

2024. NOVEMBER 1.

VERSENYNAP(OK) LOKOMOTOROS
TERHELÉSÉNEK HATÁSA A
KERINGÉSI RENDSZERRE ELIT
EVEZŐSÖKBEN
VERSENYSPORT, PARASPORT

PREUSSBERGER NÓRA
ELTE SEK PPK SPORTTUDOMÁNYI INTÉZET
9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4.
Témavezető: Dr. Ihász Ferenc

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	3
MÓDSZEREK, VIZSGÁLT SZEMÉLYEK	4
1 TÁBLÁZAT A VIZSGÁLATBA BEVONT VERSENYZŐK, HÁROM VERSENYNAP SORÁN TELJESÍTETT VERSENYSZÁMAI	4
1. ÁBRA EGY VERSENYZŐ ÖSSZES VERSENYSZÁMBAN RÖGZÍTETT PULZUSMINTÁZATA	5
STATISZTIKAI ELEMZÉS.....	6
EREDMÉNYEK.....	6
2. ÁBRA UGRÁS MAGASSÁGA [CM] (A, B), UGRÁS KÖZBEN LEADOTT ERŐ [N] (C, D) -UTÁNA-ELŐTTE KÜLÖNBSÉGE....	7
3. ÁBRA „DAILY WELLNESS QUESTIONNAIRE” A HÁROM VERSENYNAP, MINDEN REGGELÉN ADOTT VÁLASZOK EREDMÉNYEI	7
KÖVETKEZTETÉSEK	8
LIMITÁCIÓK	9
FELHASZNÁLT IRODALOM	10

BEVEZETÉS

Fizikai aktivitásnak minősül minden olyan testmozgás, ami a vizsgált energiafelhasználást, amely a vázizomzat összehúzódásából ered és a nyugalmi anyagcserét 3,5 ml/kg/perc, vagy 1 metabolikus egyenérték (MET) fölé emeli ([Caspersen, C. J et al., 1985](#)). A sportmozgásokat az intenzitás (alacsony, közepes, magas), továbbá a mozgásvilágában megjelenő dinamikus és statikus elemek szerint csoportosítják. A „dinamikus” jelző a nagy izomcsoportok rendszeres összehúzódását igénylő állóképességi tevékenységekre utal. Ezt, a tevékenység elvégzéséhez szükséges maximális aerob teljesítmény – másképp kifejezve: a maximális oxigénfelvétel – relatív, százalékban megadott aránya jellemzi ([Martinez, M. et al, 2021](#)). A kritikus teljesítmény a sportoló maximális fizikai és mentális kapacitásának kihasználásával nyújtott optimális teljesítmény. Meghatározható a fizikai erő- és állóképességgel (az aerob és anaerob kapacitás), a technikai készségekkel (a helyes technika és mozgáskompetencia) és a mentális erőfeszítés (a fizikai feladatok során elengedhetetlen) mértékével ([Mäestu, J. et al., 2005](#), [Soper, C. and Hume, P, 2004](#), [Herrebrøden et al., 2023](#)). Fő fiziológiai meghatározója az oxigén, hiszen a legtöbb anyagcsere folyamathoz nélkülözhetetlen ez az elem. Terhelés közben számos különböző szöveti rendszernek meg kell növelnie anyagcseréjét. Minden szöveti rendszernek saját kritikus teljesítménye van, így például a szív- és a légzőrendszernek és a különböző izmoknak vagy izomcsoportoknak is ([Santamaria LJ, Webster KE. 2010](#)). A szívizom rendelkezik a legnagyobb kritikus teljesítménnyel a maximális teljesítményéhez viszonyítva, mert itt a legrövidebb a diffúziós távolság ([Borresen, J., & Lambert, M.I. 2007](#)). A magas dinamikus komponensű sportágaknál, így az evezésnél is, nem meglepő tényező az izomzat fáradása. Az izomfáradtság összetett, sokrétű jelenség, és leggyakrabban úgy határozzák meg, hogy az izom hosszan tartó használata után nem képes fenntartani a kívánt erőszintet ([Davis JM., 1995](#), [Latash, Danion Bonnard, 2003](#)). Az akaratlagos fáradáshoz hozzájáruló tényezők lehetnek perifériások, centrálisak vagy mindkettő. Az izom és az agy elkülönítése külön vizsgálatokban csak részleges megértést nyújthat a fáradtság kialakulásának hátterében álló mechanizmusokról. Az izomfáradtság számszerűsítésére szolgáló hagyományos ergonómiai értékelések a perifériás biomechanikai, izom- és fiziológiai válaszokra korlátozódnak, azaz a testre összpontosítanak. A fáradtságot gyakran mindenütt jelenlévő, multifaktoriális és összetett jelenségeként írják le, amelyet kollektív és szövetspecifikus szempontból kell vizsgálni. Gyakran a teljesítmény visszaeséséhez vezet. A kapcsolódó kutatások a maximális akaratlagos erőfeszítés csökkenéseként definiálják. Az edzések és a versenyek során kialakuló fáradtság vagy neuromuszkuláris fáradtság befolyásolja a test összetételét, az anyagcserét, a

teljesítményt, továbbá a mentális állapotot. Kétfajta fáradtságot különíthetünk el egymástól: fizikai és mentális ([Schiphof-Godart L. et al., 2018](#)). A fizikai fáradtság az intenzív edzés és/vagy versenyzés következtében kialakuló állapot, amely az anyagcsere változásai (nyugalmi anyagcsere és testzsír csökkenése) miatt a teljesítmény csökkenéséhez is vezethet. A mentális fáradtság a hosszú ideig tartó kognitív tevékenység okozta pszichobiológiai állapot. A sportolók koncentráció, motiváció és teljesítmény béli visszaesést tapasztalhatnak. ([Russell, S. et al., 2019](#), [Russell, S. et al., 2023](#), [Sun et al., 2021](#)). A vizsgálat, során azt szeretném bizonyítani, hogy a versenynapok előrehaladtával, a folyamatos terhelésre adott válaszreakcióként a testben fáradtság alakulhat ki. Gyakori, hogy ez a jelenség nem csak fáradtsággént jelenik meg az élsportolók körében, hanem az ideg-izom kapcsolatok teljesítőképességének visszaesésében is, ami befolyásolja a regenerációs képességet és az optimális teljesítményt.

A vizsgálat célja a sorozatterhelés okán létrejövő fáradtság igazolása a robbanékony erő kifejtés és szubjektív vélemények, alapján.

MÓDSZEREK, VIZSGÁLT SZEMÉLYEK

A vizsgálatot „Magyarország 2023. évi Felnőtt, Utánpótlás, Para, Amatőr és Masters Evezős Országos Bajnokságán” végeztük, összesen 12 versenyző (21.25 ± 2.31 éves), hét nő (22.41 ± 3.21) és öt férfi (20.62 ± 1.64) bevonásával a Szegedi Nemzeti Kajak-Kenu és Evezős Olimpiai Központ, Maty-éri pályáján, Szegeden. A négynapos verseny első három napján végeztük a vizsgálatokat. A versenyzők a három nap során elő- és középfutamokban, majd a döntőkben versenyeztek a megadott hajóosztályokban. (1. táblázat).

1 táblázat A vizsgálatba bevont versenyzők, három versenynap során teljesített versenyszámai

nevek	nem	Első nap		Második nap		harmadik nap		Totál	Total	
		reggel	délután	reggel	délután	reggel	délután		reggel+délután	Totál
A. Zs.	2	ns8+ / ns4x	ns8+ / ns4x					4	2	0
S. Zs.	2	ns8+ / ns4x	ns8+ / ns4x					4	2	0
Gy. A.	2	ns8+ / ns4x	ns8+ / ns4x		ns2-			5	3	0
S. K.	2	ns8+	ns8+	nf2-	ni4- / nf2-	ni8+		6	5	1
V. L. L.	2	ns8+	ns8+		ni4-		ni8+	4	4	2
F. F.	2	ns8+	ns8+		ni4-			3	2	1
F. E.	2	ns8+	ns8+	nf2-	ni4- / nf2-	ni8+		6	5	1
S. A.	1	fs4x / fs8+	fs4x / fs8+	fs1x	fs1x	fs4+		7	5	1
V. B.	1	fs4x / fs8+	fs4x / fs8+	fs1x	fs1x	fs4+		7	5	1
G. P. L.	1	fs4x / fs8+	fs4x / fs8+	fs1x	fs1x	fs4+		7	5	1
G. P.	1	fs4x / fs8+	fs4x / fs8+	fs2-	fs2-	fs4+		7	5	1
Cs. Á.	1	fs4x / fs8+	fs4x / fs8+	fs2-	fs2-	fs4+		7	5	1

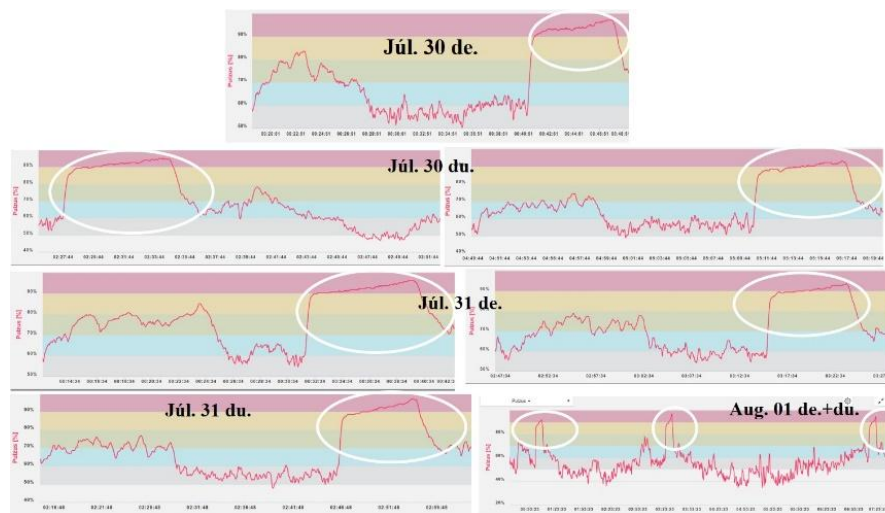
Magyarázatok: NS 1xnői serdülő szkiff, NS 2- női serdülő peroar, NS 4xnői serdülő négy pár, NS 8+női serdülő kormányos nyolcas, NI 4- női ifi négyes, NI 8+női ifi kormányos nyolcas, NF 2-női felnőtt peroar, FS 1xférfi serdülő szkiff,

FS 2-férfi serdülő peroar, FS 4xférfi serdülő kormányos nélküli négy pár, FS 4x+férfi serdülő kormányos négy pár, FS 8+férfi serdülő kormányos nyolcas

A három nap során a versenyzőket a versenyszámok előtt Polar Team Pro® (Polar Electro, Kempele, Finnország) márkájú telemetrikus műszerrel követtük, amely 10 Hz-es integrált GPS-szel és 200 Hz-es MEMS mozgásérzékelővel rendelkezik. A készülékeket egy állítható neoprén pánt segítségével minden résztvevő mellkasának elülső részére szereltük fel, és 60 perccel a verseny megkezdése előtt rögzítettük. Ez az eljárás lehetővé tette a 12 műhold csatlakoztatását és rögzítését, valamint a szoftverrel való szinkronizálást.

1. ábra Egy versenyző összes versenyszámban rögzített pulzusmintázata

Magyarázat: A fehér ellipszissel jelölt területek az egyes versenynapokon teljesített 2000 méteres versenytávok során rögzített,



pulzusszám mintázatokat mutatják.

Az alsó végtagok robbanékonyságát vertikális ugrások során egy erőmérő platón, egy 9281A típusú Kistler (Svájc) mértük, pároslábról történő felugrás (CMJ) során. A méréshez az MVJ v. 3.4. szoftvercsomagot („JBA” Zb. Staniak, Lengyelország) használtuk. Minden személy két függőleges ugrást hajtott végre, a versenyszáma előtt és utána, maximális erővel az erőplatón. A verseny után végrehajtott ugrás eredményéből kivontuk a verseny előtti ugrás eredményét. A CMJ-k között 5 sec. szünet volt. A két kísérlet közül a nagyobb emelkedésével végrehajtott ugrást választottuk ki. Az ugrás előtt a vizsgáltak 5 perces bemelegítést végeztek, amely könnyű gyakorlatokból állt (pl. futás, kar-, csípő- és törzskörzés, guggolás, majd nyújtó gyakorlatok), majd 2 perces szubmaximális bemelegítést végeztek kerékpár-ergométeren (Monark 874 E, Svédország). Arra utasítottuk őket, hogy 50-60 fordulat/perc sebességgel tekerjenek, és tartsák fenn a kb. 150 W-os teljesítményt. A kérdőív „Daily wellness questionnaire” 4 kérdést

tartalmazott az érzékelt energiaszintre, az alvás minőségére, az izmok felkészültségére, a stressz szintjére. Minden kérdést egy ötfokozatú skálán pontoztunk, ahol az 1 és az 5 a rossz, illetve a nagyon jó közérzetet jelentette ([Gastin, P.B., et al., 2013](#)).

STATISZTIKAI ELEMZÉS

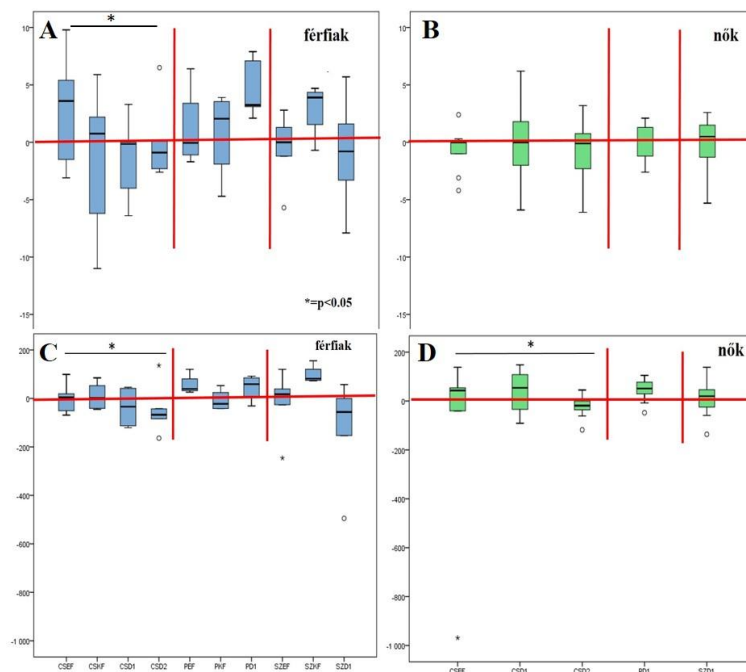
A csoportok közötti átlagértékek összehasonlítására ANOVA-eljárást alkalmaztunk. Az Analysis of Variance (ANOVA) egy statisztikai módszer, amelyet arra használnak, hogy a csoportok közötti átlagokat összehasonlítsák és kiszűrjék a közöttük lévő statisztikailag szignifikáns különbségeket ([Seiler, C. 2019](#)). A wellness kérdőív kérdéseire adott válaszok közötti különbséget Man-Whitney U-teszt módszerével hasonlítottuk össze. A Wilcoxon rangösszeg teszt (Man-Whitney U-teszt módszer) egy nemparaméteres statisztikai módszer. Akkor használjuk, ha a két független csoport közötti adatok különbségei nem követik a normális eloszlást vagy ordinális skálán mérték ([MacFarland, T., & Yates, J. 2016](#)). A statisztikai szignifikancia szintje $p < 0,05$ volt. Az adatelemzéshez a Statistica voer Windows 10.0 v. USA szoftvert használtuk.

EREDMÉNYEK

Az első versenynapon a férfiak négyszer ültek hajóba és négyszer teljesítették a 2000 méteres távot, míg a nők háromszor versenyeztek ugyanazon távon. Az előfutam előtt-után a felugrások magasságának a különbsége a pozitív tartományban látható. A medián és a kettes kvartilis távolsága megnőtt és a nulla érték alá került. A középfutam medián értéke megközelítette a nullát és a kettes kvartilis a -5 alá csökkent. Az első döntő medián értéke a negatív tartományba került. A második döntő medián értéke -1 alá került, minimális szórással. Szignifikáns különbséget az előfutam és a második döntő mediánjai között találtunk $CSEF_{um}-CSD2_{um}=3.89\pm2.63-1.26\pm0.26$; ($p<0.003$) (2/A ábra). A férfiak pénteki és a szombati ugrás eredményeinek mediánjai a pozitív tartományban voltak, kivétel ez alól a szombati döntő. A nők csütörtöki, pénteki és szombati ugrás teljesítményei között különbséget nem találtunk (2/B ábra). Ami az ugrás közben leadott erő mediánok mintázatát illeti a férfiak között, szignifikáns különbséget a csütörtöki előfutam és a második döntő eredményei között találtunk $CSEF_{erő}-CSD2_{erő}=47.31\pm13.86 - (-)145.62\pm26.4$; ($p<0.033$) (2/C ábra). A nők között szintén

szignifikáns különbséget találtunk csütörtöki előfutam és a döntő között $CSEFN_{erő} - CSD2N_{erő} = 43.21 \pm 17.46 - (-)27.58 \pm 13.61$; ($p < 0.017$) (2/D ábra).

2. ábra Ugrás magassága [cm] (A, B), ugrás közben leadott erő [N] (C, D) -utána-
előtte különbsége

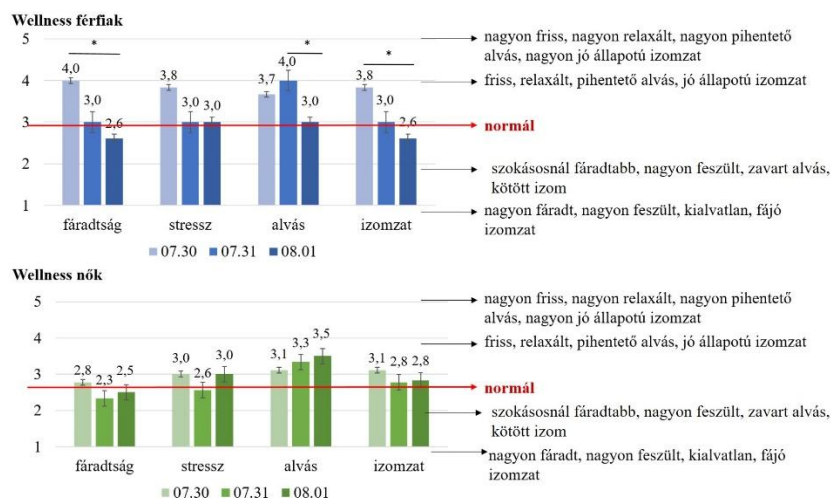


Magyarázat: CSEF=csütörtöki előfutam, CSKF=csütörtöki középfutam, CSD1=csütörtöki 1. döntő, CSD2=csütörtöki 2. döntő, PEF=pénteki előfutam, PKF=pénteki középfutam, PD=pénteki döntő, SZEf=szombati előfutam, SZKF=szombati középfutam, SZD1=szombati döntő, $*=p < 0.05$

3. ábra „Daily wellness questionnaire” a három versenynap, minden reggelén
adott válaszok eredményei

A férfiak első napi válaszaik mind a négy kategóriában a négyes, illetve közel a négyes értékhez voltak közel, ami tehát azt jelenti, hogy „friss, relaxált, pihentető alvás, jó állapotú izomzat” a jellemző. A nők válaszaik minden kategóriában inkább a hármas értékhez voltak közelebb „normál”. A férfiak második napi értékei az alvás kivételével egy értékkel csökkentek. A nők csoportjában néhány tízed csökkenés figyelhető meg, a fáradtság kategóriában (2.3). A harmadik napon a férfiak között a fáradtság és az izomzat minősége csökkent. Szignifikáns különbséget az első és a harmadik nap között találtunk a fáradtságra (1.4) és az izomzat (1.2) minőségére adott válaszok között, illetve az alvás minőségére a második és a harmadik nap

tekintetében (1.0). A nők csoportjában, egyik kategóriában és a napok között sem találtunk valódi különbséget.



Magyarázat: 07. 30.= az első versenynap, 07. 31.= második versenynap, 08.01.= harmadik versenynap.

KÖVETKEZTETÉSEK

Jelen tanulmány az izmok mechanikai tulajdonságainak és neuromuszkuláris aktivitásának akut fáradtság jeleit vizsgálta „Magyarország 2023. évi Felnőtt, Utánpótlás, Para, Amatőr és Masters Evezős Országos Bajnokságának” egymást követő három napján. A CMJ-vel (Countermovement Jump) kapcsolatban különböző mechanikai paramétereket elemeztünk, hogy értékeljük a felugrás erejének változását. Az első nap utolsó versenyzése után, szignifikánsan csökkent a felugrás magassága az első versenyszám utáni eredményhez képest, a férfiak csoportjában, illetve ugyanez igaz a felugrás közben leadott erő esetében is. A nők tekintetében nem találtunk valódi különbséget az akut fáradtság szempontjából. A szubjektív visszajelzések alapján szignifikáns különbséget találtunk az első és a harmadik nap fáradtságra vonatkozó eredményei között, az első nap javára. Az alvásminőség esetében a második és a harmadik nap között, a második nap javára, illetve az izomzat fáradtságára vonatkozóan az első és a harmadik között az első nap javára, szintén a férfiak csoportjában. A fáradtsággal kapcsolatos korábbi vizsgálatokat hagyományosan laboratóriumokban végezték, egyszerű beállítással, például fárasztó dinamikus térdnyújtásokkal, tartós összehúzó mozgásokkal vagy kerékpár-ergométeren végzett teljes sprintekkel. Az ilyen vizsgálatok azonban nem feltétlenül írják le megfelelően a fáradási reakciót. Ezen megfontolásból is vizsgáltuk az evezősöket a három versenynap alatt. Gorostiaga és munkatársai (2006) ennél is összetettebb sportágat vizsgáltak: kézilabda-mérkőzés nagyszámú ismétlődő gyorsulását, sprinteket, ugrásokat,

blokkolást, lökést és gyors mozgásirány-változtatást. Szintén a CMJ felugrás minősítésével jellemezték a mechanikai hatásokat az elfáradás szempontjából. Jelentős teljesítményromlást találtak. Hasonló eredményre jutottak a dán férfi elit kézilabdázók körében végzett vizsgálatok eredményei alapján is, ahol a maximális erő kifejtésének képessége [maximális akaratlagos összehúzódás] (MVC) és a gyors erő kifejtés (az erőfejlődés sebessége - RFD) csökken a kézilabda-mérkőzés során, különösen a lábizmok esetében. A fáradtság eredete perifériás jellegű is lehetett, ahol olyan metabolikus szempontok, mint a glikogén kimerülése, a csökkent intracelluláris pH érték esetleges változásai, is, valószínűsíthetőek ([Fitts, \(2004\)](#)). Nem rendelkezünk azonban olyan mérésekkel, amelyek tisztázhatnák e paraméterek perifériás változásait. További terveink között szerepel a fáradtság becslésének mérése, olyan enzimváltozások mentén, amelyek direkt módon is igazolhatják az akut fáradtság jelenlétét.

LIMITÁCIÓK

A verseny négy napig tartott és ebből mi csak az első három napon követtük a versenyzőket. Elképzelhető, hogy a negyedik nap, a fáradtsággal kapcsolatos eredményei még meggyőzőbbek lettek volna. Tudjuk, hogy a robbanékonyság minőségének romlása, lehet közvetlen eredménye a neuromuszkuláris fáradtságnak, de ez kifejezetten indirekt módon állítható. Követtük a pulzusszám mintázat változásait is, de azok semmilyen módon sem igazolták az akut fáradtság mértékét.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports (1974-), 100*(2), 126–131.
- Martinez, M., Kim, J., Shah, A. et al. Exercise-Induced Cardiovascular Adaptations and Approach to Exercise and Cardiovascular Disease: JACC State-of-the-Art Review. *JACC*. 2021 Oct, 78 (14) 1453–1470.
- Mäestu, J., Jürimäe, J., & Jürimäe, T. (2005). Monitoring of Performance and Training in Rowing. *Sports Medicine*, 35, 597-617.
- Soper, C., & Hume, P. (2004). Towards an Ideal Rowing Technique for Performance. *Sports Medicine*, 34, 825-848.
- Herrebrøden, H., Espeseth, T., & Bishop, L. (2023). Mental Effort in Elite and Nonelite Rowers. *Journal of sport & exercise psychology*, 1-16.
- Santamaria LJ, Webster KE. (2010) The effect of fatigue on lower-limb biomechanics during single-limb landings: A systematic review. *Journal of Orthopedics Sports and Physical Therapy*. 40: 464–473.
- Borresen, J., and Lambert, M.I. (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *European Journal and Applied Physiology*. 101, 503–511.
- Davis, J. M. (1995). Central and peripheral factors in fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 13(sup1), S49–S53.
- Schiphof-Godart L, Roelands B, Hettinga FJ. (2018) Drive in sports: How mental fatigue affects endurance performance. *Frontiers Psychology*. 9: 1383.
- Russell, S., Jenkins, D., Rynne, S., Halson, S., & Kelly, V. (2019). What is mental fatigue in elite sports? Perceptions from athletes and staff. *European Journal of Sport Science*, 19, 1367 - 1376.
- Russell, S., Halson, S., Jenkins, D., Rynne, S., Roelands, B., & Kelly, V. (2023). Thinking About Elite Performance: The Experience and Impact of Mental Fatigue in Elite Sport Coaching. *International journal of sports physiology and performance*, 1-7.
- Sun, H., Soh, K., Roslan, S., Wazir, M., & Soh, K. (2021). Does mental fatigue affect skilled performance in athletes? A systematic review. *PLoS ONE*, 16.
- Gastin, P.B., Meyer, D., Robinson, D. Perceptions of wellness to monitor adaptive responses to training and competition in elite Australian football. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 27:2518-26. 2013.

Seiler, C. (2019). ANOVA. *Springer Reference Medizin*.

Macfarland, T., & Yates, J. (2016). Mann–Whitney U Test., 103-132.

Fitts, P. M. (2004). Perceptual-Motor Skills Learning. In A. W. Melton (Ed.), *Categories of Human Learning* (pp. 243-285). New York, NY: Academic Press.