elemszám miatt- nem találtam.

A harmadik hipotézis alapján, azt vizsgáltam, hogy **segíthet-e meghosszabbítani a sportolónak a neurofeedback tréning, az optimális zónában töltött időt**. A különböző paramétereket összevetve, szembetűnő, hogy a reakcióidő mindkét kapus esetében csökkent, ezáltal pedig a reakció gyorsaság nőtt, több ingert kapott mindkét kapus a kontroll mérés során (8. ábra, 9. ábra). A figyelmen kívül hagyott ingereknél a kézilabda kapus esetében elmondható, hogy számuk csökkent (1,000 értékhez viszonyítva 0,675-re), amit a 8. ábra kiválóan szemléltet. Annak ellenére, hogy nőtt a rossz válaszok aránya (1,000 értékhez viszonyítva 1,666-ra), mindkét esetben szemmel látható, hogy nőtt a hibázott ingereket monitorozó oszlopok közti távolság is (8. ábra), ami viszont mindenképp pozitív, hiszen valószínűsíthető, hogy a sportoló tovább tudta fent tartani a figyelmét, az optimális arousal szintet egy-egy jó válaszokból alkotott periódusban.

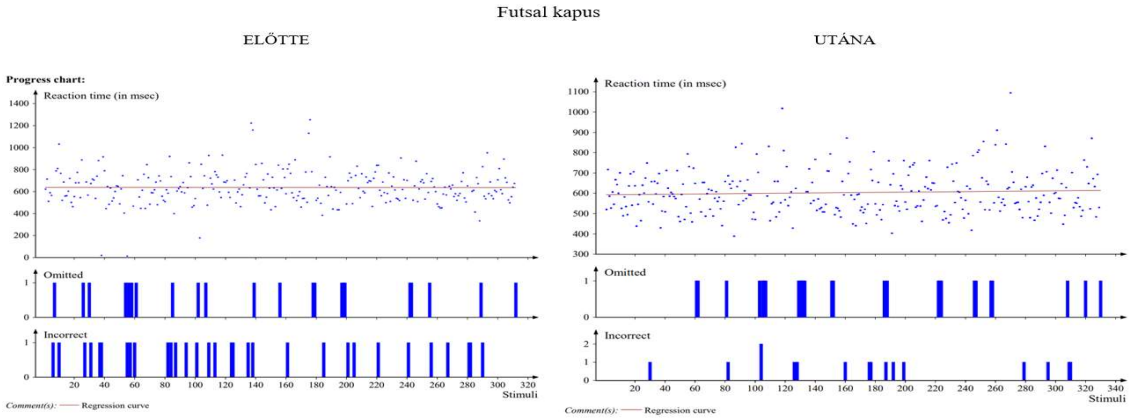


8. ábra: VTS kiértékelő lap: reakció idő, figyelmen kívül hagyott ingerek és a rossz válaszok diagramjai a mérés előtt és után a kézilabda kapus esetében (NS.)
Forrás: Vienna Test System (Schufried, Bécs) DT/S1 (Determination Test)

A futsal kapus esetében (9. ábra) elmondható, hogy a figyelmen kívül hagyott ingerek száma nőtt (1,000 értékről, 1,181-re változott), viszont a rossz válaszok aránya csökkent (1,000 értékhez viszonyítva, 0,516 értéket kaptunk), ami javulást eredményezett.

Megfigyelhető, hogy több ingerre tudott reagálni a kapus a kontroll mérés során, mint a neurofeedback tréning előtt, viszont ezáltal többet is hibázott. Azonban fontos megjegyezni, hogy a sportoló hiába késleltette a válaszadást, azáltal, hogy figyelmen kívül hagyott ingereket, mégis a kevesebb rossz választ adott, ami igazolja, hogy jobban fókuszált a feladatra a kontroll mérés során. A futsal kapusnál is szembetűnő, hogy nőtt a hibázott ingereket monitorozó oszlopok közti távolság, ami megmutatja, hogy mennyi ideig tudott a sportoló hiba nélkül

fókuszálni. Látható, hogy egy -egy rossz választás között, hosszabban tudta fent tartani a figyelmét, tovább tudott koncentrálni, fent tartani az optimális arousal szintet.



9. ábra: VTS kiértékelő lap: reakció idő, figyelmen kívül hagyott ingerek és a rossz válaszok diagramjai a mérés előtt és után a futsal kapus esetében (NS.)

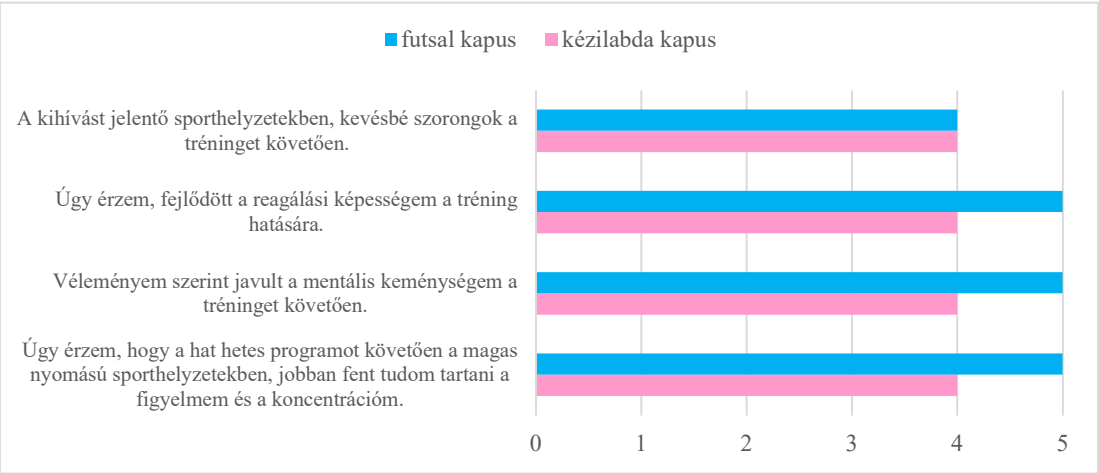
Forrás: Vienna Test System (Schufried, Bécs) DT/S1 (Determination Test)

Összességében elmondható, hogy a 6 hetes neurofeedback program hasznos volt, a kapusok számára, az optimális arousal szint meghosszabbításának szempontjából, továbbá a mentális keménységük és a stressztoleranciájuk fejlesztésében. Ennek ellenére folytatásra, és a jövőben több elemszámra lenne szükség, ahhoz, hogy valóban igazolni tudjam a sikerességét.

Összefoglalás

A neurofeedback tréning napjaink élsportjának egyik leghatásosabb kiegészítő edzésmódszere lehetne, viszont hatásával kapcsolatban a nemzetközi szakirodalom nem minden esetben fogalmaz egyértelműen. Ezek alapján állítottam össze a mérési protokollt, melynek elsődleges céljaként egy hat hetes neurofeedback intervenciós program hatásainak vizsgálatát tűztem ki, első osztályú, válogatott futsal és kézilabda kapusok mentális keménységére és stressztoleranciájára. Nem a magas elemszám volt a fontos, hiszen itt nem csapatok vagy csoportok, hanem az egyéni, a sportoló önmagához mért fejlődése volt a kulcs. Fontos kiemelni, hogy a kapusok heti két alkalommal, hat héten keresztül folyamatosan részt vettek a tréningen és az azt megelőző, illetve kontroll méréseken. Ez is mutatja, hogy kiemelt figyelmet kap a mérések során a rendszeresség, illetve, hogy egyénre szabott fejlesztésről van szó. Az eredményeket összegezve, a pilot mérés során a kapusok mentális keménységének eredményei, a pszichofiziológiai mutatók értékei javuló tendenciát mutatnak és az arousal szint meghosszabbításának szempontjából is hasznos volt a tréning. Azonban statisztikailag az alacsony elemszám miatt szignifikáns különbséget nem találtam, így egyelőre számomra ellentmondásos a neurofeedback tréning hatékonysága a teljesítmény javulásának

szempontjából. A kapusokkal a kontroll mérést követően kitöltettem egy négy kérdésből álló kérdőívet, melyben 5 fokú Likert- skálán kellett értékelniük a tréning hatását, a saját magukon észlelt változásokat követően (10. ábra).



10. ábra: A neurofeedback tréning értékelése a sportolók szubjektív véleménye alapján

Forrás: Saját Forrás

A szubjektív értékítéletük alapján, mindkét kapus többnyire egyetértett (mely a Liket-skála 4. értéke) a tréning hasznosságával.

A védési hatékonyságot mérkőzés statisztika alapján elemeztem, viszont mivel ez nem csak a kapus teljesítményétől függ, hanem a védelem hatékonyságától, az adott mérkőzésen kapott játékpercektől és ezáltal az ellenféltől is, így – mint ahogyan mérkőzés statisztika esetében elmondható, hogy nem ad teljes, átfogó képet - ez nem szolgál reális megerősítésként a program eredményességét illetően.

Következtetés: Összességében a kapott eredmények alapján elmondható, hogy sportolók paraméterei a 6 hetes programot követően javultak, viszont számos kérdés merül fel akörül, hogy a teljesítmény pozitív alakulása valóban a tréningnek köszönhető-e. A tréning, mint edzésmódszer hasznos, viszont szükség van további fejlesztésekre és pontosításokra a protokollt illetően. A teamflow „wavetree” programját választottam a 6 hetes gyakorlásra, mert a fejlesztők által ez a program volt hitelesítve, az általam vizsgált paraméterekre. A jövőbeli kutatások során ajánlott lehet a tréning többszöri és hosszabb idejű alkalmazása, illetve akár a közvetlen mérkőzések előtti hasznának a vizsgálata. Mindemellett, szükséges a sportolói elemszám növelése is a további kutatások végrehajtásához.

Irodalomjegyzék

Bakos I., Bartalos B., Bíró I., Dr. Hoffmann L., Szathmári J., Dr. Marczinka Z. (2019). Magyar Kézilabda Szövetség: Kézilabda kapusok képzése, edzése és felkészítése.

Balconi M., Fronda G., & Vanutelli M. E. (2019). A gift for gratitude and cooperative behavior: brain and cognitive effects. Soc. Cogn. Affect. Neurosci. 14, 1317–1327. 10.1093/scan/nsaa003

Balogh L., Molnár A., Jenei Z., Nábrády Zs., Ráthonyi G., Szilágyi R., Balogh P. (2015): Bevezetés a sportdiagnosztikába. *Campus Kiadó, Debrecen*.

Balogh L., Petrovszki Z., Mikulán R., Nagy A., Dorka P., & Molnár A. (2016). Akut pszichés stressz mérésére alkalmas, a gasztrointesztinális rendszer motilitásán alapuló diagnosztikai eszköz tesztelésének eredményei. In: Molnár A.; Balogh L.; Viorel A. P.; Alattyányi I.; Győri F. (szerk.) SPORTTUDOMÁNYI KALEIDOSZKÓP: Sportszakmai tanulmány-, és szakcikk gyűjtemény Szeged, Magyarország: Szegedi Tudományegyetem Juhász Gyula Pedagógusképző Kar, 70-86.

Bazanova, O. (2012). Comments for Current Interpretation EEG Alpha Activity: a Review and Analysis. In: Journal of Behavioral and Brain Science, 2:239-248. https://doi.org/10.4236/jbbs.2012.22027

Bicskei B. Utánpótlás labdarúgók felkészítése. Aréna 2000 - Sportfutár, Budapest, 1997: 103-129.

Cheron, G., Petit, G., Cheron, J., Leroy, A., Cebolla, A., Cevallos, C., ... & Dan, B. (2016). Brain oscillations in sport: toward EEG biomarkers of performance. *Frontiers in psychology*, *7*, 246.

Connaughton, D., Wadey, R., Hanton, S., & Jones, G. (2008). The development and maintenance of mental toughness: Perceptions of elite performers. Journal of Sports Sciences, 26, 83–95.

Csíkszentmihályi, M. (2004): Flow – Az áramlat. A tökéletes élmény pszichológiája. Akadémiai Kiadó, Budapest.

De Brito, M. A., Fernandes, J. R., Esteves, N. S. A., Müller, V. T., Alexandria, D. B., Pérez, D. I. V., ... & Miarka, B. (2022). The Effect of Neurofeedback on the Reaction Time and Cognitive Performance of Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, *16*.

Fletcher, D., Hanton, S., & Mellalieu, S. D. (2008). *An organizational stress review: Conceptual and theoretical issues in competitive sport*. New York, NY: Nova Science Publishers.

Gáspár, M. (2003): A szorongásosság elméletei és faktorai. Retrieved October 20, 2015, from http://www.jgytf.uszeged.hu/tanszek/pszichol/Gasparmihaly/harmadikeloadasra-2005- 11-22/gm-bev-(ea)-a-szemelyiseg-vonaselmelete--2005-06.pdf

Gong A, Gu F, Nan W, Qu Y, Jiang C and Fu Y (2021) A Review of Neurofeedback Training for Improving Sport Performance From the Perspective of User Experience. Front. Neurosci. 15:638369. doi: 10.3389/fnins.2021.638369

Gucciardi, D. F., Gordon, S., & Dimmock, J. A. (2009). Development and preliminary validation of a mental toughness inventory for Australian football. Psychology of Sport and Exercise, 10(1), 201–209.

Gould, D., Hodge, K., Peterson, K., & Petlichkoff, L. (1987). Psychological foundations of coaching: Similarities and differences among intercollegiate wrestling coaches. *The Sport Psychologist*, *1*(4), 293-308.

Hanin, Y. L. (2000). Individual Zones of Optimal Functioning (IZOF) Model: Emotion-performance relationship in sport.

Herrmann, C. S.–Lenz, D.–Junge, S.–Busch, N. A.–Maess, B. (2004). Memory-matches evoke human gamma-responses. In: BMC Neurosci. 5, 13.

Hodge, K. (1994). Mental toughness in sport: lessons for life. (The pursuit of personal excellence!). *New Zealand Journal of Health, Physical Education & Recreation*, *27*(2), 12-16.

Klimesch, W.–Schimke, H. - Schwaiger, J. (1994). Episodic and semantic memory: an analysis in the EEG theta and alpha band. In: Electroenceph Clin Neurophysiol, 91:428–441.

Jensen, O.–Kaiser, J.–Lachaux, J. P. (2007). Human gamma-frequency oscillations associated with attention and memory. In: Trends Neurosci. 30, 317–324

Mirifar, A., Beckmann, J., & Ehrlenspiel, F. (2017). Neurofeedback as supplementary training for optimizing athletes' performance: A systematic review with implications for future research. Neuroscience and biobehavioral reviews, 75, 419–432. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.02.005

M.Q. Xiang, X.H. Hou, B.G. Liao, J.W. Liao, M. Hu. (2018). The effect of neurofeedback training for sport performance in athletes: A meta-analysis. Psychology of Sport and Exercise, 36, pp. 114-122

Müller, M. M.–Keil, A. (2004). Neuronal synchronization and selective color processing in the human brain. J. Cogn. Neurosci. 16, 503–522.

Nagy, A., Almási, D., & Balogh, L. (2016). Effects of acute psychological stress measurement in sports-EGIG, an innovative method to state stress response objectively. *Arena: Journal of Physical Activities*, (5).

Németh, K., & Balogh, L. (2020). THE RELATIONSHIP BETWEEN AROUSAL ZONE, ANXIETY, STRESS AND SPORTS PERFORMANCE. *Stadium - Hungarian Journal of Sport Sciences, 3(2). https://doi.org/10.36439/SHJS/2020/2/8603*

Paret, C., Goldway, N., Zich, C., Keynan, J. N., Hendler, T., Linden, D., & Kadosh, K. C. (2019). Current progress in real-time functional magnetic resonance-based neurofeedback: methodological challenges and achievements. *NeuroImage*, *202*, 116107.

Park, J. L., Fairweather, M. M., & Donaldson, D. I. (2015). Making the case for mobile cognition: EEG and sports performance. Neuroscience and biobehavioral reviews, 52, 117–130. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.02.014

Perrey, S., & Besson, P. (2018). Studying brain activity in sports performance: Contributions and issues. Progress in brain research, 240, 247–267. https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.07.004

Pribék, I. K., Szűcs, K. F., Süle, M., Grosz, G., Ducza, E., Vigh, D., ... & Andó, B. (2021). Detection of acute stress by smooth muscle electromyography: A translational study on rat and human. *Life Sciences*, *277*, 119492.

Pucsok J. M., Lenténé, Puskás A., Perényi, G., Varga, K., Bácsné Bába É., & Balogh L. (2018). A Multi-Disciplinary Examination Of Psycho-Physiological Performance Among Youth And Junior Ball Sport Athletes – Systematic Review, Exercise Medicine 2 (2), 1-6.

Rostami, R., Sadeghi, H., Karami, K. A., Abadi, M. N., & Salamati, P. (2012). The effects of neurofeedback on the improvement of rifle shooters' performance. *Journal of Neurotherapy*, *16*(4), 264-269.

Selye, J. (1976): Stressz distressz nélkül. Akadémiai Kiadó, Budapest

Selye, J. (1978): Életünk és a stressz. Akadémiai Kiadó, Budapest

Sheard, M., Golby, J., & Van Wersch, A. (2009). Progress toward construct validation of the Sports Mental Toughness Questionnaire (SMTQ). *European Journal of Psychological Assessment*, *25*(3), 186.

Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., ... & Sulzer, J. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, *18*(2), 86-100.

Szűcs KF, Grosz G, Süle M, Sztojkov-Ivanov A, Ducza E, Márki A, Kothencz A, Balogh L, Gáspár R. Detection of stress and the effects of central nervous system depressants by gastrointestinal smooth muscle electromyography in wakeful rats. Life Sci. 2018 Jul 15;205:1-8. doi: 10.1016/j.lfs.2018.05.015. Epub 2018 May 7. PMID: 29746845.

Tallon-Baudry, C.–Bertrand, O.–Henaff, M. A.–Isnard, J.–Fischer, C. (2005). Attention modulates gamma-band oscillations differently in the human lateral occipital cortex and fusiform gyrus. In: Cereb. Cortex. 15, 654–662.

Torma, E. P., & Balogh, L. (2021). BREAKABLE PERFORMANCE - THE ROLE OF MENTAL TOUGHNESS IN ELITE SPORT, INTERNATIONAL OUTLOOK. *Stadium - Hungarian Journal of Sport Sciences*, *4*(1). https://doi.org/10.36439/shjs/2021/1/9498

Torma, E. P., Bíró, E., Makra, G., & Balogh, L. (2022). THE RELATIONSHIP BETWEEN MENTAL TOUGHNESS AND FREE THROW AMONG ELITE YOUTH BASKETBALL PLAYERS. *Stadium - Hungarian Journal of Sport Sciences*, *5*(1). https://doi.org/10.36439/shjs/2022/1/11324

Zaichkowsky, L. D., & Naylor, A. H. (2004). Arousal in sport. *Encyclopedia of applied psychology*, *1*, 155-161.

Lezárás dátuma: 2023. 01. 15.