

Az excentrikus túlterheléssel végzett erőedzés hatása a fiatal kajakosok felső testi erejére

Absztrakt

Bevezetés: Az elmúlt évek során a kajak-kenu sportág felgyorsult és kiélezettebbé vált. Ahhoz, hogy a vezető helyünket megőrizzük elengedhetetlen az új, célzott képességfejlesztési módszerek beépítése a felkészülésbe. Jelenleg mi magyarok vagyunk a legjobb kajak-kenusok, de vajon a legjobban felkészültek is? A modern erőfejlesztés alapja a célzott képességfejlesztés, melynek alappillére a sebesség alapú edzés (VBT), mely eszközrendszerét a kutatásomban a mérésekre használtam. Napjaink egyik legnépszerűbb erőfejlesztő módszere az excentrikus túlterheléses edzés (EO), melynek az állandó ellenálláson, lassított excentrikus Tempóban végrehajtott gyakorlatok hatását vizsgáltam fiatal kajakosok felsőtesti erejére.

Célkitűzés: Céloom a kutatásommal, hogy olyan költség és idő hatékony módszert találjak, mely teljesítmény alapon fokozatosan kiegészítheti és leválthatja a tradicionálisan a kajak-kenuban elterjedt erőfejlesztő módszereket.

Az EO-val végzett Tempó edzés szignifikánsan növeli:

1. a leadott átlagteljesítményt (MP)
2. az átlagteljesítményt testtömegre normalizálva (MPN)
3. az átlagsebességet (MV)
4. a csúcs erőt (PF).

Anyagok és módszerek: Kutatásomban tizenhárom ($n=13$) utánpótlás korú ($16,14 \pm 1,13$ év, $72,2 \pm 6,43$ kg) erőnlétiileg edzett kajakos vett részt. Az első vizsgálat alkalmával VBT eszközzel (Gymaware Flex) felmértem a sportolókat fekvenyomás (FNY) és mellhez húzás (MH) gyakorlatokban. Az első mérést követően a vizsgálati csoport 6 hetes EO alapú edzésprogramot végzett el. A második vizsgálatra az intervenció után került sor. Az adatgyűjtés és rendszerezés a Gymaware Cloudban történt. Az adatokon normalitás vizsgálatot (Shapiro-Wilk W teszt) követően gyakorlatonként és külső ellenállásonként különbségvizsgálatot hajtottam végre.

Eredmények és megbeszélés: A statisztikai próbák eredményeképpen mind a FNY és a MH változói javultak (t - x), a kisebb külső ellenállásokon szignifikánsan ($p < 0.05$) és megfelelő hatásnagysággal ($d > 0.5$).

Összefoglalás: Az eredményeket érdemes kontextusban kezelni, bár a szignifikáns változások csak a kisebb külső ellenállásokon megfigyelhetők, melyek egybeesnek a teljesítmény

2025. január

fejlesztés 1RM-hez viszonyított százalékával (~30-50%). Azonban a sportolók általánosságban több lépcsőt teljesítettek és a becsült 1RM-ek is javultak. A kutatás limitáló tényezői az alacsony elemszám (n=13), valamint a 6 hetes intervenció hossza.

Kulcsszavak: Excentrikus Edzés, Velocity Based Training, Kajak-Kenu

Bevezetés

Napjainkban a modern kajak-kenu jelentősen megváltozott és felgyorsult. Megfigyeléseim szerint az elit szint eléréséhez sokkal komplexebb és szisztematikusabb felkészítés szükséges. Ahhoz, hogy vezető helyünket megőrizzük elengedhetetlen új célzott képességfejlesztési módszerek beépítése a felkészülésbe. Jelenleg mi magyarok vagyunk a legjobb kajak-kenusok, de vajon a legjobban felkészültek is? Az erőnléti edzésben gyakran használt erő és teljesítmény fejlesztő módszer a Velocity Based Training (VBT). A VBT alkalmazható edzés programozásra és monitorozásra (De Hoyo et al 2021), motiváció és versengés növelésére (Weakley et al 2021), az egy ismétléses maximum (1RM) becslésére (Conceição et al 2016), az edzésen belüli neuromuszkuláris fáradtság monitorozására (González-Badillo et al 2017), célzott képesség fejlesztésére (Dorrell et al 2020). Kutatásomban a VBT eszközrendszerét a vizsgálati mérésekre és edzéskontrollra használtam. Az excentrikus túlterheléssel (EO) végzett erő edzés a modern szemléletű erőnléti edzés fontos eleme. Az EO komplexen hat a neuromuszkuláris rendszerre. Erősen hat az izom hipertrófiára (Baroni et al., 2015; Häkkinen et al., 2022; Schoenfeld et al., 2017), azon belül is a 2X típusú izomrostok hipetrófiájára (Burgos-Jara et al., 2023; Franchi et al., 2017; Fridén et al., 1983; Friedmann-Bette et al., 2010). Az EO hatására a 2X típusú izomrostok aktivációja (De Hoyo et al., 2016) figyelhető meg, ami az elsősorban a Post Activity Potential (PAP) hatásnak köszönhető növeli akkutan a sport teljesítményt (Cuenca-Fernández et al., 2019, 2020). A szatellit sejtek aktivációja is emelkedést mutat (Douglas et al., 2017; Wehrstein et al., 2022). Pozitívan hat az erőtermelési kapacitásra, azon belül is az erőfelfutási meredekségre (RFD) (Suarez-Arrones et al., 2018; Brumitt et al., 2015). Csökkenti a neuromuszkuláris gátlást (Aagaard et al., 2000). Növeli a motoros egységek tüzelési frekvenciáját (Suchomel et al., 2019). Az EO-nak különböző típusait használhatjuk erő edzés során. Az EO módszereket csoportosíthatjuk a dinamikai tényezők alapján, illetve az alkalmazott metodika szerint is. Az isokinetikus és isoinerciális (Carroll et al., 2019; Vidmar et al., 2020) géppel végzett excentrikus edzések nagyon hatékonyak, de az eszköz igényük nagy. A váltakozó külső ellenállással végzett excentrikus edzésekhez például súlykioldókat (eccentric hook), láncokat gumiszalagokat használunk ezzel növelve az excentrikus fázis terhelését. Az ilyen jellegű edzéseket alkalmazhatjuk kiterjesztett (AUT) és hangsúlyozott módon (AEL) (Montalvo et al., 2021; Wagle et al., 2017). Amikor a külső ellenállás az 1RM-et meghaladja (szupramaximális terhelés) és a sportolót kizárólag az excentrikus szakaszban terheljük, ezt nevezzük tisztán excentrikus módszernek. Az állandó ellenállással végzett Tempó edzés

lényege, hogy az excentrikus szakasz alatt feszüléssel töltött idővel (TUT) éri el az excentrikus edzés pozitív hatását (Kojić et al., 2021; Mang et al., 2023; Pryor et al., 2011; Wilk et al., 2019).

	Tempó	AUT	AEL	Tisztán excentrikus
Kontrakció	ECC-CON	ECC-CON	ECC-CON	ECC
Intenzitás	IRM 50-80%	IRM 80-100%	IRM 105-120%	IRM 105-120%
Cél	TUT növelése	ECC erő kifejtés növelése	ECC erő kifejtés növelése	ECC szupramaximális terhelés
Feladat	Állandó ellenálláson az ECC tempó lassítása és ezzel a feszüléssel töltött idő(TUT) növelése	Súlykioldóval a submaximális erő kifejtés fejlesztése kapcsolt kontrakcióval	Súlykioldóval a supramaximális erő kifejtés fejlesztése kapcsolt kontrakcióval	Tisztán excentrikus erő kifejtés szupramaximális ellenállással, koncentrikus szakasz nélkül

1. táblázat Az excentrikus edzésmódszerek csoportosítása (Suchomel et al., 2019)

Célkitűzés

Céлом a kutatásommal, hogy olyan költség és idő hatékony módszert találjak, mely teljesítmény alapon fokozatosan kiegészítheti és leválthatja a tradicionálisan kajak-kenuban elterjedt erőfejlesztő módszereket (magas volumenű, alacsony intenzitású köredzések).

Az excentrikus túlterheléssel (EO) végzett Tempó edzés szignifikánsan növeli:

H1 A leadott átlagteljesítményt (MP)

H2 A leadott átlagteljesítményt testsúlyra normalizálva (MPN)

H3 Az átlagsebességet (MV)

H4 A csúcs erőt (PF)

Anyagok és módszerek

Vizsgálati személyek és protokollok: Kutatásomban tizenhárom ($n=13$) utánpótlás korú ($16,14 \pm 1,13$ év, $72,2 \pm 6,43$ kg) edzett a gyakorlatokat ismerő kajakos vett részt. A vizsgálat kezdetén, az első vizsgálat alkalmával VBT eszköz (Gymaware FLEX laser optic device, Kinetic Performance, 3/24 Girrahween St Braddon ACT 2612 AUSTRALIA) segítségével felmértem a sportolók felső testi erejét. Egy lépcsőzetesen emelkedő (+10 kg/lépcső) külső ellenállás mellett kellett fekvenyomás (FNY) és mellhez húzás (MH) gyakorlatokat végezni vízszintes padon, olimpiai rúddal. A gyakorlatokat kontroláltan, szabályosan a koncentrikus fázisban maximális szándékkal gyorsítva kellett végrehajtani. Az adatok gyűjtése és kiértékelése a Gymaware Cloud-on keresztül történt. A vizsgált kulcs változók a következők voltak: Átlagteljesítmény (MP), átlagteljesítmény a testtömegre normalizálva (MPN), átlagsebesség (MV), és csúcs erő (PF).



1. ábra A kutatás lefolyása

Edzésprogram: Az első vizsgálati alkalom után egy 6 hetes edzés intervenció (2.táblázat) összeállítása történt, ahol a felsőtesti erőfejlesztést a felmért két gyakorlatban excentrikus túlterheléssel (EO), lassított excentrikus Tempóval végezték. A Tempó négy ütemű lassított excentrikus fázisra maximális szándékú robbanékony koncentrikus fázis követett (Tempó: 4-X). A Gymaware segítségével egyéni sebesség-erő görbék készültek az egyéni intenzitások megállapításához, melyhez alapul vettem az adott becsült 1RM (predicted 1RM) (Jiménez-Alonso et al., 2022) százalékát, illetve a becsült maximális teljesítmény ponton a külső ellenállás mértékét. A kettő értéket figyelembe véve 5 kilogrammra lefelé kerekítve jelöltem ki a programban a munkasúlyokat. Az edzések kontrollja RPE (session RPE) rendszerrel (McGuigan et al., 2020), illetve randomizált Flex mérésekkel történt, ahol a koncentrikus fázis átlag sebességét és az excentrikus időt figyeltem. Amennyiben a sorozatban nem volt elég vagy túl sok volt a sebesség csökkenés (Velocity Loss), ami a fáradás direkt indikátora (Jukic et al 2023.), illetve túl kevés volt az excentrikus szakaszban töltött idő az ellenállás csökkentése történt. Az edzés program szett számai és a tempó végig fix volt, azonban az ismétlés számok és az ellenállások progresszívan növekedtek. A gyakorlatokat szuperszettben, egy kiegészítő gyakorlattal végeztük, az idő optimális kihasználása miatt, a pihenő idő szettek között sztenderd

3' perc volt. A gyakorlat sor előtt sztenderd mobilizáló és aktivizáló gyakorlatsort végeztünk, különös tekintettel a fő gyakorlatok előkészítésére. Az intervenciós edzés program után 1 hét szuperkompenzációs pihenő (Deload) után megtörtént az első vizsgálat sztenderdje alapján a vissza mérés.

	1. Edzésnap	2. Edzésnap (1. Edzésnap+2 nap)
1. Hét	A1 Fekvenyomás 4x4 @65% tempó 4-x A2 Gumiszalag széthúzás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x4 @65% tempó 4-x B2 Plankból kinyúlás 4x10	A1 Fekvenyomás 4x4 @65% tempó 4-x A2 Gumiszalag széthúzás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x4 @65% tempó 4-x B2 Miniband kirotáció 4x10
2. Hét	A1 Fekvenyomás 4x6 @65% tempó 4-x A2 Hanyattfekvésben rövid híd 4x10 B1 Mellhez húzás 4x6 @65% tempó 4-x B2 Fekvőtámaszban vállérintés 4x10	A1 Fekvenyomás 4x6 @65% tempó 4-x A2 Hanyattfekvésben rövid híd 4x10 B1 Mellhez húzás 4x6 @65% tempó 4-x B2 Fekvőtámaszban vállérintés 4x10
3. Hét	A1 Fekvenyomás 4x8 @65% tempó 4-x A2 Oldalplankból oldaplankbe fordulás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x8 @65% tempó 4-x B2 Miniband kirotáció 4x10	A1 Fekvenyomás 4x8 @65% tempó 4-x A2 Oldalplankból oldaplankbe fordulás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x8 @65% tempó 4-x B2 Miniband kirotáció 4x10
4. Hét	A1 Fekvenyomás 4x4 @70% tempó 4-x A2 Gumiszalag széthúzás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x4 @70% tempó 4-x B2 Plankból kinyúlás 4x10	A1 Fekvenyomás 4x4 @70% tempó 4-x A2 Gumiszalag széthúzás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x4 @70% tempó 4-x B2 Plankból kinyúlás 4x10
5. Hét	A1 Fekvenyomás 4x6 @70% tempó 4-x A2 Hanyattfekvésben rövid híd 4x10 B1 Mellhez húzás 4x6 @70% tempó 4-x B2 Fekvőtámaszban vállérintés 4x10	A1 Fekvenyomás 4x6 @70% tempó 4-x A2 Hanyattfekvésben rövid híd 4x10 B1 Mellhez húzás 4x6 @70% tempó 4-x B2 Fekvőtámaszban vállérintés 4x10
6. Hét	A1 Fekvenyomás 4x8 @70% tempó 4-x A2 Oldalplankból oldaplankbe fordulás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x8 @70% tempó 4-x B2 Miniband kirotáció 4x10	A1 Fekvenyomás 4x8 @70% tempó 4-x A2 Oldalplankból oldaplankbe fordulás 4x10 B1 Mellhez húzás 4x8 @70% tempó 4-x B2 Miniband kirotáció 4x10

2. táblázat Az EO alapú Tempó edzés program periodizációja

Statisztika: A második vizsgálati alkalom után az eredmények a Gymaware Cloudban kerültek rendszerezésre. A nyers adatok exportálása után a statisztikai próbák a Jasp Stats (v 0.19.1) programban lettek végre hajtva. Mivel a vizsgálat kis elemszámú (n=13) az adatok normális eloszlásának vizsgálatára a Shapiro-Wilk tesztet alkalmaztam. Ezt követően Párosított T-próbák elvégzése következett gyakorlatonként és külső ellenállásonként. A próbák eredményeit táblázatokba és vonal diagrammokba rendeztem.

Eredmények és megbeszélés

A normalitás vizsgálat (Shapiro- Wilk teszt) eredménye alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált változók gyakorlatonként és külső ellenállásonként rendre normális eloszlást mutatnak ($p>0.05$). A párosított T-próbák eredménye képen megállapítható, hogy a legtöbb változó esetében pozitív változást okozott az intervenció (**t: -x**).

Paired Samples T-Test Bench Press 30 kg

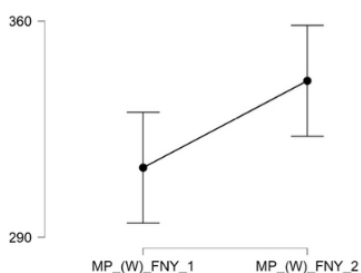
Paired Samples T-Test							
Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d	SE Cohen's d
MP_(W)_FNY_1	-	MP_(W)_FNY_2	-2.552	8	0.034	-0.851	0.167
MPN_(W/kg)_FNY_1	-	MPN_(W/kg)_FNY_2	-0.834	8	0.428	-0.278	0.181
MV_(m/s)_FNY_1	-	MV_(m/s)_FNY_2	-2.522	8	0.036	-0.841	0.135
PF_(N)_FNY_1	-	PF_(N)_FNY_2	-1.925	8	0.090	-0.642	0.152

Note. Student's t-test.

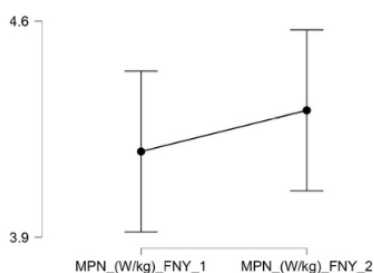
Descriptives

Descriptives Plots

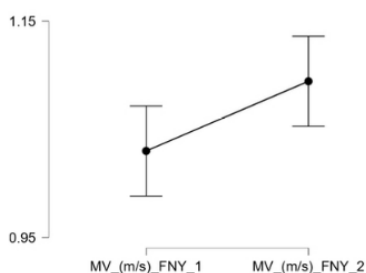
MP_(W)_FNY_1 - MP_(W)_FNY_2



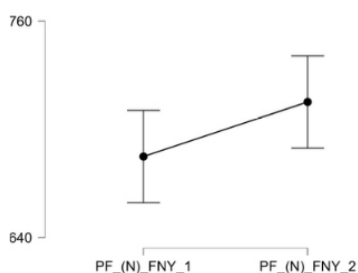
MPN_(W/kg)_FNY_1 - MPN_(W/kg)_FNY_2



MV_(m/s)_FNY_1 - MV_(m/s)_FNY_2



PF_(N)_FNY_1 - PF_(N)_FNY_2



2. ábra A fekvőnyomás 30 kg-os eredményei

Paired Samples T-Test Bench Pull 40kg

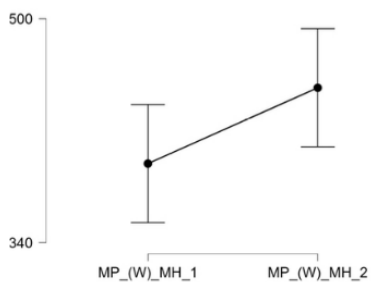
Paired Samples T-Test							
Measure 1		Measure 2	t	df	p	Cohen's d	SE Cohen's d
MP_(W)_MH_1	-	MP_(W)_MH_2	-2.022	10	0.071	-0.610	0.262
MPN_(W/kg)_MH_1	-	MPN_(W/kg)_MH_2	-0.916	10	0.381	-0.276	0.408
MV_(m/s)_MH_1	-	MV_(m/s)_MH_2	-1.792	10	0.103	-0.540	0.281
PF_(N)_MH_1	-	PF_(N)_MH_2	-2.204	10	0.052	-0.665	0.383

Note. Student's t-test.

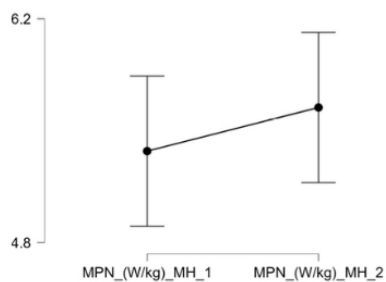
Descriptives

Descriptives Plots

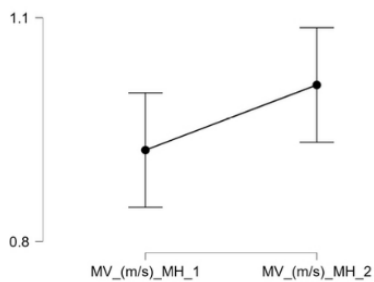
MP_(W)_MH_1 - MP_(W)_MH_2



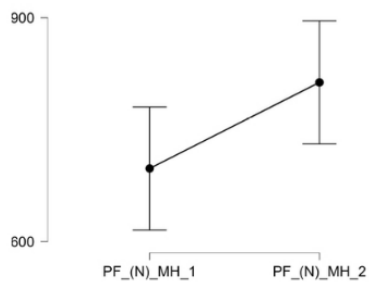
MPN_(W/kg)_MH_1 - MPN_(W/kg)_MH_2



MV_(m/s)_MH_1 - MV_(m/s)_MH_2



PF_(N)_MH_1 - PF_(N)_MH_2



3. ábra A mellhez húzás 40 kg-os eredményei

Kivételt jelent ez alól a Mean Power (MP) 20 kg mellhez húzáson (MH), Mean Power Normalised (MPN) fekve nyomás (FNY) 40 kg és mellhez húzás (MH) 50 és 60 kg, valamint a Peak Force (PF) fekvenyomáson 20 kg ellenálláson.

Gyakorlat/ ellenállás	Mean Power (MP)	Mean Power Normalised (MPN)	Mean Velocity (MV)	Peak Force (PF)
FNY/20kg	-2,354	-2,870	-0,824	3,157
FNY/30kg	-2,552	-0,834	-2,522	-1,925
FNY/40kg	-0,238	0,684	-0,883	-1,057
FNY/50 kg	-1,378	-1,229	-1,335	-2,203
FNY/60kg	-2,322	-1,838	-2,397	-1,327
FNY/70kg	-1,637	-1,076	-1,605	-0,024
MH/20kg	-2,956	-4,634	-2,228	-0,096
MH/30kg	-2,843	-2,226	-3,530	-3,239
MH/40kg	-2,022	-0916	-1,792	-2,204
MH/50kg	-1,955	0,288	-1,742	-1,068
MH/60kg	0,026	1,435	-0,470	-0,226
MH/70kg	-0,491	-0,424	-0,576	-0,860
MH/80kg	-1,833	-0,248	-1,886	-0490
MH/90kg	-0,756	-1,379	-0,693	-1,320

3. táblázat A T-próbák eredménye (t-érték)

Szignifikancia elemzésnél az eredmények már sokkal árnyaltabbak. Szignifikáns változást ($p < 0.05$) leginkább az alacsonyabb ellenállások értékei hoztak, mind a fekve nyomás és mellhez húzás gyakorlatban.

Gyakorlat/ ellenállás	Mean Power (MP)	Mean Power Normalised (MPN)	Mean Velocity (MV)	Peak Force (PF)
FNY/20kg	0,046	0,021	0,034	0,013
FNY/30kg	0,034	0,428	0,036	0,090
FNY/40kg	0,818	0,513	0,403	0,322
FNY/50 kg	0,217	0,265	0,230	0,070
FNY/60kg	0,059	0,116	0,054	0,233
FNY/70kg	0,162	0,331	0,169	0,982
MH/20kg	0,014	<0,001	0,050	0,925
MH/30kg	0,017	0,050	0,005	0,009
MH/40kg	0,071	0,381	0,103	0,052
MH/50kg	0,079	0,780	0,112	0,311
MH/60kg	0,980	0,195	0,652	0,828
MH/70kg	0,639	0,685	0,582	0,418
MH/80kg	0,126	0,814	0,118	0,645
MH/90kg	0,529	0,302	0,560	0,318

4. táblázat A T-próbák szignifikancia szintje (p-érték)

A hatás nagyság vizsgálatakor (Cohen féle d érték) alapján a mintáink közepes- erős hatásnagyság értéket mutatnak ($0.4 < d < 0.8$ vagy $0.8 < d$). A szignifikáns változások esetében, amik a kisebb külső ellenállások megfigyelhetők megfelelő hatásnagyság párosul.

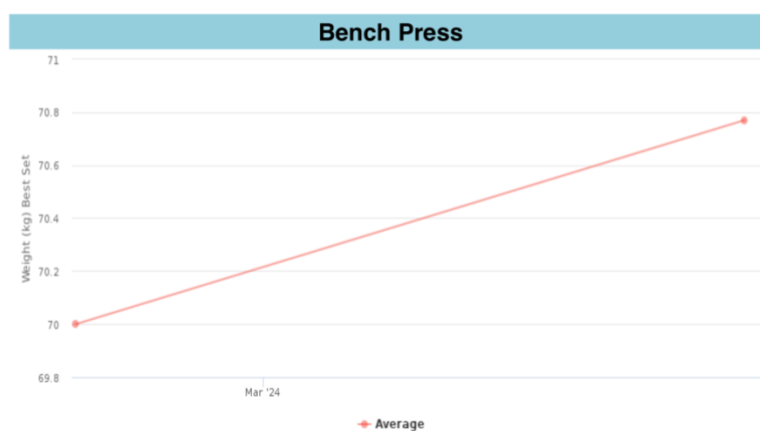
Gyakorlat/ ellenállás	Mean Power (MP)	Mean Power Normalised (MPN)	Mean Velocity (MV)	Peak Force (PF)
FNY/20kg	-0,785	-0,957	-0,275	1,052
FNY/30kg	-0,851	-0,278	-0,841	-0,642
FNY/40kg	-0,079	0,228	-0,294	-0,352
FNY/50 kg	-0,521	-0,465	-0,504	-0,833
FNY/60kg	-0,877	-0,695	-0,906	-0,502
FNY/70kg	-0,668	-0,439	-0,655	-0,010
MH/20kg	-0,891	-1,397	-0,672	-0,029
MH/30kg	-0,857	-0,671	-1,064	-0,976
MH/40kg	-0,610	-0,276	-0,540	-0,665
MH/50kg	-0,589	0,087	-0,525	-0,322
MH/60kg	0,009	0,507	-0,166	-0,80
MH/70kg	-0,173	-0,150	-0,204	-0,304
MH/80kg	-0,748	-0,101	-0,770	-0,200
MH/90kg	-0,436	-0,796	-0,400	-0,762

5. táblázat A T-próbák hatásnagysága (Cohan féle d-érték)

Összefoglalás

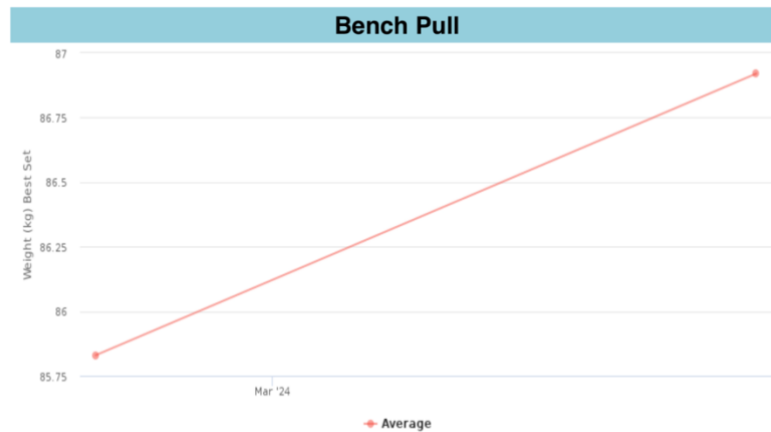
Hipotézisvizsgálat: Az eredmények alapján az edzés intervenciót sikeresnek értékelem. A hipotéziseimet az alacsonyabb külső ellenállásokra nézve (20 és 30 kg) elfogadom, a magasabb külső ellenállásokon (50,60,70,80 és 90 kg) azonban elutasítom. A 40 kg-val végzett gyakorlatok esetében a statisztikai próbák közelítenek a statisztikailag elfogadhatóhoz, de nem érik el azt, melyet az alacsony elemszám okozhat. Az eredményeket azonban érdemes kontextusban kezelni.

Date Range: 14/02/2024 - 11/04/2024



4. ábra A fekvenyomás legjobb szettjének súly átlaga (Gymaware Cloud)

A sportolók közül többen a második vizsgálat alkalmával 1-1 külső ellenállás lépcsővel feljebb jutottak a tesztben. Érdekes lehet a tesztelést +5 kg lépcsőkkel is elvégezni a pontosabb eredmény érdekében. Fontos, ha a teljesítmény alapú fejlesztésre fókuszálunk akkor a fejlődés mértéke az 1RM-hez viszonyítva az alacsonyabb zónákban történik (30-50%) (Thiesfield et al, 2017; Sánchez-Medina et al., 2013) az 1RM-hez %-osan arányított csoport átlagok: 20 kg (29,82% és 22,39%), 30 kg (44,73% és 33,58%) és 40 kg (59,64% és 44,77%). Így a szignifikáns változásokat a dominánsan teljesítmény alapú zónákban produkálták a sportolók. A nagyobb súlyokhoz történő adaptálódáshoz a 6 hetes edzés intervenció kevésnek bizonyulhat, egy hosszabb excentrikus blokk végrehajtása vagy az edzés frekvencia növelése már a magasabb külső ellenállásokon is eredményt hozhat (Burgos-Jara et al., 2023; De Hoyo et al., 2016). Valamint a Gymaware Cloud felületén a szettek legjobb súlyai és a predicted 1RM-ek is javultak.



5. ábra A mellhez húzás legjobb szettjének súly átlaga (Gymaware Cloud)

Limitációk: A kutatás legfőbb limitációja, hogy alacsony elemszámú, viszonylag homogén minta vizsgálata történt. Javasolt a vizsgálatok megismétlése nagyobb elemszámú több csoportból származó vagy több mintás program megismétlése. Az első vizsgálat előtt a sportolók csak egy rövid pilot alkalmon tanulták meg a VBT eszköz használatát, azonban a kutatás során a használatot elsajátították, motivációjuk megnőtt, ez hatással lehetett a második vizsgálati alkalom eredményeire (szisztematikus hiba). A szisztematikus hiba csökkentésére lehetséges a második vizsgálat során randomizált külső ellenállási sorrendben végezni a tesztet, ez azonban a gyakorlatban nehezen kivitelezhető. További limitáció, hogy a mérési eszköz vételi frekvenciája 50Hz, ez vezethet mérési pontatlanságokhoz.

Irodalomjegyzék

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Halkjær-Kristensen, J., & Dyhre-Poulsen, P. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 89(6), 2249–2257. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.89.6.2249>
- Baroni, B. M., Pinto, R. S., Herzog, W., & Vaz, M. A. (2015). Eccentric resistance training of the knee extensor muscle: Training programs and neuromuscular adaptations. *Isokinetics and Exercise Science*, 23(3), 183–198. <https://doi.org/10.3233/IES-150580>
- Brumitt, J., & Cuddeford, T. (2015). CURRENT CONCEPTS OF MUSCLE AND TENDON ADAPTATION TO STRENGTH AND CONDITIONING. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(6), 748–759.
- Burgos-Jara, C., Cerda-Kohler, H., Aedo-Muñoz, E., & Miarka, B. (2023). Eccentric Resistance Training: A Methodological Proposal of Eccentric Muscle Exercise Classification Based on Exercise Complexity, Training Objectives, Methods, and Intensity. *Applied Sciences*, 13(13), 7969. <https://doi.org/10.3390/app13137969>
- Carroll, K. M., Wagle, J. P., Sato, K., Taber, C. B., Yoshida, N., Bingham, G. E., & Stone, M. H. (2019). Characterising overload in inertial flywheel devices for use in exercise training. *Sports Biomechanics*, 18(4), 390–401. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433715>
- Carzoli, J. P., Sousa, C. A., Belcher, D. J., Helms, E. R., Khamoui, A. V., Whitehurst, M., & Zourdos, M. C. (2019). The effects of eccentric phase duration on concentric outcomes in the back squat and bench press in well-trained males. *Journal of Sports Sciences*, 37(23), 2676–2684. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1655131>
- Conceição, F., Fernandes, J., Lewis, M., González-Badillo, J. J., & Jimenéz-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *Journal of Sports Sciences*, 34(12), 1099–1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
- Cuenca-Fernández, F., López-Contreras, G., Mourão, L., De Jesus, K., De Jesus, K., Zacca, R., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Arellano, R. (2019). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 443–451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Teba, A., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020). Effects of 2 Types of Activation Protocols Based on Postactivation Potentiation on 50-m Freestyle Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(11), 3284–3292. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002698>
- De Hoyo, M., Núñez, F. J., Sañudo, B., Gonzalo-Skok, O., Muñoz-López, A., Romero-Boza, S., Otero-Esquina, C., Sánchez, H., & Nimphius, S. (2021). Predicting Loading Intensity Measuring Velocity in Barbell Hip Thrust Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(8), 2075–2081. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003159>
- De Hoyo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., Del Ojo, J. J., & Gonzalo-Skok, O. (2016). Effects of 10-week eccentric overload training on kinetic parameters during change of direction in football players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1380–1387. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1157624>
- Dorrell, H. F., Smith, M. F., & Gee, T. I. (2020). Comparison of Velocity-Based and Traditional Percentage-Based Loading Methods on Maximal Strength and Power Adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(1), 46–53. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003089>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric Exercise: Physiological Characteristics and Acute Responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663–675. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0624-8>
- Franchi, M. V., Reeves, N. D., & Narici, M. V. (2017). Skeletal Muscle Remodeling in Response to Eccentric vs. Concentric Loading: Morphological, Molecular, and Metabolic Adaptations. *Frontiers in Physiology*, 8, 447. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00447>
- Fridén, J., Seger, J., Sjöström, M., & Ekblom, B. (1983). Adaptive Response in Human Skeletal Muscle Subjected to Prolonged Eccentric Training. *International Journal of Sports Medicine*, 04(03), 177–183. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026031>

- Friedmann-Bette, B., Bauer, T., Kinscherf, R., Vorwald, S., Klute, K., Bischoff, D., Müller, H., Weber, M.-A., Metz, J., Kauczor, H.-U., Bärtsch, P., & Billeter, R. (2010). Effects of strength training with eccentric overload on muscle adaptation in male athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 108(4), 821–836. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1292-2>
- Gérard, R., Gojon, L., Declève, P., & Van Cant, J. (2020). The Effects of Eccentric Training on Biceps Femoris Architecture and Strength: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Athletic Training*, 55(5), 501–514. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-194-19>
- González-Badillo, J. J., Yañez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(03), 217–225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Häkkinen, K., Newton, R. U., Walker, S., Häkkinen, A., Krapf, S., Rekola, R., Koponen, P., Kraemer, W. J., Haff, G. G., Blazevich, A. J., Nosaka, K., & Ahtiainen, J. (2022). Effects of Upper Body Eccentric versus Concentric Strength Training and Detraining on Maximal Force, Muscle Activation, Hypertrophy and Serum Hormones in Women. *Journal of Sports Science and Medicine*, 200–213. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.200>
- Jiménez-Alonso, A., García-Ramos, A., Cepero, M., Miras-Moreno, S., Rojas, F. J., & Pérez-Castilla, A. (2022). Velocity Performance Feedback During the Free-Weight Bench Press Testing Procedure: An Effective Strategy to Increase the Reliability and One Repetition Maximum Accuracy Prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(4), 1077–1083. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003609>
- Jukic, I., Castilla, A. P., Ramos, A. G., Van Hooren, B., McGuigan, M. R., & Helms, E. R. (2023). The Acute and Chronic Effects of Implementing Velocity Loss Thresholds During Resistance Training: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Critical Evaluation of the Literature. *Sports Medicine*, 53(1), 177–214. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01754-4>
- Kojić, F., Ranisavljev, I., Ćosić, D., Popović, D., Stojiljković, S., & Ilić, V. (2021). Effects of resistance training on hypertrophy, strength and tensiomyography parameters of elbow flexors: role of eccentric phase duration. *Biology of Sport*, 38(4), 587–594. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.99323>
- Mang, Z., Ronai, P., & Kravitz, L. (2023). The Ultimate Guide for Selecting Repetition Tempos. *ACSM'S Health & Fitness Journal*, 27(3), 26–32. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000814>
- McGuigan, H., Hassmén, P., Rosic, N., & Stevens, C. J. (2020). Training monitoring methods used in the field by coaches and practitioners: A systematic review. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(3), 439–451. <https://doi.org/10.1177/1747954120913172>
- Mike, J., Kerksick, C. M., & Kravitz, L. (2015). How to Incorporate Eccentric Training Into a Resistance Training Program. *Strength & Conditioning Journal*, 37(1), 5–17. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000114>
- Montalvo, S., Gruber, L. D., Gonzalez, M. P., Dietze-Hermosa, M. S., & Dorgo, S. (2021). Effects of Augmented Eccentric Load Bench Press Training on One Repetition Maximum Performance and Electromyographic Activity in Trained Powerlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(6), 1512–1519. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004030>
- Pryor, R. R., Sforzo, G. A., & King, D. L. (2011). Optimizing Power Output by Varying Repetition Tempo. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3029–3034. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820f50cb>
- Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J., Pérez, C., & Pallarés, J. (2013). Velocity- and Power-Load Relationships of the Bench Pull vs. Bench Press Exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35(03), 209–216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D. I., Vigotsky, A. D., Franchi, M. V., & Krieger, J. W. (2017). Hypertrophic Effects of Concentric vs. Eccentric Muscle Actions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2599–2608. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001983>
- Suarez-Arrones, L., Saez De Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., Maldonado, R. A., Torreno, N., & Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PLOS ONE*, 13(10), e0205332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332>

- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., & Stone, M. H. (2019). Implementing Eccentric Resistance Training—Part 1: A Brief Review of Existing Methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(2), 38. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>
- Thiesfield, K. & Lovell, D. I. (2017). Optimal Load for Peak Power Output on the Bench Press Exercise in Trained Individuals. 25(1), 14–18.
- Tøien, T., Pedersen Haglo, H., Unhjem, R., Hoff, J., & Wang, E. (2018). Maximal strength training: the impact of eccentric overload. *Journal of Neurophysiology*, 120(6), 2868–2876. <https://doi.org/10.1152/jn.00609.2018>
- Vidmar, M. F., Baroni, B. M., Michelin, A. F., Mezzomo, M., Lugokenski, R., Pimentel, G. L., & Silva, M. F. (2020). Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(5), 424–432. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.07.003>
- Wagle, J. P., Taber, C. B., Cunanan, A. J., Bingham, G. E., Carroll, K. M., DeWeese, B. H., Sato, K., & Stone, M. H. (2017). Accentuated Eccentric Loading for Training and Performance: A Review. *Sports Medicine*, 47(12), 2473–2495. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0755-6>
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000560>
- Wehrstein, M., Schöffel, A., Weiberg, N., Gwechenberger, T., Betz, T., Rittweg, M., Parstorfer, M., Pilz, M., & Friedmann-Bette, B. (2022). Eccentric Overload during Resistance Exercise: A Stimulus for Enhanced Satellite Cell Activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 54(3), 388–398. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002818>
- Wilk, M., Golas, A., Krzysztofik, M., Nawrocka, M., & Zajac, A. (2019). The Effects of Eccentric Cadence on Power and Velocity of the Bar during the Concentric Phase of the Bench Press Movement. *Journal of Sports Science & Medicine*, 18(2), 191–197.

2025. január

Köszönetnyilvánítás:

Szeretném megköszönni a támogatását és segítségét a témavezetőmnek, aki mind elméleti és gyakorlati támogatásával magas színvonalon segítette a pályamunkám elkészülését. Szeretném továbbá megköszönni a Magyar Kajak Kenu Szövetségnek, a Kajak-Kenu Módszertani Központnak, valamint a Kovács Katalin Nemzeti Kajak Kenu Akadémiának a támogatását a projekt megvalósításában.