



MAGYAR TESTNEVELÉSI
ÉS SPORTTUDOMÁNYI
EGYETEM
BUDAPEST

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem
Sport- és Egészségtudományi Intézet
Kineziológia Tanszék

ELIT UTÁNPÓTLÁS LABDARÚGÓK KÉSZENLÉTÉNEK ÖSSZEFÜGGÉSE KÜLSŐ TERHELÉSI MUTATÓKKAL

TÉMAVEZETŐ

Dr. Matlák János
Kineziológia Tanszék
Egyetemi adjunktus

KÉSZÍTETTE

Gnyálin István
Humánkineziológia
MSc

2024 május

Budapest

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Hipotézisek	6
3. Anyag és módszer.....	7
3.1. Vizsgált személyek	7
3.2. Alkalmazott eszközök.....	7
3.2.1 Vald ForceDecks erőplató	7
3.2.2 Catapult GPS rendszer	8
3.3. Mérési protokoll.....	8
3.4. Vizsgált változók	9
3.4.1 Erőplatón mért készenlét paraméterek.....	9
3.4.2 Külső terhelési paraméterek.....	10
3.5. Statisztikai elemzés.....	11
4. Eredmények.....	12
4.1. Keddi és pénteki nap készenlét paramétereinek összehasonlítása	12
4.2. Összefüggések a készenlét változása és a külső terhelési paraméterek között....	13
5. Megbeszélés	15
5.1. Keddi és pénteki nap készenlét paramétereinek összehasonlítása	15
5.2. Összefüggések a készenlét változása és a külső terhelési paraméterek között....	16
5.3. Limitációk	17
6. Összefoglalás és következtetések	18
7. Irodalomjegyzék.....	19

1. Bevezetés

A sportolók monitorozása a sporttudományos szakemberek alapvető feladata. A monitorozás elsődleges célja, hogy a kapott objektív információk támogassák az edzéstervezéssel, kiválasztással, versenyeztetéssel kapcsolatos döntéseket. A sportolók monitorozása által a szakemberek jobban megérthetik az edzés, a sérülés, a betegség és az eredményesség közötti összetett összefüggéseket. A sporttudományos szakemberek számára nagy kihívást jelent az edzésterhelés és a megfelelő regenerálódás közötti egyensúly megteremtése. Ha az arányok megfelelőek, a sportoló teljesítménye fokozódik, azonban nem megfelelő adagolás esetén teljesítménycsökkenést vagy sérülést is előidézhetünk a sportolóknál (Halson és Jeukendrup, 2004).

A sporttudományokban a fáradtságot a kívánt teljesítményszint elérésének csökkent képességeként írják le, amely a fizikai és kognitív funkciókat korlátozza (Alba-Jiménez és mtsai., 2022). Enoka és Duchateau szerint a homeosztázis fenntartása és a sportoló szubjektív pszichológiai állapota a fő tényezők, amelyek kapcsolatban állnak az érzékelt fáradtsággal (Enoka és Duchateau, 2016). A fáradtság felhalmozódása vagy a hiányos regenerálódás jelentősen befolyásolhatja a csapatsportolók teljesítményét, különösen a zsúfolt versenynaptárral rendelkező sportágak esetén. Ha a terhelés és a regenerálódás arányát nem megfelelően kezelik a szakemberek, a sportolók potenciálisan teljesítménycsökkenés vagy sérülések kockázatának lehetnek kitéve.

Az elit sportcsapatok ezért egyre nagyobb figyelmet fordítanak a fáradtsági állapot, vagy más néven a készenlét nyomon követésére. A készenlétet úgy definiálták, mint egy olyan állapot, amikor a sportoló fizikai teljesítőképessége nem csökkent és mentálisan felkészült, ami magában foglalja a koncentrációt és az egészséges fegyelmet, ami a feladat végrehajtásához szükséges. A monitorozási folyamat első lépése annak meghatározása, hogy milyen modell szerint vizsgáljuk a fáradtságot. Számos modell létezik a szakirodalomban (metabolikus, neuromuszkuláris, idegrendszeri pszichológiai modell), mindegyikben közös azonban, hogy a szükséges erő vagy teljesítmény leadása vagy fenntartása már nem lehetséges, ami eredhet mind központi, mind perifériás tényezőkből és perctől napokig is tarthat (Duncan és Lorena, 2022).

A készenlét egy lehetséges vizsgálati módszere, a neuromuszkuláris fáradtság (NMF) vagy a neuromuszkuláris (NM) státusz monitorozása. Az NMF az edzés által

kiváltott maximális akaratlagos erő csökkenése, amely ismételt vagy tartós izomösszehúzódás következtében bekövetkező neuromuszkuláris funkcióváltozásokkal jár, és amely perifériás vagy centrális szinten jön létre. A perifériás vagy lokális fáradás korábban alakul ki a neuromuszkuláris kapcsolódási pontokon, majd izomszinten és ez játszhatja a legjelentősebb szerepet a rövid távú izomteljesítmény-csökkenésben. A centrális fáradtság oka a csökkent idegi vezetés a motoros kéregből a motoneuronokhoz és ez általában később jelentkezik (Alba-Jiménez és mtsai., 2022).

A NMF vagy NM státusz monitorozását számos kutatás vizsgálta csapatsportokban és olyan mérési módszereket alkalmaztak, mint a futótesztek, vertikális ugrótesztek, izometrikus erőtesztek vagy a különböző biomarkerek (Gathercole és mtsai., 2015; Rowell és mtsai., 2017; Beattie és mtsai., 2021; Franceschi és mtsai., 2023). Az egyik leggyakrabban vizsgált és leginkább alkalmazott mérési eljárás azonban a Countermovement Jump (CMJ) ugróteszt. A CMJ vonzerejének számos oka lehet a neuromuszkuláris fáradtság értékelésére, beleértve a futótesztekhez képest kis mechanikai és metabolikus terhelését, rövid tesztelési és kiértékelési időtartamát, alacsony költségét egy laboratóriumi méréshez képest, a mozgásminta gyakori előfordulását számos csapatsportban, valamint a fejlett CMJ paraméterek mérésére szolgáló technológia (hordozható erőplatformok) egyre szélesebb körű elérhetőségét. További érv a CMJ teszt mellett, hogy a nyújtásos-rövidülési ciklust (SSC) tartalmazó mozgások, mint például a CMJ, különösen hasznosak lehetnek a neuromuszkuláris fáradtság monitorozására (Komi, 2000). A Drop Jump (DJ) teszt az összes fent említett előnnyel szintén rendelkezik, azonban az ugrás technikailag nagyobb kihívást jelent a sportolók számára, így a CMJ ugróteszt szélesebb körben alkalmazható.

A sporttudományos szakembereknek a különböző célokhoz különböző cél mutatókat is kell kapcsolniuk a CMJ ugrótesztek során. Az ugrás magassága, a talajreakciós erő vagy a leadott teljesítmény szoros összefüggést mutat a sportoló alsóvégtagi erejével, lineáris sebességével vagy irányváltoztatási képességével. A neuromuszkuláris fáradtság monitorozására ezzel szemben az időalapú paraméterek mutatnak nagyobb érzékenységet, mint a módosított RSI (reaktív erőindex) érték vagy a levegőben töltött idő és a kontrakciós idő aránya (FT:CT). A sérülésből visszatérő sportolók esetén pedig a különböző aszimmetria mérőszámok támogathatják leginkább a rehabilitációs folyamatot (Bishop és mtsai., 2023).

Egy 2023-as kutatás a CMJ teszt megbízhatóságát és érzékenységét vizsgálta a játékosok készenlétének monitorozására. 18 elit akadémiai labdarúgót vontak be az U17-es korosztályból, mindegyikük egészséges és sérülésmentes volt. A vizsgálat két részből állt: a megbízhatósági teszt során a játékosok CMJ ugrásteszteket végeztek 7 nap különbséggel és mindkét alkalmat 72 órás pihenőidőszak előzte meg, míg a teszt érzékenységét egy barátságos mérkőzés előtti (1,5 órával a mérkőzés előtt) és utáni (30 perccel lefűjást követően) mérésekkel vizsgálták. A kutatás egyik legfontosabb megállapítása az volt, hogy a CMJ excentrikus fázisának paraméterei nagyobb változást mutattak, mint a koncentrikus fázis változói. Az eredmények azt mutatták ki, hogy a módosított RSI érték mellett az excentrikus erő is (excentrikus szakaszban mért átlagos és csúcserő) szignifikáns eltérést mutattak a mérkőzés után. Összhangban a korábban említett vizsgálatokkal, az ugrás magassága jelentős csökkenést mutatott, de csak korlátozott érzékenységet, mivel a mérkőzés utáni változások a megbízhatósági teszt során számított hibahatáron belül maradtak. Tehát a kutatók szintén arra a végeredményre jutottak, hogy a CMJ időalapú paraméterei alkalmasak leginkább a neuromuszkuláris státusz monitorozására, kiegészítve az excentrikus szakasz néhány változójával (Franceschi és mtsai., 2023).

Malone és munkatársai (2015) egy mikrociklus során (4 edzésnap) monitorozták 9 elit utánpótlás labdarúgó teljesítményét a CMJ vertikális ugróteszten. Az ugrási magasságban nem találtak azonban szignifikáns különbséget az edzésnapok között és nem találtak összefüggést az ugrási magasság változások és a külső terhelési paraméterek között. A kutatásnak azonban két nagy limitációja is van. A kiválasztott mikrociklus a bajnoki szezon utolsó heteinek egyike, amikor már csak szintentartó edzés történt, nem volt magas a külső terhelés. Továbbá a tesztek során csak az ugrási magasságot monitorozták, a készenlétre leginkább érzékeny mutatókat (FT:CT, módosított RSI, excentrikus szakasz fázis paraméterei) nem vették figyelembe.

2. Hipotézisek

A labdarúgók készenlétének folyamatos monitorozása hasznos eszköze a külső terhelésre adott egyéni, belső terhelési válasz ellenőrzésének és ennek az edzéstervezésbe való visszacsatolásának, továbbá a betegségek és sérülések megelőzésének. A bemutatott kutatási eredmények alapján a CMJ vertikális ugróteszt ideális választás a készenlét méréséhez egyszerűsége, gyors végrehajthatósága és a modern eszközök által nyújtott specifikus paraméterek elérhetősége miatt. Labdarúgásban az eredményesség szempontjából kulcsfontosságú a nagy sebességű futásokkal és sprintekkel megtett távolság, valamint a nagy intenzitású akciók száma (gyorsítások, lassítások, irányváltoztatások), ami a Beattie és munkatársai (2021) által végzett kutatás alapján a leginkább befolyásolja a neuromuszkuláris státuszt vagy készenlétet. A bemutatott kutatási protokollok viszont mindössze egy akut terhelés esetén vizsgálták a készenlét változását, vagy egy teljes mikrociklus vizsgálata esetén nem vették figyelembe a leginkább érzékeny paramétereket és nem egy magas terhelésű héten végezték a méréseket (Malone és mtsai., 2015).

Diplomadolgozatom célja tehát annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy a szezon közben egy magas edzésterhelésű mikrociklus során szignifikánsan változik-e a sportolók készenlét paramétere kedd reggeltől péntek reggelre és ha igen, mely külső terhelési változók mutatnak leginkább szoros kapcsolatot a CMJ teszt készenlétre érzékeny paramétereivel. A kutatás további, gyakorlati célja, hogy az eredményeket elemezve egy újabb eljárással támogassuk az erőnléti edzők edzéstervezési munkáját, amely akár egyéni, játékos szinten is eltérhet, ezzel optimalizálva a játékosok teljesítményét és növelve a mérkőzésre való elérhetőségét.

Kutatási hipotézisek

1. A pénteki készenlét érték alacsonyabb, mint a keddi a kiválasztott magas edzésterhelésű héten.
2. A két nap közötti készenlét paraméter differencia összefügg a két mérés között eltelt 3 edzésnap összegzett külső terhelési mutatóival.

3. Anyag és módszer

3.1. Vizsgált személyek

Kutatásomban egy állami sportakadémia U17-es korosztályának játékosai ($n = 15$, $16,4 \pm 0,2$ év, $67,3 \pm 7,0$ kg, $178,5 \pm 5,1$ cm) vettek részt. A vizsgált személyek az országos kiemelt bajnokságban szereplő csapat mezőnyjátékosai. A játékosok a vizsgálatok elvégzésekor egészségesek voltak, sérülés nem hátráltatta a tesztek elvégzését. A készenlét teszteket 2023 júliusától a szezon során folyamatosan végeztük, a kiválasztott mikrociklus az október 3. kedd – október 6. péntek közötti időszak volt, amely az őszi szezon közepére esett. A felmérések előtt szóban tájékoztattuk őket a vizsgálat menetéről, valamint felhívtuk figyelmüket a teszt során felmerülő lehetséges kockázatokra. A vizsgálatban résztvevő játékosok szülei a felmérés végrehajtásába beleegyeztek. A vizsgálatot és adatrögzítést az Egyetem Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága hagyta jóvá és a Helsinki Dekrétum humán vizsgálatokra vonatkozó előírásainak megfelelően végeztük el. A vizsgált személyek leíró statisztikai adatai az 1. táblázatban láthatók.

U17 ($n = 15$)	Átlag	Szórás (SD)
Életkor (év)	16,4	0,2
Testmagasság (cm)	178,5	5,1
Testtömeg (kg)	67,3	7,0

1. táblázat: Vizsgált személyek

3.2. Alkalmazott eszközök

3.2.1 Vald ForceDecks erőplató

A Countermovement Jump (CMJ) vertikális felugrási teszteket FDMax típusú dupla-platformú erőplatón (Vald Performance, Newstead, Ausztrália) végeztük. A ForceDecks egy hordozható, akkumulátoros eszköz, amely 1000 Hz mintavételi frekvenciával működik. Vezetékes (USB) és vezeték nélküli (Bluetooth) adatátvitellel is kapcsolódhat a kezelői felületet futtató számítógéphez vagy tablethez, így mobilitása miatt könnyen integrálható a heti edzéstervbe. Az eszköz a készenlét monitorozása mellett alkalmas a rehabilitáció támogatására (aszimmetria mérések), valamint a

játékosok teljesítmény profilozására is (maximális erő és teljesítmény mérések). Az FDMax is a pontosabb impulzus-momentum összefüggést alkalmazza az ugrási magasság számításához, így a testtartásbeli tényezők vagy csalások kiküszöbölhetőek.

3.2.2 Catapult GPS rendszer

A külső terhelési paraméterek monitorozására Catapult Vector S7 típusú modulokat (Catapult Innovations, Melbourne, Australia) alkalmaztunk. A modul tartalmaz egy 10Hz mintavételi frekvenciájú GPS egységet, valamint egy kombinált 100 Hz mintavételi frekvenciájú 3D gyorsulásmérőt, giroszkópot és magnetométert, ezzel a globális pozíció értékek mellett a játékosok mikromozgásait is monitorozni tudjuk. A mért adatokat a Catapult saját fejlesztésű OpenField szoftverével tudjuk szerkeszteni, majd megjeleníteni és elemezni. A játékosok minden edzés és mérkőzés előtt megkapják saját egységüket, amelyet az erre kialakított mellényük zsebébe helyeznek, majd a foglalkozás után leadnak. A mellény egy testhez simuló, légáteresztő anyagból készült felszerelés, amelynek hátsó részén, a két lapocka közötti területen alakítottak ki egy zsebet.

3.3. Mérési protokoll

A vizsgálati személyek kedden és pénteken reggel, azonos időpontban és helyszínen végezték el a CMJ vertikális ugrótesztet, melyet mindig egy standardizált bemelegítési protokoll előzött meg. A protokoll tartalmazott alsó végtagi mobilizáló és aktivizáló gyakorlatokat, majd a végén öt-öt szubmaximális CMJ ugrást előkészítő gyakorlatként. A játékosok a tesztelés során mindig három-három ugrást hajtottak végre és az ugrások átlag értékeivel számoltunk a kutatás során, mivel az átlagok érzékenyebbek a neuromuszkuláris státusz monitorozására, mint a legmagasabb értékek (Claudino és mtsai., 2017). A játékosok már a felkészülési időszak kezdete óta végezték ezeket az ugrási teszteket, így a szezon közepére már megfelelően megismerkedhettek a mérési protokollal és mozgásformával (familiarizációs időszak).

A CMJ ugrás során a kiinduló helyzet egy vállszélességű terpesz, a kezek a csípőn helyezkednek el a mozgás kezdetétől a végéig. A vizsgált személyek maguk választhatták meg a súlypont süllyesztés mértékét, a szóbeli instrukció során mindig két célt kaptak a játékosok, minél magasabbra ugorjanak függőleges irányban és a lehető

legrobbanékonyabban végezzék el a mozdulatot. Technikai hiba esetén pedig megismételt ugrás következett.

A mérések kedd és péntek reggel történtek, mivel a vizsgált sportakadémián a taktikai periodizáció elve alapján építették fel a mikrociklusokat és a mérkőzések a szombati napon kerülnek megrendezésre. A kondicionális összetevők integrálása érdekében a modell úgynevezett horizontális felépítést alkalmaz, ami azt jelenti, hogy az egyes komponensek a hét folyamán horizontálisan váltakoznak, nem pedig vertikálisan ugyanazon a napon belül. Feltételezve, hogy egy mérkőzés van a héten, a modell két napot szán a regenerálódásra, amelyet egy háromnapos megszerzési szakasz követ. Az első nap az erő, a második az állóképesség, a harmadik pedig a gyorsaság képességének fejlesztését célozza meg. A három napot egy csökkent edzésterhelésű nap követ, hogy a mérkőzés napjára lehetővé váljon a regenerálódás és a szuperkompensáció (Afonso és mtsai., 2020; Delgado-Bordonau és Mendez-Villanueva, 2012). Kutatásunkban szombati mérkőzésnap (MD) mellett a megszerzési szakasz első napjának reggelén (MD-4) végeztük az első mérést, míg a másodikat a periódus harmadik napját követő reggelen (MD-1), ezzel körbeölelve a nagyterhelésű megszerzési szakasz három napját.

3.4. Vizsgált változók

3.4.1 Erőplátón mért készenlét paraméterek

A szakirodalmi áttekintés alapján három CMJ paramétert jelöltünk ki a készenlét monitorozására. Az első az impulzus-momentum alapján számolt felugrási magasság (cm), amely ugyan nem mutatott nagy érzékenységet a kutatások alapján, de továbbra is a leginkább szemléletes mutató a sportági edzők és további stábtagnak számára. A második választott paraméter a módosított RSI érték (m/s), ami a felugrási magasság (m) és a kontrakciós idő (s) hányadosa. A kontrakciós idő a mozgás megkezdése és a repülő fázis kezdőpontja között eltelt időtartam, gyakorlatilag az excentrikus és koncentrikus szakaszok időtartamának összege. A módosított RSI érték az FT:CT mutatóhoz hasonlóan egy összetett időalapú paraméter, amely tulajdonképpen a CMJ ugrásteszt hatékonysági mutatójának is tekinthető és amely a kutatások alapján egy érvényes indikátora lehet a neuromuszkuláris státusznak vagy készenlétnek. A harmadik választás az átlagos excentrikus fékezési erőre (N) esett, amelynek validitását Franceschi és munkatársai (2023) által végzett vizsgálat támasztja alá.

3.4.2 Külső terhelési paraméterek

A vizsgálathoz azokat a Catapult rendszer által szolgáltatott külső terhelési mutatókat vettük figyelembe, amelyeket az erőnléti edzők az edzések során folyamatosan monitoroznak és kontrollálnak és amelyekhez posztspecifikus normatív mérközés értékek is tartoznak, kiegészítve a Catapult PlayerLoad paraméterével, amely a tér minden irányában végzett mikromozgások (gyorsítások, lassítók, irányváltások) által az izomzatot érő terhelést összegzi egy számmal. Az említett külső terhelési paraméterek három nap alatt végzett összegével számoltunk a kutatás során, mivel a három nap összerhelésének kapcsolatát vizsgáltuk a készenlét változásával. A vizsgált változókat mértékegységekkel együtt a 2. táblázat foglalja össze.

A nagy sebességű futás a 19,8 és 25,09 km/h közötti sebességgel végzett mozgásokat, míg a sprintek a 25,1 km/h feletti sebességgel végzett mozgásokat reprezentálja, mindkét változó esetében a sebességzónában megtett távolsággal, illetve a teljesített akciók darabszámával egyaránt. A nagy teljesítményű távolság a 25,5 W/kg feletti teljesítménnyel megtett távolságot jelenti. A nagy intenzitású gyorsítások-lassítások paraméter GPS alapú változó, amely minden olyan mozgást magába foglal, amely 3 m/s^2 feletti gyorsulással vagy lassulással történik. Robbanékony akciósám pedig a beépített gyorsulásmérő szenzor segítségével mért paraméter, amely minden $3,5 \text{ m/s}^2$ feletti gyorsulást, lassulást és irányváltoztatás darabszámát tartalmazza.

Vizsgált készenlét paraméterek	Vizsgált külső terhelési paraméterek
Felugrási magasság (cm)	Összes megtett táv (m)
Módosított RSI (m/s)	Nagy sebességű táv (m)
Átlagos excentrikus fékezési erő (N)	Nagy sebességű akciók (db)
	Sprint futás táv (m)
	Sprint akciók (db)
	Nagy intenzitású gyorsítás-lassítás (db)
	Nagy teljesítményű táv (m)
	Player Load
	Robbanékony akciók (db)

2. táblázat: Vizsgált paraméterek

3.5. Statisztikai elemzés

A játékosok felugrási eredményeit az erőplatóhoz használt VALD Forcedecks Software (Vald Performance, Newstead, Ausztrália) segítségével kaptuk meg, míg a játékosok külső terhelési paramétereit a Catapult Openfield Cloud (Catapult Innovations, Melbourne, Australia) rendszeréből összegeztük Microsoft Excel (Microsoft Co., Redmond, Washington, USA) táblázatkezelő programban. Az adatok statisztikai elemzését a Jasp (University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands) szoftver segítségével végeztük el.

Az adatok normalitását Shapiro-Wilk teszttel vizsgáltuk. A pénteki és keddi készenlét mutatók különbségvizsgálatára párosított t-próbát és Wilcoxon próbát alkalmaztunk a normalitás vizsgálat alapján. A külső terhelési mutatókkal való összefüggésre (három nap terhelésének összegzett abszolút értéke) pedig Pearson- és Spearman-féle korrelációs számítást alkalmaztunk. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ -nél határoztuk meg minden esetben. Az eredmények esetén a korrelációs együtthatók szintjét a következőképpen fogadtuk el (Hopkins, 2000): 0,0-0,1 (elenyésző), 0,1-0,3 (alacsony), 0,3-0,5 (közepes), 0,5-0,7 (magas), 0,7-0,9 (nagyon magas), 0,9-1,0 (közel tökéletes).

4. Eredmények

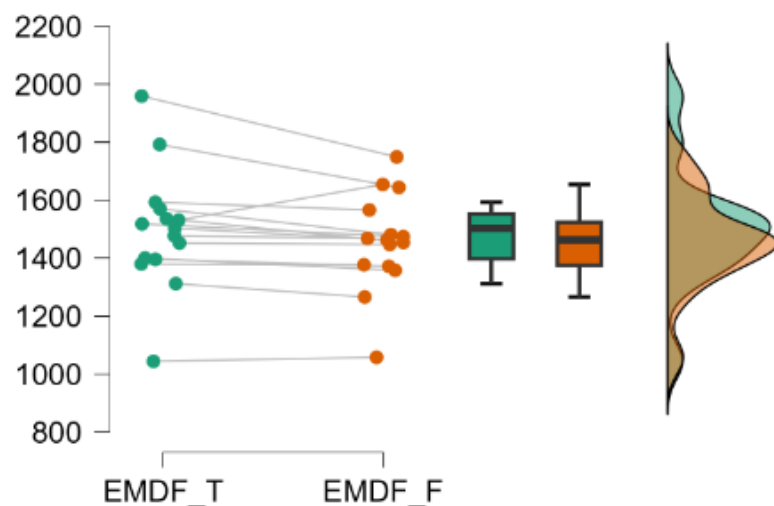
4.1. Keddi és pénteki nap készenlét paramétereinek összehasonlítása

A keddi és pénteki napon mért három készenlét változó leíró statisztikai bemutatása az alábbi táblázatban látható.

U17 (n=15)	Kedd		Péntek	
	Átlag	SD	Átlag	SD
Felugrási magasság – JH (cm)	37,1	4,6	36,3	5,2
Módosított RSI – RSI _{mod} (m/s)	0,551	0,089	0,531	0,078
Átlagos excentrikus fékezési erő – EMDF (N)	1498	206	1455	167

3. táblázat: Keddi és pénteki készenlét értékek

Ugyan az összes változónál felismerhető a negatív tendencia keddről péntek reggelre, szignifikáns különbséget ($p < 0,05$) csak az átlagos excentrikus fékezési erőnél találtunk közepes hatásnagysággal ($ES = 0,564$). A módosított RSI ($ES = 0,538$) és az ugrási magasság ($ES = 0,438$) esetén nem találtunk szignifikáns különbséget ($p > 0,05$).



1. ábra: Átlagos excentrikus fékezési erő (N) változása keddről péntekre

4.2. Összefüggések a készenlét változása és a külső terhelési paraméterek között

A kedd és péntek reggel közötti 3 edzésnap összegzett külső terhelési mutatóinak leíró statisztikai adatait a 4. táblázat összegzi.

U17 (n = 15)	Átlag	SD
Összes megtett táv – TD (m)	13140	598
Nagy sebességű futás táv – HSRD (m)	931	272
Nagy sebességű akciók – HSA (db)	58,4	16,7
Sprint futás táv – SRD (m)	181	74,4
Sprint akciók – SA (db)	9,80	4,60
Nagy intenzitású gyorsítás-lassítás – HIAD (db)	116	24,1
Nagy teljesítményű táv – HPD (m)	2219	340
Player Load – PL	1442	110
Robbanékony akciók – EA (db)	58,5	33,5

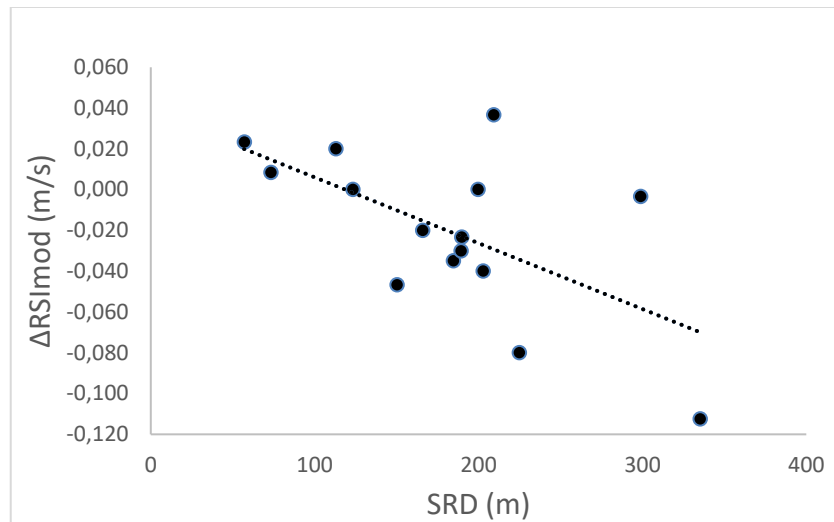
4. táblázat: Összegzett külső terhelési paraméterek

A vizsgálat során a készenlét paraméterek változásai és az összegzett külső terhelési mutatók között kerestük az összefüggést, ahol a negatív korrelációs együttható a készenlét érték csökkenését jelenti a külső terhelés növekedése mellett.

	Δ EMDF (N)	Δ RSImod (m/s)	Δ JH (cm)
TD (m)	0,098	-0,197	-0,062
HSRD (m)	0,182	-0,288	-0,027
HSA (db)	0,266	-0,273	0,016
SRD (m)	-0,024	-0,601*	-0,325
SA (db)	0,136	-0,568*	-0,228
HIAD (db)	0,167	-0,188	0,015
HPD (m)	0,093	-0,248	-0,028
PL	0,202	-0,039	0,149
EA (db)	0,214	0,004	0,222

5. táblázat: Korrelációs együtthatók a készenlét paraméterek változása és az összegzett külső terhelési paraméterek között (* $p < 0,05$)

A felugrási magasság és az EMDF változás és a külső terhelési paraméterek között nem találtunk szignifikáns kapcsolatot, de a módosított RSI változás (ΔRSI_{mod}) magas negatív korrelációt ($r = -0,601$ és $-0,568$) mutatott a sprintben megtett távval (SRD) és a sprintek számával (SA).



2. ábra: Összefüggés a ΔRSI_{mod} és az SRD között

5. Megbeszélés

Kutatásunk célkitűzése az volt, hogy megvizsgáljuk elit utánpótlás labdarúgók készenlét (neuromuszkuláris státusz) értékének változását egy mikrociklus során, három magas edzésterhelésű napot követően. Továbbá a külső edzésterhelési mutatókat összegeztük és összevetettük a készenlét paraméterek változásával. Feltételeztük, hogy keddről péntekre szignifikáns változás lesz a neuromuszkuláris státusz jelzésére alkalmas CMJ paraméterekben és ez a változás összefüggésben áll egyes külső terhelési változókkal.

Ugyan kevés publikáció született hasonló korosztályú elit labdarúgók bevonásával, az általunk mért CMJ paraméterek a nemzetközi szakirodalomban elérhető értékekhez hasonlítanak. Franceschi és munkatársai (2023) ugyancsak U17-es korosztályon végezte el kutatását és hasonló eredményeket kapott mind ugrási magasságban ($37,0 \pm 3,9$ cm), mind módosított RSI paraméterben ($0,53 \pm 0,08$ m/s). Rodríguez-Rosell és munkatársai (2016) spanyol U18-as korosztályon végeztek átfogó méréseket és szintén hasonló eredményt kaptak az ugrási magasság során ($36,7 \pm 4,6$ cm).

A külső terhelési mutatók összehasonlítására kevés publikáció áll rendelkezésre, de Malone és munkatársai (2015) számszerűsítették elit angol U18-as labdarúgók terhelési mutatóit egy mikrociklusra nézve. A teljes megtett táv a kiemelt három napon (MD-4, MD-3, MD-2) 16%-kal magasabb (15279 m) volt, mint az az általunk végzett kutatásban, de a nagy sebességű futással megtett táv mindössze az általunk mért táv 24%-a (221 m) volt, ami szintén alátámasztja kutatásuk egyik nagy limitációját, miszerint a kiválasztott mikrociklus a bajnoki szezon utolsó heteinek egyike volt, amikor már csak szintentartó edzés történt.

5.1. Keddi és pénteki nap készenlét paramétereinek összehasonlítása

Feltételeztük, hogy a három nagyterhelésű edzésnap után péntek reggel mért készenlét paraméterek alacsonyabb értéket fognak mutatni, mint a keddiek. Ennek a feltételezésnek racionális alapját a szakirodalmi kutatás során talált eredmények adták, amelyek akut terhelés esetén vizsgálták elit labdarúgók neuromuszkuláris státusz

változását a CMJ paramétereken keresztül (Gathercole és mtsai., 2015; Rowell és mtsai., 2017; Beattie és mtsai., 2021; Franceschi és mtsai., 2023).

Az ugrási magasság nem mutatott szignifikáns eltérést, amely összhangban van Malone és munkatársai (2015) által végzett kutatással, ugyan itt alacsonyabb mértékű volt a külső terhelés, mint saját kutatásunkban. Ezzel együtt az ugrási magasság nem számít érzékeny mutatónak a neuromuszkuláris státusz monitorozására (Bishop és mtsai., 2023), így ez az eredmény összhangban van az akut terhelés esetén talált eredményekkel is (Gathercole és mtsai., 2015; Franceschi és mtsai., 2023).

Mindkét készenlétre érzékeny paraméter, a módosított RSI érték és az átlagos excentrikus fékezési erő vizsgálata esetén is negatív tendenciát találtunk, azonban csak utóbbi változó mutatott szignifikáns eltérést keddről péntekre. Malone és munkatársai (2015) nem figyelték ezeket a paramétereket kutatásuk során, így eredményünket csak az akut terhelés vizsgálatokhoz tudjuk hasonlítani (Gathercole és mtsai., 2015; Franceschi és mtsai., 2023), amelyek a módosított RSI érték esetén is szignifikáns csökkenést mutattak. Kutatási eredményünk hátterében valószínűleg az áll, hogy a neuromuszkuláris rendszert és annak státuszát nem kizárólag a terhelés befolyásolja, hanem rengeteg más tényező is, mint például az alvás és pihenés minősége, a hidratáltság, a megfelelő táplálkozás, az érzelmi állapot és a nap folyamán átélt egyéb stressz is (French és Torres-Ronda, 2022). Ezeket egy akut terhelés vizsgálata során képesek vagyunk kontrollálni, mivel közvetlenül a terhelés előtt és után tesztelhetjük a sportolókat. Többnapos vizsgálat esetén viszont nagy egyéni különbségek lehetnek a befolyásoló életmódbeli tényezőkben, amik eltérő készenlét paraméter változásokat adhatnak azonos terhelések mellett. További magyarázata lehet eredményeinknek, hogy az utánpótlás labdarúgók 24-48 órával a mérkőzések vagy nagy edzésterhelések után teljesen regenerálódnak (Kunz és mtsai., 2019), így a péntek reggeli méréseken már nem mutattak szignifikánsan alacsonyabb értékeket.

5.2. Összefüggések a készenlét változása és a külső terhelési paraméterek között

Hipotézisünk szerint összefüggést vártunk a készenlét monitorozására használt CMJ paraméterek változása és a külső terhelési mutatók között. Ennek hátterében az állt, hogy a készenlétre érzékeny CMJ paraméterek összefüggést mutatnak egyes külső

terhelési mutatókkal, leginkább a nagy sebességű futással és a sprintben megtett távval (Beattie és mtsai., 2021).

Vizsgálatunk hasonló eredményt hozott, a módosított RSI érték változása magas összefüggést mutatott a sprintben megtett távval és a sprint akciók számával. Ugyanakkor a szignifikáns eltérést mutató átlagos excentrikus fékezési erővel nem találtunk összefüggést egyik külső terhelési paraméter kapcsán sem.

Az eredmény összhangban van azokkal a kutatásokkal is, amelyek a sprintben megtett távolság monitorozására hívják fel a figyelmet az alsóvégtagi (combhajlító izmok) sérülésmegelőzések érdekében. Duhig és munkatársai (2016) például arra jutottak, hogy azoknál a játékosoknál, akik a sérülést megelőző 4 hétben az éves átlaguknál lényegesen többet futottak nagy sebességgel (>24 km/h), nagyobb volt a combhajlítóizom-húzódási sérülés kockázata. Ezzel szemben a sérülés kockázatát nem befolyásolta a játékosok RPE-je, a teljes megtett távolság vagy a gyorsítások, lassítások száma. A vizsgálat tehát arra világít rá, hogy az átmenetileg megnövekedett nagysebességű futási távolságok növelik a combhajlítóizom sérülésének valószínűségét, tehát ennek a külső paraméternek a monitorozása kulcsfontosságú. Az alulterhelés ugyanakkor szintén növeli a sérülések kockázatát, a magas edzésterhelés ezzel szemben magasabb fitsségi szinthez vezethet, ami védőhatást gyakorol a sérülésekkel szemben (Gabbett, 2016). Az erőnléti edzők és a stáb feladata tehát annak a terhelési optimumnak a megtalálása, amely egyszerre fejleszti a játékosok kondicionális állapotát és védi őket a sérülésektől.

5.3. Limitációk

Kutatásunk eredményeit vizsgálva néhány korlátozást figyelembe kell venni. Vizsgálatunk egy korosztályra korlátozódott, így a mintaszám alacsony ($n = 15$), ami befolyásolhatja egyes megállapítások statisztikai szignifikanciáját. A vizsgálat további korlátja, hogy csak egy heti mikrociklust választottunk ki az elemzéshez, ami a megállapításokat egy 40 hetes szezonon belüli időszak egy adott hetére korlátozta. Azért választottuk ezt a kutatási tervet, mert ezt a hetet egy tipikus szezonközépi mikrociklusnak ítéltük meg, megfelelő külső terhelési célokkal az edzéseken. A jövőbeni kutatások azt is megvizsgálhatják, hogy milyen különbségek vannak a mérkőzéseken nem játszó és a rendszeresen játszó játékosok között a hétközi készenlét paraméterekben azonos külső edzésterhelést adagolva.

6. Összefoglalás és következtetések

Eredményeink alapján az első hipotézisünket, miszerint a pénteki készenlét érték alacsonyabb, mint a keddi a kiválasztott magas edzésterhelésű héten, az ugrási magasság és a módosított RSI paraméter tekintetében a megfigyelt negatív tendencia mellett is el kell vetnünk, mert nem találtunk szignifikáns különbséget. Az átlagos excentrikus fékezési erő esetén azonban szignifikáns csökkenést tapasztaltunk, így a hipotézist igazoltnak tekinthetjük, ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a hatásnagyság csak közepes mértékű volt. Az eredmények azt igazolják, hogy ugyan a külső terhelés befolyásolhatja a neuromuszkuláris státuszt vagy készenlétet, rengeteg más tényező (alvás és pihenés minősége, hidratáltság, megfelelő táplálkozás, érzelmi állapot, nap folyamán átélt egyéb stressz) is szerepet játszik ebben, amelyeket egy többnapos vizsgálat során nem tudunk teljesen kontrollálni. Ezért a csapatszintű elemzések mellett továbbra is szükséges az egyéni szintű készenlét monitorozása, mivel ugyanazon edzésterhelési inger jelentősen eltérő belső válaszokat válthat ki az egyéneknél. Következtetésünk összhangban van a szakirodalmi kutatás során talált eredményekkel is (Gathercole és mtsai., 2015).

Kutatásunk második célkitűzése az volt, hogy összefüggést találjunk a két nap közötti készenlét paraméter differencia és valamely összegzett külső terhelési mutató között. Hipotézisünk igaznak bizonyult a módosított RSI érték változása és a sprintben megtett táv és sprint akciók száma kapcsán, ezek között ugyanis magas összefüggést találtunk. Ez az eredmény jól kiegészíti azokat a kutatásokat, amelyek a sprintben megtett távolság monitorozására hívják fel a figyelmet az alsóvégtagi, elsősorban a combhajlító izomcsoport sérülésmegelőzések érdekében (Duhig és mtsai., 2016). Ugyanakkor az összes további külső terhelési paraméter nem mutatott szignifikáns összefüggést a készenlét változásával és a sprint paraméterek is egy nem szignifikáns változást mutató készenlét paraméterrel mutattak erős kapcsolatot, ami megerősíti korábbi feltevésünket, miszerint a külső terhelés ugyan befolyásolhatja a játékosok készenlétét, neuromuszkuláris státuszát egy mikrociklus vizsgálata során, de ez csak egy a sok befolyásoló tényezőtől.

7. Irodalomjegyzék

- Afonso J, Bessa C, Nikolaidis PT, Teoldo I, Clemente F. (2020) A systematic review of research on Tactical Periodization: Absence of empirical data, burden of proof, and benefit of doubt. *Human Movement*, 21(4), 37–43.
- Alba-Jiménez C, Moreno-Doutres D, Peña J. (2022) Trends Assessing Neuromuscular Fatigue in Team Sports: A Narrative Review. *Sports (Basel)*
- Beattie CE, Fahey JT, Pullinger SA, Edwards BJ, Robertson CM. (2021) The sensitivity of countermovement jump, creatine kinase and urine osmolality to 90-min of competitive match-play in elite English Championship football players 48-h post-match. *Sci Med Footb.* 5(2):165-173.
- Bishop C, Jordan M, Torres-Ronda L, Loturco I, Harry J, Virgile A, Mundy P, Turner A, Comfort P. (2023) Selecting metrics that matter: comparing the use of the countermovement jump for performance profiling, neuromuscular fatigue monitoring and injury rehabilitation testing. *Strength and Conditioning Journal.* 45 (5), pp. 545-553.
- Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, Amadio AC, Serrão JC. (2017) The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 20(4):397-402.
- Delgado-Bordonau J L, Mendez-Villanueva A. (2012). Tactical Periodization: Mourinho's best-kept secret? *Soccer Journal*, 57(3), 28–34.
- Duhig S, Shield AJ, Opar D, Gabbett TJ, Ferguson C, Williams M. (2016) Effect of high-speed running on hamstring strain injury risk. *Br J Sports Med.* 50(24): 1536-1540.
- Duncan NF, Lorena TR. (2022) NSCA's Essentials of Sport Science. *Human Kinetics*
- Enoka RM, Duchateau J. (2016) Translating Fatigue to Human Performance. *Med Sci Sports Exerc.* 48(11):2228-2238.
- Franceschi A, Robinson MA, Owens D, Brownlee T, Ferrari Bravo D, Enright K. (2023) Reliability and sensitivity to change of post-match physical performance measures in elite youth soccer players. *Front Sports Act Living.* 5:1173621.

- Gabbett TJ. (2016) The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.* 50(5):273-80.
- Gathercole R, Sporer B, Stellingwerff T, Sleivert G. (2015) Alternative countermovement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *Int J Sports Physiol Perform.* 10(1):84-92.
- Halsen SL, Jeukendrup AE. (2004) Does overtraining exist?: an analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med* 34:967-981.
- Hopkins WG. (2000) A new view of statistics. Internet Society for Sport Science. Forrás: <http://www.sportsci.org/resource/stats>
- Komi PV. (2000) Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech.* 33(10):1197-206.
- Kunz P, Zinner C, Holmberg HC, Sperlich B. (2019) Intra- and Post-match Time-Course of Indicators Related to Perceived and Performance Fatigability and Recovery in Elite Youth Soccer Players. *Front Physiol.* 15;10:1383.
- Malone JJ, Murtagh CF, Morgans R, Burgess DJ, Morton JP, Drust B. (2015) Countermovement jump performance is not affected during an in-season training microcycle in elite youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 752–757
- Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Franco-Márquez F, Yáñez-García JM, González-Badillo JJ. (2017) Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *J Strength Cond Res.* 31(1):196-206.
- Rowell AE, Aughey RJ, Hopkins WG, Stewart AM, Cormack SJ. (2017) Identification of Sensitive Measures of Recovery After External Load From Football Match Play. *Int J Sports Physiol Perform.* 12(7):969-976.