

OTDK Pályamunka

„A dinamikus és izometriás maximum
erőteszteken mért erőfelfutás meredekségének
kapcsolata a sprintteljesítménnyel”

2023.01.12.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	3
2	Szakirodalmi áttekintés.....	4
3	A kutatás célja	5
4	Anyag és Módszerek	5
4.1	A vizsgálat	5
4.2	A résztvevők	6
4.3	A mérések	6
	<i>Vertikális felugrás teszt</i>	6
	<i>Izometriás maximum teszt</i>	7
	<i>Sprint teszt</i>	9
4.4	Statisztikai elemzések.....	10
5	Eredmények	10
5.1	Leíró statisztika	10
5.2	Összefüggés vizsgálatok.....	12
	<i>A sprintteljesítmény és vertikális felugrási próba</i>	12
	<i>A sprintteljesítmény és az izometriás maximum próba</i>	13
	<i>Vertikális felugrás és izometriás maximum próba</i>	14
6	Megbeszélés	14
7	Konklúzió.....	16
8	Irodalomjegyzék.....	16

1 Bevezetés

Jól ismert az, hogy a robbanékonyerő, avagy a robbanékonyság teljesítmény meghatározó tényező számos egyéni és csapatsportágban (Diker és mtsai., 2021; Herrington és mtsai., 2021). Csapatsportágakban mérkőzéseket dönthet el, hogy éppen ki tud gyorsabban odaérni egy szabad labdára, robbanékonyan irányt változtatni, ezáltal gólt szerezni, gólhelyzetet kialakítani vagy pedig ki tud éppen magasabbra ugrani, amivel így tisztábban fejelni vagy éppen dobni tud. A robbanékonyság jellemzésére több mutatót is használnak a szakemberek, mint például az 5-20m-es sprint teljesítményt, vagy a vertikális felugrások magasságát (Martínez-Valencia és mtsai., 2013; Aksović és mtsai., 2021; Giorgos és mtsai., 2007). Ugyanakkor a robbanékonyerő alapképességének egyik legelterjedtebb mutatója az erőfelfutás meredeksége (RFD - *rate of force development*). Az erőfelfutás meredeksége időegység alatti erőnövekedést jelent (mértékegysége: N/s) (Maffiuletti és mtsai., 2016). Adott időegység alatt minél nagyobb az erő kifejtés, vagy minél rövidebb idő alatt éri el a sportoló maximális erőszintjét, annál nagyobb lesz az RFD értéke, amely jobb robbanékonyagra, robbanékony erőre utal.

Ezt a robbanékonyerő mutatót többféleképpen lehet mérni, dinamikus és statikus próbák során. Dinamikus körülmények között főképpen a maximális vertikális felugrás próbákban mért RFD terjedt el (Hornsby és mtsai., 2017; Wilson és mtsai., 1995), míg statikus körülmények között a maximális izometriás erő próbákban mérhető RFD a leggyakrabban használt mutató napjainkban (Suarez és mtsai., 2019; Merrigan és mtsai., 2020). Kapcsolatát a különböző erőteszteken (pl. függőleges felugrás, egy ismétléses maximum) mért teljesítménnyel több kutatás is vizsgálta már (McGuigan és mtsai., 2008; 2010; West és mtsai., 2011; Miller és mtsai., 2022; Barker és mtsai., 2018) ugyanakkor kapcsolata a sprintelési teljesítménnyel nem teljesen tisztázott. Számos módszertani variáció létezik az RFD meghatározásában és használatában, így többféleképpen értelmezhető mutatóról beszélünk. A kutatás célja megvizsgálni a különböző módon számolt dinamikus és izometriás erőpróbákban mért RFD értékek mértékét, továbbá azok kapcsolatát a sprintteljesítménnyel.

2 Szakirodalmi áttekintés

McGuigan és mtsai. (2008) korábban vizsgálták labdarúgók körében az izometriás tesztekben mérhető RFD kapcsolatát a felugrási magassággal, valamint a dinamikus és izometriás maximális erővel. Nem találtak semmilyen összefüggést az RFD és az erőteszteken mért mutatók és a felugrási magasság között, viszont az egyismétléses maximum (1RM) és a maximális izometriás erő között erős szignifikáns kapcsolatot találtak. Egy további kutatásában (McGuigan és mtsai., 2010) rekreációs sportolóknál erős kapcsolatot találtak az izometriás maximum és az 1RM között, továbbá a felugrási magasság és az 1RM (guggolás, fekvenyomás) között. A robbanékony erő mérésére alkalmazott RFD azonban, itt sem mutatott semmilyen korrelációt egyik mért változóval sem.

Miller és mtsai. (2022) a vertikális felugrási magasság és a maximális RFD kapcsolatát vizsgálták, és azt az eredményt találták, hogy a maximális RFD nem feltétlenül alkalmazható a függőleges felugrás magasságának előrejelzőjeként. Egy másik kutatásban (Barker és mtsai., 2018), labdarúgók körében vizsgálták az excentrikus RFD és a felugrási magasság kapcsolatát, de ők sem találtak összefüggést a két mutató között ($r = 0,097$).

Merrigan és mtsai. (2020) az izometriás felhúzás (IMTP) és az ellenmozgásos felugrás (CMJ) erő-idő görbe adatainak a megbízhatóságát és kapcsolatát vizsgálták. A két erő-idő görbe változóinak többsége elfogadható megbízhatóságot mutatott, ugyanakkor a különböző módon számolt RFD értékek (30 ms – 200 ms szakaszokban) nem bizonyultak megbízhatónak és kapcsolatot sem mutattak egymással, így akár különböző minőségű képességekre utaló RFD-ről is beszélhetünk.

A 30 m-es sprintteljesítmény és különböző módon mért maximális RFD értékek (koncentrikus, excentrikus és izometriás tesztek) kapcsolatát egy régebbi kutatásban (Wilson, 1995) vizsgálták, ahol a koncentrikus teszt során mérhető maximális RFD értékek mutattak szignifikáns kapcsolatot a 30 m-es sprintteljesítménnyel.

Tillian és mtsai. (2013) az erő kifejtés kezdetétől különböző időpontokban (50, 100, 150, 200 és 250ms) határozták meg az RFD-t gyors izometriás guggolás gyakorlat során, majd hasonlították össze a felugrási magassággal és a sprintteljesítménnyel. Kimutatták, hogy a guggolás korai fázisában mérhető RFD (50 – 100 ms) szorosan kapcsolódik a sprintfutás közbeni gyorsulási képességhez (5-20 m, $r = -0,54$ -tól $-0,63$ -ig), míg az erőfelfutás későbbi fázisaiban mérhető RFD (> 100 ms) inkább a függőleges felugrási magassággal korrelált ($r = 0,51 - 0,61$).

Összefoglalva elmondható, hogy az RFD-t számos kutatásban különböző módon mérték, nincsen egy standardizált elfogadott számolási formája. Korábbi kutatásokban a koncentrikus kontrakció során (Wilson és mtsai., 1995), vagy az izometriás kontrakció során mérhető RFD (Tillian és mtsai., 2013) és a sprintteljesítmény között találtak negatív kapcsolatot, viszont a maximális erővel vagy a felugrási magassággal való kapcsolata több kutatás alapján bizonytalannak mondható. A sprintteljesítménnyel való kapcsolatáról viszont kevesebb adat áll rendelkezésünkre, mint a maximális erővel vagy a felugrási magassággal való kapcsolatáról.

3 A kutatás célja

A kutatás fő célja megvizsgálni a statikus és dinamikus erőpróbákon mérhető RFD értékek mértékét és azok kapcsolatát a sprintelési képességgel. Továbbá, hogy meghatározza melyik az az RFD paraméter, amelyik a legrelevánsabb lehet a sprintteljesítményre.

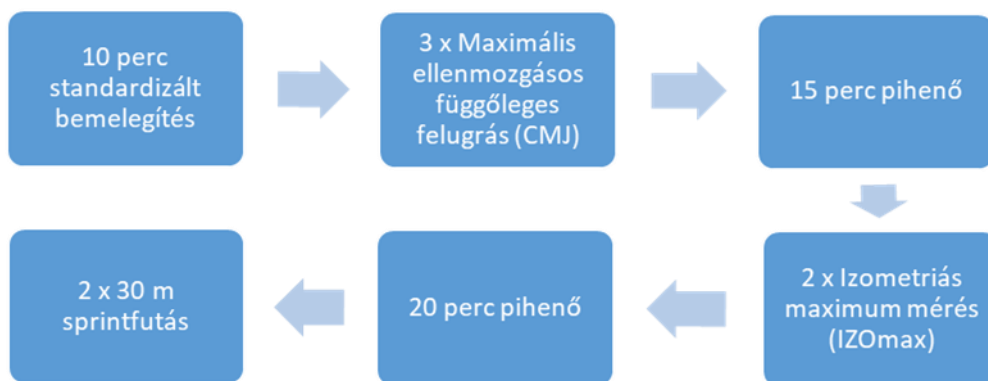
Kutatási kérdések:

1. Van-e kapcsolat a sprintteljesítmény és a robbanékonyságot jellemző RFD változók között?
2. A dinamikus vagy az izometriás teszt során számolt RFD lesz szorosabb kapcsolatban a sprintelési képességgel?
3. A robbanékonyságot jobban jellemző 5 m-es sprintteljesítmény szorosabb kapcsolatban lesz az RFD értékekkel, mint a hosszabb távon mérhető (20-30) m-es sprintidő?
4. Az erőszetek más mutatói mutatnak-e kapcsolatot a sprintteljesítménnyel?

4 Anyag és Módszerek

4.1 A vizsgálat

A kutatás tartalmazott dinamikus erőpróbát (CMJ típusú függőleges felugrás), izometriás maximum mérést (IZOmax) felhúzás gyakorlattal és egy 30 m-es sprint próbát. A mérések személyenként egy mérési napon, délutáni órákban, ugyanabban a sorrendben történtek valamennyi résztvevőnél. A vizsgálati protokoll a következő volt: alap antropometriai felmérés, 10 perces standardizált bemelegítés követte a függőleges felugrás, majd 15 perc pihenőidő után következett az izometriás maximum mérés felhúzás gyakorlattal. Végül, újabb 20 perces pihenő után került sor a 30 méteres sprint teljesítmény mérésre egy 50m-es futófolyosón. A vizsgálati protokoll sematikus ábrázolását az 1. ábra mutatja.



1. ábra: a mérési protokoll sorrendisége

4.2 A résztvevők

A kutatásban 16 férfi, fizikailag aktív sportszakos egyetemi hallgató vett részt. Átlag $\pm$ szórás életkoruk $24,4 \pm 2,0$ év, testmagasságuk $182,9 \pm 6,9$ cm és testtömegük $79,1 \pm 9,2$ kg volt. A résztvevőknek átlagosan heti 4 edzésük volt a vizsgálat időszakában. Különböző sportágat űző sportolók voltak, így volt labdarúgó, teniszező, kosárlabdázó, parkúros és súlyemelő is. A sportolók által javarészt elvégzett edzések erőedzések és állóképességi futó edzések voltak. A résztvevők írásos és szóbeli tájékoztatást kaptak a mérésekről és esetleges kockázataikról, a részvételhez írásos beleegyezésüket adták.

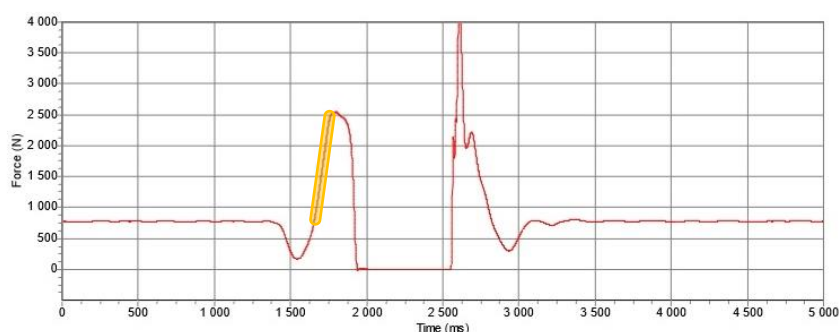
4.3 A mérések

Vertikális felugrás teszt

A vertikális felugrás teszten a résztvevőknek ellenmozgásos függőleges felugrást (*counter movement jump* – CMJ) kellett végrehajtaniuk, csípőre tett kézzel erőplaton (Bertec NI6221, Bertec Corporation, Ohio, USA). A mintavételi frekvencia 1000 Hz volt. Egy standardizált 10 perces bemelegítést követően a teszt három maximális felugrást tartalmazott, az ugrások között 2 perc pihenőidővel. A felugrás egyenes állásból indult, egy gyors térdhajlítást követően (70-90°) egy azonnali felugrással maximális felugrássra törekedve. Az ugrások során folyamatos verbális motivációt kaptak a sportolók, hogy a lehető legmagasabbra ugorjanak. A statisztikai elemzésekhez a három ugrásból minden résztvevőnél a legnagyobb felugrási magasságot és az ahhoz tartozó mechanikai változókat (erőkifejtés és a mechanikai teljesítmény értékek) mutató

felugrás lett felhasználva. A felugrás során kinyert erő-idő görbe alapján számolhatók az RFD értékeket.

Ezen teszt során az ellenmozgás miatt az ugrás excentrikus szakaszában (3. ábra, sárgával jelölt rész) található RFD-t tudjuk mérni attól a pillanattól, amikor a talajreakció erő (GRF) eléri a testsúlyerőt a csúcserő eléréséig. Ebben a kutatásban a maximális RFD-t, az excentrikus átlag RFD-t, az excentrikus szakasz első harmadában mérhető átlag RFD-t számoltuk, valamint azt is, hogy az erőfelfutás melyik szakaszában (%-ban kifejezve) éri el a maximális RFD értékét. Az adatok számolása Contemplas program segítségével történt.



2. ábra: Az ellenmozgásos felugrás erő-idő görbéje. Sárgával az excentrikus szakasz, amely során meghatároztuk az erőfelfutást.

Izometriás maximum teszt

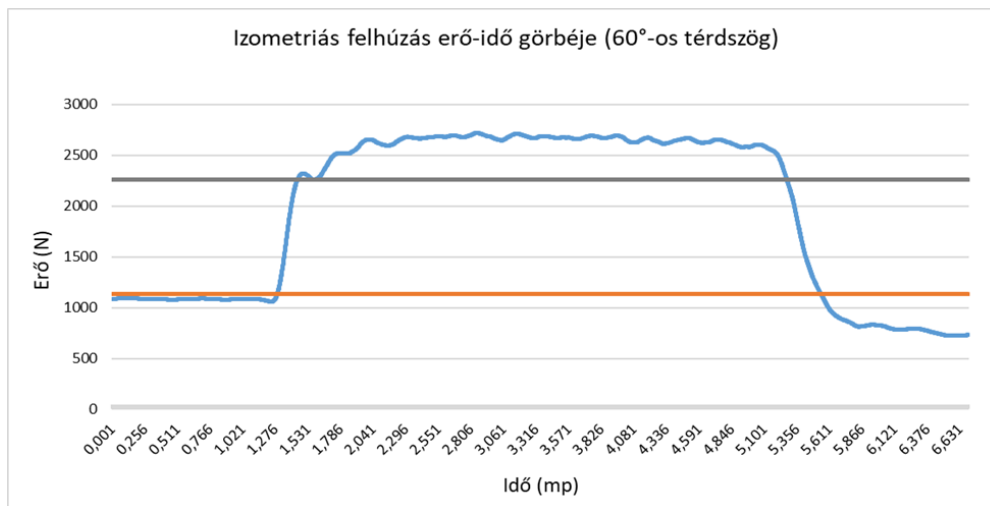
Az izometriás maximum mérés felhúzás gyakorlattal történt, rögzített hex-rúddal, egy mobil-erőplaton (Type 9260AA, Kistler Instruments, Corp., Amherst, NY, USA), 1000 Hz-es mintavételi frekvenciával (1. kép). A mérést egy szubjektív 50 majd 70%-os bemelegítő húzás előzött meg, majd következett a két maximális erőre koncentráló kísérlet. A két mérés között 6 perc pihenő volt. A térdízületi szög fixálva volt 60-65°-ra, ami minden mérés előtt goniométerrel lett ellenőrizve.



1. kép: Izometriás felhúzás próba

A mérés erő-idő görbéjén bekövetkező ellenmozgás elkerülése végett, minden mérés egy előfeszítéssel kezdődött. Így, az erő felfutása (3. ábra) és ezen szakasz RFD értéke a tiszta izometriás izomkontrakcióból voltak kiszámolhatóak. A mérés során arra kértük a résztvevőket, hogy a lehető leggyorsabban és a lehető legnagyobb erővel végezzék a felhúzást és ezt 3-4 mp-ig tartsák meg. Ebben a 3-4 másodpercben folyamatosan motiválva voltak a sportolók, hogy kihozzák magukból a maximumot.

Az RFD számolásokhoz először meghatároztuk az erőfelfutási szakaszt, amelynek kezdete általában a maximális erő 3-4 %-ánál volt, illetve a vége az erő-idő görbe jelentős ellaposodását megelőző szakasz, ami általában a maximális erő 80-85%-ánál volt meghatározható (3. ábra, narancssárga és szürke vonalak közötti szakasz). Az erőfelfutás teljes időtartamát 5 ms-os időablakra bontottuk és kiszámoltuk minden egyes 5 milliszekundumnak az RFD értékét, majd rögzítettük a maximális RFD értéket (Izo_RFD_{max}), az átlag RFD-t (Izo_RFD_{átlag}), valamint az erőfelfutás kezdetétől számított 100 és 150 ms RFD értékeket (Izo_RFD₁₀₀, illetve (Izo_RFD₁₅₀). Továbbá, azt is, hogy a maximális RFD az erőfelfutás teljes időtartama alatt melyik szakaszában található (Izo_RFD_{mikor}). A számolásokat az erő és idő adatokból Excel (2016, Microsoft Office) program segítségével végeztük. A statisztikai elemzéshez a két próbálkozásból a nagyobb maximális RFD értéket mutató próbálkozás adatait használtuk fel.



3. ábra: Az izometriás maximum próba erő-idő görbéje. Narancssárga vonallal: az erőfelfutás kezdete, szürke vonal: az erőfelfutás vége.

Sprint teszt

A sprintteljesítmény mérés egy 50 m-es beltéri futófolyosón zajlott, beépített fénykapukkal (Microgate Srl, Bolzano Olaszország) (2. kép). Két maximális 30m-es sprintet végeztek a résztvevők nyolc perc pihenőidővel a két kísérlet között. A résztávok 5-10-20-30 m-en lettek rögzítve, századmásodperces időeredményekkel. Álló rajtból indultak a sportolók startpisztoly nélkül, tehát saját döntés alapján kezdték meg a sprintet. A résztvevők futócipőben sprinteltek. A teljes táv során motiválva voltak a sportolók, hogy a legjobb sprintidőt fussák. A statisztikai elemzésekben a két próbálkozás közül a 30 m-en elért gyorsabb próbálkozás lett felhasználva.



2. kép: Futófolyosó fénykapukkal felszerelve

4.4 Statisztikai elemzések

A statisztikai elemzések Jasp program segítségével történtek. Az eredmények átlag $\pm$ szórásban vannak feltüntetve. A különböző módon számolt átlag RFD értékek összehasonlítását egy szempontos varianciaanalízissel (Bonferroni post hoc próbával), míg az RFD és a sprintteljesítmény, valamint a függőleges felugrás közötti kapcsolatrendszer Pearson-féle korrelációval vizsgáltuk. A szignifikancia szint $p < 0,05$ értéknél lett meghatározva.

5 Eredmények

5.1 Leíró statisztika

A 1.-3. táblázatokban láthatjuk a sprintteszt, a függőleges felugrás és az izometriás maximum próbák leíró statisztika eredményeit. A legjobb 30m-es sprintidő 4,10 mp volt, míg a leglassabb sportoló 4,75 mp-es idővel ért célba. A CMJ tesztben a felugrások magassága (átlag $\pm$ SD) $40,1 \pm 7,0$ cm volt, míg a minimum 28 cm, a maximum pedig 52 cm volt, ami jól mutatja az értékek szóródását a résztvevők között (2. táblázat). Az izometriás felhúzás maximális erő kifejtés mértéke 2359 ± 358 N volt. Az IZOmax és a CMJ tesztekben átlagosan az erőfelfutási szakasz második harmadában érték el a maximális RFD értéket a sportolók. Ez az IZOmax tesztben $41,9 \pm 17,3\%$, míg a CMJ tesztben $51,9 \pm 17,3\%$ volt.

1. táblázat: A sprintteszt leíró statisztika eredményei.

	N	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
5m (mp)	16	1,12	0,07	1,01	1,22
10m (mp)	16	1,89	0,10	1,71	2,05
30m (mp)	16	4,39	0,20	4,10	4,75

5m=a sprintpróba első 5 méteres időeredménye, 10m=a sprintpróba első 10 méteres időeredménye, 30m=a sprintpróba 30 méteres időeredménye

2. táblázat: A függőleges felugrás teszt leíró statisztika eredményei.

	N	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
Felugrási magasság (cm)	16	40,1	7,0	28	52
Maximum erő (N)	16	1950	191	1456	2283
Relatív maximum erő (N/kg)	16	253	26	206	290
Átlagos teljesítmény (W)	16	2462	340	1843	2947
Relatív átlagos teljesítmény (W/kg)	16	31,27	4,18	25,14	40,93
CMJ_RFDmax_mikor (%)	16	51,9%	17,3%	31,7%	86,6%

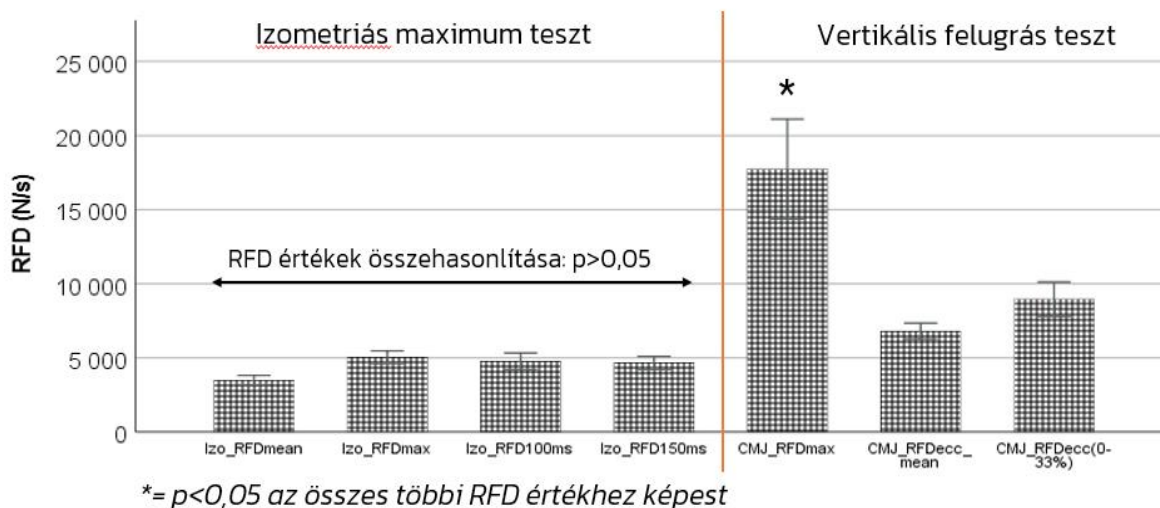
CMJ_RFDmax_mikor= a teljes erőfelfutási szakasz melyik részén éri el az RFDmax-ot a sportoló a CMJ tesztben

3. táblázat: Az izometriás felhúzás teszt leíró statisztika eredményei.

	N	Átlag	Szórás	Minimum	Maximum
Izo_Fmax (N)	16	2359	358	1672	2853
Izo_Fmax_rel (N/kg)	16	29,88	3,75	23,54	36,82
Izo_t_RFDmax (ms)	16	90	42	30	175
Izo_RFDmax_mikor (%)	16	41,9%	17,3%	9,8%	71,9%

Izo_ = izometriás maximum teszten mért, Fmax= maximális erő, Fmax_rel= testsúlyhoz viszonyított relatív maximális izometriás erő, t_RFDmax= az erőfelfutás kezdetétől számított hányadik ms-ban éri el a sportoló az RFDmax-ot, Izo_RFDmax_mikor= a teljes erőfelfutási szakasz melyik részén éri el az RFDmax-ot a sportoló a izometriás maximum tesztben

A 4. ábrán láthatjuk az izometriás maximum teszt és a vertikális felugrás tesztben mért különböző módon számolt RFD átlagértékeit. A különböző módon számolt RFD értékek közül, a CMJ során mért maximális RFD mutatta a legnagyobb értéket (17737 ± 13492 N/s), a különbség a többi RFD értékhez képest szignifikáns volt ($F=13,94$; $p<0,05$). Az IZOmax próba során mért maximális (5042 ± 1719 N/s) és átlag RFD (3493 ± 1283 N/s) értékek között a különbség nem volt jelentős. A CMJ próba során magasabb RFD értékeket kaptunk, mint az izometriás próba során.



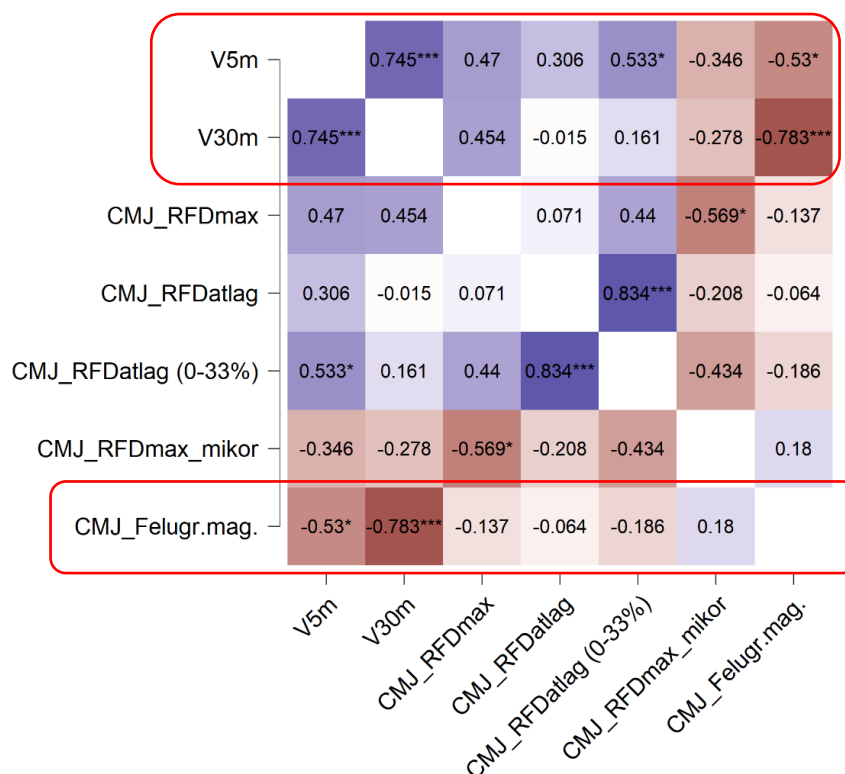
4. ábra: Az izometriás maximum és a függőleges felugrás próbák során kalkulált RFD értékek átlagainak összehasonlítása

CMJ_ = ellenmozgásos felugrás teszten mért, Izo_ = izometriás maximum tesztben mért, RFDmax= az erőfelfutás során mért maximális RFD, RFDmean= az erőfelfutás átlag RFD-je; RFDdecc_mean (0-33%)= az erőfelfutási szakasz első harmadában mérhető átlag RFD; RFD100ms= az erőfelfutás kezdetétől számított 100ms-ban mérhető RFD értéke; RFD150ms= az erőfelfutás kezdetétől számított 150ms-ban mérhető RFD értéke. *= szignifikáns különbség a többi RFD értékhez képest.

5.2 Összefüggés vizsgálatok

A sprintteljesítmény és vertikális felugrási próba

Az 5 és 30 m-es sprintteljesítmény és a felugrási próbán mérhető RFD értékek közül egyik érték sem korrelált szignifikánsan egymással. Gyenge, de nem szignifikáns negatív kapcsolat volt a maximális RFD pillanata (CMJ_RFDmax_mikor) és az 5 m-es sprintidő között ($r = -0,35$; $p = 0,189$). Nem értelmezhető pozitív kapcsolat volt megfigyelhető a CMJ-ben mérhető maximális RFD és az 5 m-es sprintidő ($r = 0,47$; $p = 0,066$), illetve a 30 m-es sprintidő ($r = 0,45$; $p = 0,077$) között, továbbá az excentrikus szakasz első harmadában mérhető átlag RFD és az 5 m-es sprintidő között ($r = 0,53$; $p = 0,033$). A CMJ teszt egyik fő mutatója, a felugrási magasság viszont, szignifikáns negatív kapcsolatot mutatott mind az 5 m-es ($r = -0,53$; $p = 0,035$) mind a 30 m-es ($r = -0,454$; $p = 0,077$) sprintidővel (5. ábra).

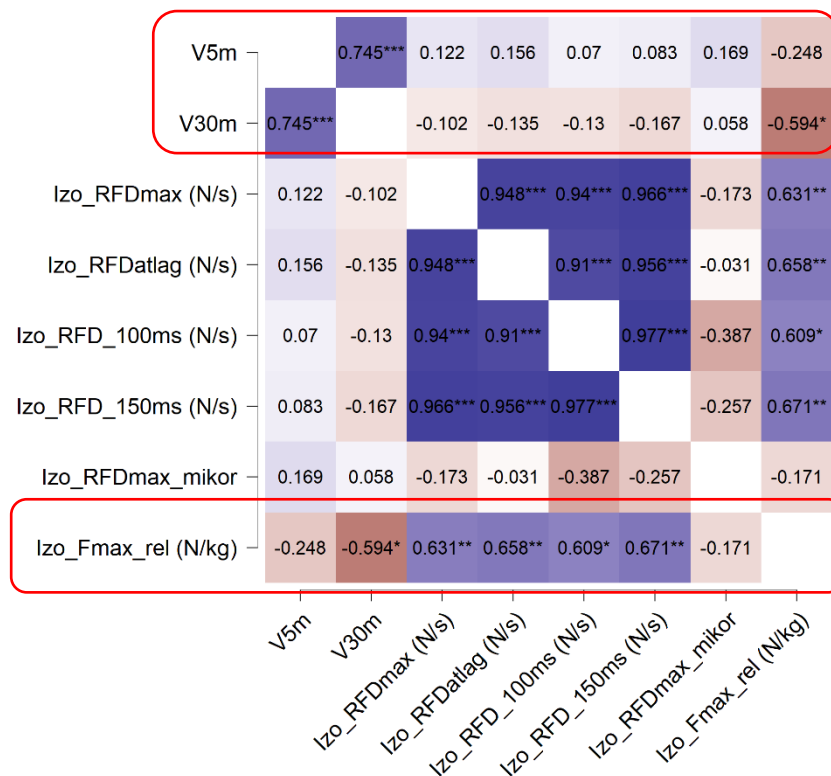


5. ábra: A CMJ teszt és a sprintteszt korreláció koefficiens hő térképe.

V5m= 5m-es sprintteljesítmény; V30m= 30m-es sprintteljesítmény; CMJ_ellenmozgásos felugrás teszten mért; RFDmax= az erőfelfutás során mért maximális RFD, RFDatlag= az erőfelfutás átlag RFD-je; RFD_atlag (0-33%)= az erőfelfutási szakasz első harmadában mérhető átlag RFD; RFDmax_mikor= a teljes erőfelfutási szakasz melyik részén éri el az RFDmax-ot a sportoló; Felugr.mag.= felugrási magasság. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

A sprintteljesítmény és az izometriás maximum próba

Az izometriás maximum tesztben kalkulált RFD értékek és ahhoz tartozó paraméterek közül egyik sem korrelált a sprintteljesítménnyel (6.ábra). Ezzel ellentétben a relatív maximális izometriás erővel a legtöbb RFD érték szignifikáns pozitív kapcsolatot mutatott (6. ábra, legalsó sor). Továbbá, a relatív izometriás maximum erő, szignifikáns negatív kapcsolatot mutatott a 30m-es sprintteljesítménnyel ($r = -0,59$; $p = 0,015$).



6. ábra: Az izometriás maximum teszt és a sprintteszt korreláció koefficiens hő térképe

V5m= 5m-es sprintteljesítmény; V30m= 30m-es sprintteljesítmény; Izo_=izometriás maximum teszten mért; RFDmax= az erőfelfutás során mért maximális RFD, RFDatlag= az erőfelfutás átlag RFD-je; RFD_100ms= az erőfelfutás kezdetétől számított 100ms-ban mérhető RFD értéke; RFD_150ms= az erőfelfutás kezdetétől számított 150ms-ban mérhető RFD értéke; RFDmax_mikor= a teljes erőfelfutási szakasz melyik részén éri el az RFDmax-ot a sportoló; Fmax_rel= relatív maximális izometriás erő. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Vertikális felugrás és izometriás maximum próba

A relatív izometriás maximum erő és a vertikális felugrási magasság között erős szignifikáns kapcsolatot találtunk ($r = 0,737$; $p < 0,01$). Ezen felül a CMJ-ben mért átlag RFD is szignifikáns kapcsolatot mutatott a relatív maximális izometriás erővel ($r = 0,522$; $p = 0,038$).

6 Megbeszélés

Kutatásunk fő célja volt megvizsgálni a függőleges felugrás és az izometriás maximum próbán számolt RFD értékek kapcsolatát a sprintteljesítménnyel. A sprintelési képességben a gyors és minél nagyobb mértékű erő kifejtés elengedhetetlen, így azt feltételeztük, hogy az RFD, mint a robbanékonyerő egyik fő mutatója kapcsolódni fog a sprintteljesítményhez. Ezen feltételezést az is indokolta, hogy a függőleges felugrás és az izometriás maximum próbák erőfelfutásának

időtartama hasonló, mint általában a sprintelés támaszfázisának időtartama (<250ms). Azonban, az eredmények nem támasztották alá feltételezésünket, a korreláció vizsgálat nem mutatott kapcsolatot az RFD és a sprintteljesítmény között.

Az irodalomban az RFD meghatározására különböző tesztek és különböző számolási módszerek terjedtek el (Hornsby és mtsai., 2017; Wilson és mtsai., 1995; Suarez és mtsai., 2019; Merrigan és mtsai., 2020). Korábbi munkákban többen is vizsgálták az RFD kapcsolatát a függőleges felugrási magassággal vagy különböző erőteszteken elért teljesítménnyel különböző eredményekkel. Több kutatásban a kapcsolat nem volt igazolható (McGuigan és mtsai., 2008 és 2010; Barker és mtsai., 2019; Miller és mtsai., 2022), viszont voltak, akik találtak szignifikáns kapcsolatot (West és mtsai., 2010, Tillian és mtsai., 2013). Ezek az eredmények arra utalhatnak, hogy az RFD a robbanékonyságot igénylő mozdulatokban egyelőre bizonytalan szerepet tölthet be az eredményesség szempontjából. Habár tudjuk, hogy egy dinamikus magas felugráshoz, egy jó 5 – 30 m-es sprintteljesítményhez megfelelő robbanékonyság erőre van szüksége egy sportolónak (Herrington és mtsai., 2021), a mi kutatásunkban az RFD, mint robbanékonysági mutató használatával ez nem volt igazolható Wilson és mtsai. (1995), valamint Tillian és mtsai. (2013) kutatásaival ellentétben.

Ugyanakkor, figyelembe kell vennünk azt is, hogy az RFD egy viszonylag változékonyságú mutató. Merrigan és mtsai. (2020) például, alacsony megbízhatóságot találtak az RFD ismételt mérései között, ami annak a jele, hogy az RFD mérése egyénen belül elég variabilis lehet. Bár a jelen kutatásban nem voltak ismételt mérések, jól lehetett látni azt, hogy az értékek szóródása a résztvevők között nagy volt, ez egyaránt vonatkozik az RFD értékekre, de a hozzá tartozó temporális változókra is.

Egy régebbi kutatásban Wilson és mtsai. (1995) szignifikáns kapcsolatot találtak koncentrikus egyenes guggolás erőpróbán mért RFD és a sprintteljesítmény között. Megjegyzendő azonban, hogy Wilson és mtsai. munkájában az RFD számolása koncentrikus kontrakció során történt, amely közelebb áll a sprintelés mozgásmintázatához. A jelen munkában volt egy izometriás maximum mérés, ahol az RFD-t izometriás kontrakció során mértük, valamint volt egy függőleges felugrás, ahol az RFD számolás az excentrikus szakaszban történik. Az izomkontrakciók különbségei adhatnak magyarázatot a szignifikáns korrelációk hiányára. Úgy tűnik tehát, hogy az RFD kapcsolódása fizikai próbák teljesítményéhez izomkontrakció specifikus lehet.

Azt is érdemes figyelembe venni, hogy az izometriás maximum próba egy összetett próba, amelyben az alsó végtagok mellett jelentős a törzs izomzat aktivációja is. Bár a törzsizomzat fontos szerepet tölt a sprintelésben is, a propulzív erőket az alsóvégtagok fejtik ki.

Limitációként meg kell említeni azt, hogy a vizsgált minta egy heterogén minta volt. A résztvevők többféle és különböző sportágakból érkeztek, amely eltérő mozgás és erő kifejtés mintázatra utalhat. Érdemes lenne megvizsgálni az RFD és a sprintteljesítmény kapcsolatát egy homogén mintán (például, egy sportág azonos korú és képzettségű sportolójánál), akiknél az erő kifejtés dinamikája és módja a sportági mozgásokból adódóan hasonló lesz.

7 Konklúzió

Megállapítható volt, hogy az izometriás maximum és az ellenmozgásos függőleges felugrás próbán mért RFD-vel nem jellemezhető a sprintelési képesség, felvetődik annak gondolata is, hogy különböző képességekre utalnak. A vizsgálatunkban meghatározott RFD értékek nem tudják differenciálni a gyengébb, illetve jobb sprintteljesítményeket. Ugyanakkor, az izometriás maximum és a függőleges próbán elért teljesítmény (maximális erő, illetve felugrási magasság) szoros kapcsolata a sprintteljesítménnyel arra enged következtetni, hogy az edzői gyakorlatban ezek a mutatók alkalmazhatók a sprintelési képesség jellemzésére, valamint edzés időszakok hatékonyságának elemzésére.

8 Irodalomjegyzék

1. Aksović, Nikola, Bojan Bjelica, Filip Milanović, Nemanja Jovanović, and Milan Zelenović. 2021. "Plyometric Training Effects on Explosive Power, Sprint and Direction Change Speed in Basketball: A Review." *Turkish Journal of Kinesiology* 7 (2): 73–79.
2. Barker, Leland A., John R. Harry, and John A. Mercer. 2018. "Relationships Between Countermovement Jump Ground Reaction Forces and Jump Height, Reactive Strength Index, and Jump Time." *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (1): 248–54.
3. Diker, Gürkan, Sürhat Müniroğlu, Sadi Ön, Hüseyin Özkamçı, and Abdulkерim Darendeli. 2021. "The Relationship between Sprint Performance and Both Lower and Upper Extremity Explosive Strength in Young Soccer Players." *Pedagogy of Physical Culture and Sports* 25 (1): 10–14.

4. Giorgos, Paradisis, and Zacharogiannis Elias. 2007. "Effects of Whole-Body Vibration Training on Sprint Running Kinematics and Explosive Strength Performance." *Journal of Sports Science & Medicine* 6 (1): 44–49.
5. Herrington, Amanda. 2021. "Countermovement Jump Height as an Indicator of Sprint Performance in Female Division 2 Track and Field Athletes." <https://nnu.whdl.org/sites/default/files/resource/academic/Herrington%252C%2520Amanda%2520HP.pdf>.
6. Hornsby, W. Guy, Jeremy A. Gentles, Christopher J. MacDonald, Satoshi Mizuguchi, Michael W. Ramsey, and Michael H. Stone. 2017. "Maximum Strength, Rate of Force Development, Jump Height, and Peak Power Alterations in Weightlifters across Five Months of Training." *Sports (Basel, Switzerland)* 5 (4). <https://doi.org/10.3390/sports5040078>.
7. Maffiuletti, Nicola A., Per Aagaard, Anthony J. Blazevich, Jonathan Folland, Neale Tillin, and Jacques Duchateau. 2016. "Rate of Force Development: Physiological and Methodological Considerations." *European Journal of Applied Physiology* 116 (6): 1091–1116.
8. Martínez-Valencia, M. A., N. P. Linthorne, and P. E. Alcaraz. 2013. "Effect of Lower Body Explosive Power on Sprint Time in a Sled-Towing Exercise." *Science & Sports* 28 (6): e175–78.
9. McGuigan, Michael R., Michael J. Newton, Jason B. Winchester, and Arnold G. Nelson. 2010. "Relationship Between Isometric and Dynamic Strength in Recreationally Trained Men." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (9): 2570.
10. McGuigan, Michael R., and Jason B. Winchester. 2008. "The Relationship between Isometric and Dynamic Strength in College Football Players." *Journal of Sports Science & Medicine* 7 (1): 101–5.
11. Miller, Jonathan D., Andrew C. Fry, Anthony B. Ciccone, and John Poggio. 2022. "Analysis of Rate of Force Development as a Vertical Jump Height Predictor." *Research Quarterly for Exercise and Sport*, April, 1–8.
12. Suarez, Dylan G., Satoshi Mizuguchi, William Guy Hornsby, Aaron J. Cunanan, Donald J. Marsh, and Michael H. Stone. 2019. "Phase-Specific Changes in Rate of Force Development and Muscle Morphology Throughout a Block Periodized Training Cycle in Weightlifters." *Sports (Basel, Switzerland)* 7 (6). <https://doi.org/10.3390/sports7060129>.

13. Tillin, Neale A., Pedro Jimenez-Reyes, Matthew T. G. Pain, and Jonathan P. Folland. 2010. "Neuromuscular Performance of Explosive Power Athletes versus Untrained Individuals." *Medicine and Science in Sports and Exercise* 42 (4): 781–90.
14. West, Daniel J., Nick J. Owen, Marc R. Jones, Richard M. Bracken, Christian J. Cook, Dan J. Cunningham, David A. Shearer, et al. 2011. "Relationships Between Force–Time Characteristics of the Isometric Midthigh Pull and Dynamic Performance in Professional Rugby League Players." *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (11): 3070.
15. Wilson, Greg J., Andrew D. Lyttle, Karl J. Ostrowski, and Aron J. Murphy. 1995. "Assessing Dynamic Performance: A Comparison of Rate of Force Development Tests." *Journal of Strength and Conditioning Research* 9 (3): 176.