

Külső és belső fókuszú instrukciók hatása a függőleges felugrás kinematikai paramétereire U12-es korosztályú labdarúgóknál

Bevezetés

A motoros tanulás és a mozgásminták optimalizálása az emberi mozgáskutatás központi kérdése, kiemelten a sporttudomány és azon belül is az edzéselmélet területén. A vertikális ugrás, különösen az előzetes súlypontosüllyesztésből végrehajtott felugrás (countermovement jump, CMJ) egy széles körben (eddig 4047 tanulmányban, PubMed, letöltés ideje: 2025.01.20. (*Countermovement Jump - Search Results - PubMed*, n.d.)) alkalmazott mérési módszer a sportolók reaktíverejének, és egyben az izomzat nyújtásos-rövidülési ciklusának (stretch-shortening cycle, SSC) vizsgálatára (R.G. Gheller et al., 2023). Az SSC a harántcsíktolt izom egyedülálló kontrakció típusa, amely lehetővé teszi az elasztikus energia tárolását és felszabadítását (Bosco et al., 1982; Cavagna et al., 1968). Ez az energia-visszanyerés akár 2-4 cm-rel is növelheti a CMJ típusú ugrás magasságát a guggolásból indított vertikális felugráshoz képest (Bobbert & Casius, 2005). Az SSC mechanizmusának mélyebb megértése és alkalmazása napjainkban különösen fontos az élsportban.

Az SSC három fázisból áll, mely fázisok neuromechanikai szempontból egymástól függenek. Az excentrikus fázis (1. fázis) során az aktív izom nagy sebességű izomhosszváltozáson megy keresztül. A nagy sebességű mozgás mint inger az izomorsón keresztül aktiválja a monoszinaptikus nyújtási (myotatikus) reflexet, amely az azt követő koncentrikus kontrakcióban többleterő-kifejtést tesz lehetővé (Dietz et al., 1979; McDermott et al., 2023). A nagyobb nyújtási sebesség növeli az akciós potenciálok frekvenciáját, ami erőteljesebb reflexválaszt eredményez (Blum et al., 2017; Kyröläinen & Komi, 1994). Ezzel egyidőben az excentrikus fázisban az izom-ín rendszer párhuzamos és soros elasztikus elemei a nyújtás hatására elasztikus energiát tárolnak el. (Bosco & Rusko, 1983; Tomalka et al., 2021). Az excentrikus fázist követi egy rövid ideig tartó izometrikus kontrakcióból álló amortizációs (tranzíciós idő) fázis (2. fázis). Végül, a koncentrikus fázisban (3. fázis) az izom rövidülésekor egyesül az akaratlagos aktivitásból és a tárolt mechanikai energiából származó erő (Komi, 2000), ezzel növelve az ízületi forgatónyomaték nagyságát a mozgások során (Groeber et al., 2020). A mozgás során tárolt elasztikus energia hasznosulása függ az excentrikus-koncentrikus átmenet idejének hosszától. Ha az átmenet lassan megy végbe, a tárolt energia hő formájában disszipálódik (Wilson et al., 1991)

Az állatvilágban számos faj hatékonyan használja ki az SSC mechanizmust, amely evolúciós előnyt jelent számukra az életben maradáshoz. Az impalák (*Aepyceros melampus*) kivételesen nagy sebessége és gyors irányváltoztatási képessége az SSC hatékony hasznosításának kiváló példája (A. M. Wilson et al., 2018). A vöröshasú padmelon (*Thylogale billardieri*), amely egy kistermetű kenguruféle, a hosszú ínakknak köszönhetően minimális többletenergia-költséggel képes nagyobb sebességre gyorsulni és nagy távolságokat megtenni (Morgan et al., 1978). Az emberek esetében e mechanizmus tudatos fejlesztése elsősorban az élsportteljesítmény növelésében játszik szerepet. Az SSC, mint az ideg-izom-ín rendszer egyedi tulajdonsága multidimenzionális módon támogathatja a sportolók teljesítményét. Mindamellett, hogy ugróatléták (Jo & Lee, 2023) és sprinterek teljesítményét (Harrison et al., 2004) az SSC rendkívüli módon befolyásolja, sportjátékokban például a szintén SSC-n alapuló gyors irányváltoztatási képességet/agilitást a siker egyik meghatározó tényezőjeként tartják számon (Horníková et al., 2021; Sekulic et al., 2017). Ezt igazolja az a kutatás, amelyben elit kézilabdázóknál az elasztikus energia hatékonyabb felhasználása magasabb szintű agilitási képességet eredményezett, szemben az amatőr kézilabdázókkal (Romaratezabala et al., 2020). Nem utolsósorban, számos tudományos adat igazolja, hogy az elasztikus energia tárolása és visszanyerése kiemelten fontos az állóképességi sportokban is, mivel javítja a mozgás gazdaságosságát, azaz az egységnyi mechanikai munkavégzésre eső oxigénfogyasztást (Hébert-Losier et al., 2014; Meszler et al., 2019; Saunders et al., 2006).

Míg a korábban említett gerinces állatok esetében az SSC magasszintű kihasználása természetes folyamat, az embereknél ennek elsajátítása tanuláson és a megfelelő mozgásmintázatok kialakításán keresztül valósul meg. A teljesítményorientált motoros készségek végrehajtása nem csak fizikai képességeket, hanem figyelmet és kognitív erőforrásokat is igényel. A motoros tanulás és teljesítmény jelentős mértékben múlik a figyelem irányán. A figyelem iránya lehet belső fókuszú, vagy külső fókuszú (Wulf et al., 1998). A belső fókusz esetén a sportoló a mozgás valamely fontos kinematikai jellemzőjére vagy a mozgás egy bizonyos fázisára összpontosít. Belső fókuszú utasításnak számít, amikor a CMJ típusú ugrás teljesítményének növelése érdekében az edzők arra utasítják a sportolóikat, hogy a felugrást előzze meg pl. egy gyorsabb súlypontsüllyesztés. Ezzel szemben a külső fókusz a figyelmet a mozgás globális eredményére, a külső környezetre vagy egy eszközre irányítja, így optimalizálva a kognitív erőforrások felhasználását (Wulf et al., 2001). Például Letafatkar, 2020-as vizsgálatában azt a külső fókuszú utasítást kapták a résztvevők, hogy próbálják meg a Vertec típusú súlypontemelkedést mérő eszköz legfelső lévét elérni. A szakirodalom szerint

fókusz nélküli instrukciónak számít az, amikor a sportolónak azt az utasítást adják egy CMJ ugrásnál, hogy „ugorj magasra”, és a kutatók ezt a fajta instrukciót kontrollként alkalmazzák. Az edzéselmélet területén közel három évtizede intenzíven kutatják a különböző fókuszú instrukciók hatásait. Ebben az időszakban született tanulmányok bizonyították, hogy a külső fókuszú instrukció fokozza az izokinetikus erő kifejtést (Lohse et al., 2011), és az egyensúlyozó képességet (Jackson, 2011), illetve javítja a kosárlabda büntetődobás (Milley & Ouellette, 2021) és a röplabda nyitás (Razak et al., 2023) pontosságát.

Probléma felvetés

Felnőtt sportolóknál kimutatták, hogy a külső fókuszú instrukció nagyobb felugrási magasságot eredményez a CMJ típusú ugrás során a belső fókuszú instrukcióhoz képest (Kershner et al., 2019; Letafatkar et al., 2020). A külső és belső fókuszú instrukciók hatása a gyerekekkel végzett vizsgálatokban rendkívül ellentmondásos. Mélybeugrás teszt során a külső fókuszú instrukció bizonyult eredményesebbnek (Oliver et al., 2021), míg CMJ teszt esetében (Moran et al., 2023) nem volt különbség a külső és belső fókuszú instrukciók között. A gyerekek körében végzett kutatások célja általában az volt, hogy elemezzék a különböző fókuszú verbális utasítások hatását az ugrótesztek különböző kinetikai paramétereire. A vizsgálatban többek között olyan változókat mértek, amelyek bizonyítottan meghatározzák a CMJ típusú ugrás magasságát. Ilyen teljesítménymutatók a maximális koncentrikus csúcsteljesítmény (Barker et al., 2018) és az átlagos koncentrikus teljesítmény (Linthorne, 2021). A gyermekek sportmozgásainak technikai fejlesztésének/korrekciónak lehetőségei napjainkban is intenzíven kutatott terület (Souissi et al., 2021; Thacker et al., 2022). Ugyanakkor az SSC helyes mozgásmintázatának gyermekkori kialakítása kiemelten fontos lehet a fentiekben említett, sportteljesítményt támogató tulajdonsága miatt, de ezzel kapcsolatban nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre. Végül fontos azt is kiemelnünk, hogy ha egy adott instrukció a sportoló felugrási magasságát növeli is, ez önmagában még nem jelenti azt, hogy az SSC potenciált maximálisan kihasználta, hiszen a felugrási magasságot egy CMJ tesztnél a térdízület mozgástartománya is jelentősen befolyásolja, ezt azonban a korábbi vizsgálatokban nem kontrollálták.

Célkitűzés, hipotézisek

A fenti tudományos limitációk tükrében kutatásunk célja az volt, hogy vizsgáljuk a külső és belső fókuszú instrukciók hatását a CMJ típusú ugrás magasságára, valamint az SSC mechanizmust befolyásoló kinematikai paraméterekre. Tekintettel arra, hogy az SSC számos,

labdarúgásban megnyilvánuló mozgásformában (futás, ugrás, irányváltás) jelen van, és a mozgásgazdaságosságnak is jelentős szerepe van ebben a sportban, ezért kutatásunk fókuszában U12-es korosztályú akadémiai labdarúgó fiúk álltak. Feltételeztük, hogy a külső és belső fókuszú instrukciók alkalmazása eltérő hatást váltanak ki a felugrási magasságra, a térdízület kinematikájára, valamint a vastus lateralis és medialis izmok EMG aktivitására.

Anyagok és módszerek

Vizsgálati személyek

A vizsgálatban 40 egészséges, U12-es korosztályban versenyző akadémiai labdarúgó fiú vett részt. A vizsgálati személyek deskriptív adatai az 1. táblázatban találhatók. A beválasztási kritériumok közé tartozott a rendszeres labdarúgóedzésen való aktív részvétel és a sérülésmentes állapot. A kizárási kritériumok magukban foglalták a gerinc-, csípő-, térd- és bokaízületek aktuális sérüléseit, korábbi műtéteit, valamint az ortopédiai eredetű fájdalmakat. A résztvevők edzésmúltjuknak köszönhetően már ismerték a CMJ típusú ugrás technikáját. A vizsgálatot megelőzően a gyerekek és szüleik részletes tájékoztatást kaptak a kutatás céljáról és menetéről. A részvétel önkéntes alapon történt, a résztvevők és törvényes képviselőik írásos beleegyezést adtak a kutatásban való részvételhez.

Vizsgálati elrendezés

A kutatás során a verbális instrukciók hatását vizsgáltuk a CMJ típusú ugrás magasságára és neurokinematikai paramétereire. A vizsgálatot megelőzően a résztvevők felugrási magasságát megmértük saját edzőkörnyezetükben, egy hordozható eszköz segítségével (OptoJump, Microgate, Bolzano, Olaszország). Erre azért volt szükség, hogy a kapott értékek rangsorolásával, felugrási képesség szempontjából homogén vizsgálati csoportokat alakítsunk ki (1. táblázat). Négy vizsgálati csoportot hoztunk létre: kontroll csoport (KONT), külső fókuszú csoport (KF), belső fókuszú excentrikus csoport (BFE), belső fókuszú koncentrikus csoport (BFK) (1. ábra). A vizsgálat három tesztperiódusból állt (kontroll teszt, instruált teszt, 48 h kontroll teszt). Mindhárom tesztperiódus során a vizsgálati személyek 3 maximális erejű, előzetes súlypontosüllyesztésből végrehajtott (CMJ típusú) felugrást hajtottak végre. Az ismétlések között 2 perces pihenőidőt alkalmaztunk (Kershner et al., 2019). A kontroll tesztperiódus szolgált a CMJ típusú ugrás neurokinematikai paramétereinek mérésére oly módon, hogy sem külső sem belső fókuszú instrukciót nem alkalmaztunk. Ebben a tesztperiódusban a CMJ teszt előtt mind a négy csoport vizsgálati személyei az alábbi általános utasítást kapták: „Ugorj olyan magasra, amilyen magasra csak tudsz!”.

1.táblázat: vizsgálati személyek deskriptív adatai.

	Kontrollcsoport (n=10)	Külső fókuszú csoport (n=10)	Belső fókuszú excentrikus csoport (n=10)	Belső fókuszú koncentrikus csoport (n=10)	p érték
Életkor (év)	11,4±0,5	11,4 ±0,5	11,5±0,5	11,2±0,4	0,594
Testmagasság (cm)	151,0±7,2	149,7±5,3	151,3±8,5	147,5±7,1	0,672
Testtömeg (kg)	39,4±6,3	37,1±5,3	40,2±8,8	40,9±6,3	0,628
Sporttal töltött évek száma (év)	5,0±0,8	4,9 ±1,2	5,0±1,1	4,7±0,9	0,899
Heti edzés (óra/hét)	9,4±1,0	9,2±1,0	9,2±1,0	9,0±1,1	0,857
CMJ magasság (cm)	22,1±1,7	22,2±1,3	21,6±2,2	22,4±1,9	0,601

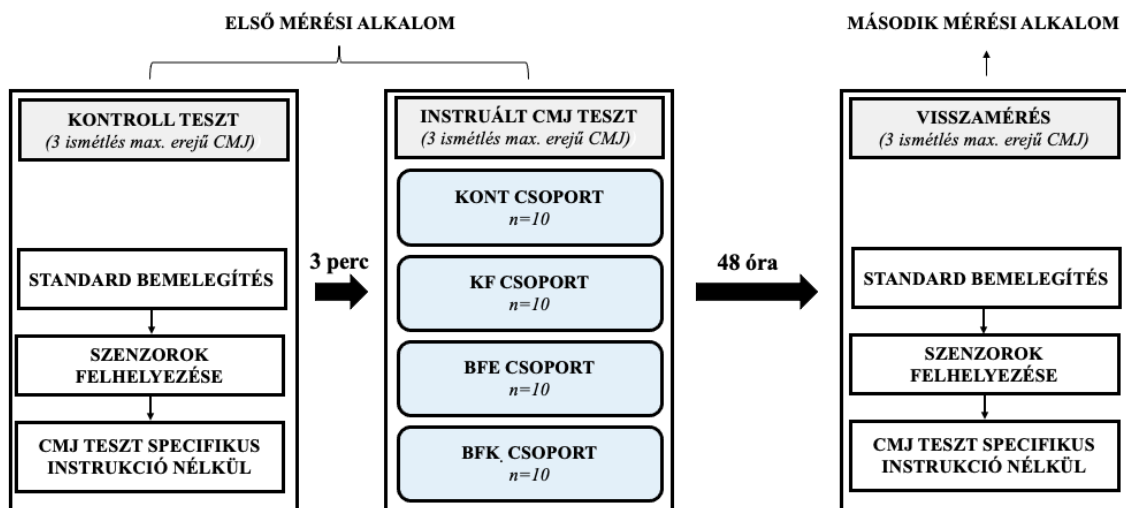
CMJ: countermovement jump

A kontroll tesztperiódus után 3 perccel következett az instruált tesztperiódus. Az instruált tesztperiódus alatt az ugrások előtt a résztvevők a 2. táblázatban látható, a csoportjuknak megfelelő instrukciót kapták (Krzyszowski et al., 2022).

2. táblázat: Csoport-specifikus instrukciók az instruált tesztperiódus alatt.

Kontrollcsoport (KONT):	„Ugorj olyan magasra, amilyen magasra tudsz!”
Külső fókuszú csoport (KF):	„A felugrás során arra összpontosíts, hogy fejeddel elérd a plafont!”
Belső fókuszú excentrikus csoport (BFE):	„A felugrás során arra összpontosíts, hogy olyan gyorsan süllyeszd a súlypontod, amilyen gyorsan csak tudod!”
Belső fókuszú koncentrikus csoport (BFK):	„A felugrás során arra összpontosíts, hogy olyan erősen lökd el magad a talajtól, amennyire csak tudod!”

Az instruált tesztperiódus után 48 órával újabb, 3 maximális erejű CMJ típusú ugrást hajtottak végre a vizsgálati személyek (48 h kontroll teszt). Itt az ugrások előtt a kontroll tesztperiódushoz hasonlóan azt az utasítást kapták, hogy: „Ugorj olyan magasra, amilyen magasra csak tudsz!”. A kontroll és a 48 h kontroll tesztperiódusok előtt a vizsgálati személyek egy irányított bemelegítést végeztek, ami tartalmazott öt perc ergométeres kerékpározást, dinamikus nyújtógyakorlatokat, és hatszor tíz ismétlésből álló szökdelést (Makaruk, 2013). A tesztperiódusok előtt a résztvevők domináns lábára mozgáskövető szenzorokat helyeztünk fel, amit labda elrúgás módszerrel határoztunk meg (Liu et al., 2023). A domináns láb vastus lateralis (VL) és medialis (VM) izmok elektromyográfiai (EMG) változásait kizárólag a kontroll és az instruált tesztperiódusokban rögzítettük.



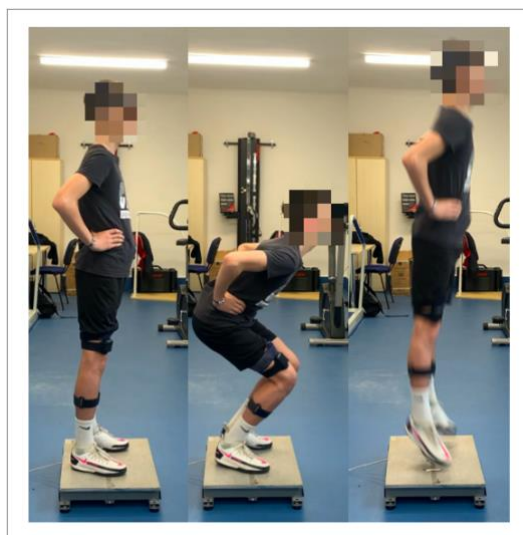
1.ábra: Vizsgálati elrendezés a különböző fókuszú instrukciók hatásának vizsgálatára a CMJ ugrás magasságára, és az azt befolyásoló kinematikai paraméterekre, valamint a VL és VM izmok EMG aktivitására. CMJ: countermovement jump KONT: kontroll csoport, KF: külső fókuszú csoport, BFE: belső fókuszú excentrikus csoport, BFK: belső fókuszú koncentrikus csoport.

CMJ típusú felugrás

A vizsgálati személyek az előzetes súlypontosüllyesztéssel végrehajtott felugrásokat (CMJ) egy Tenzi típusú erőplaton (Tenzi Kft., Pilisvörösvár, Magyarország, mintavételi frekvencia: 420 Hz) végezték el, amely a talajreakció-erő mérésére szolgáló műszer (2. ábra). A CMJ típusú ugrást megelőzően a résztvevők csípőszéles terpeszállásban, kezüket csípőre helyezve álltak kiinduló helyzetben. A súlypontosüllyesztést ebből a pozícióból kezdték meg, majd a felugrást követően az erőplatóra érkeztek vissza, úgy, hogy a kezük végig csípőre tartásban maradt. A fentiekben leírt kontroll vagy csoport-specifikus instrukciókon kívül semmilyen egyéb instrukciót nem adtunk a vizsgálati személyeknek a felugrás dinamikájára vagy technikájára vonatkozóan. Az erő-idő görbe adataiból felugrási impulzust számítottunk az alábbi képlet alapján:

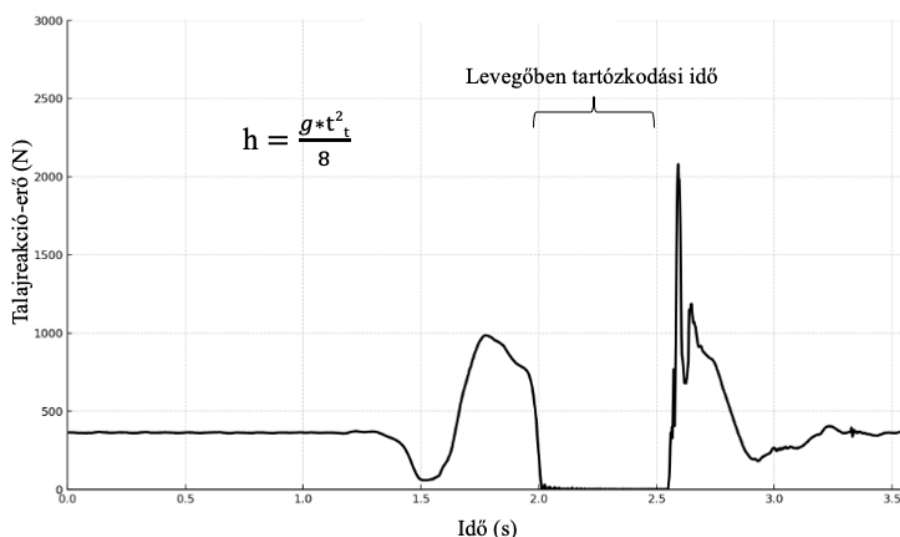
$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

ahol a $\vec{J}$ = propulzív impulzus, az $\vec{F}$ = a testre ható erő t_1 és t_2 időtartomány között. Az értékeket ezt követően a vizsgálati személyek testtömegéhez normalizáltuk.



2. ábra: Neurokinematikai paraméterek és talajreakcióerő mérése CMJ típusú felugrás végrehajtása alatt.

A felugrási magasságot a CMJ típusú ugrások végrehajtása során a levegőben tartózkodási időből számítottuk ki. A tesztek során az erőplatóra kifejtett vertikális talajreakcióerőt az idő függvényében rögzítettük, majd az erő-idő görbe alapján meghatároztuk a levegőben tartózkodás idejét. A levegőben tartózkodási idő az elrugaszkodás és a leérkezés között eltelt idő (3.ábra). A leérkezés pillanatának azt az időpontot tekintettük, amikor a függőleges talajreakcióerő meghaladta a 10 N-t (Pérez-Castilla & García-Ramos, 2018).



3.ábra: A CMJ típusú felugrás során rögzített talajreakcióerő változása az idő függvényében. Az ábrán látható képlet segítségével számoltuk ki a felugrás magasságát, ahol a h: az ugrás magassága (m), g: gravitációs gyorsulás (9,81 m/s²), t_t: levegőben tartózkodási idő.

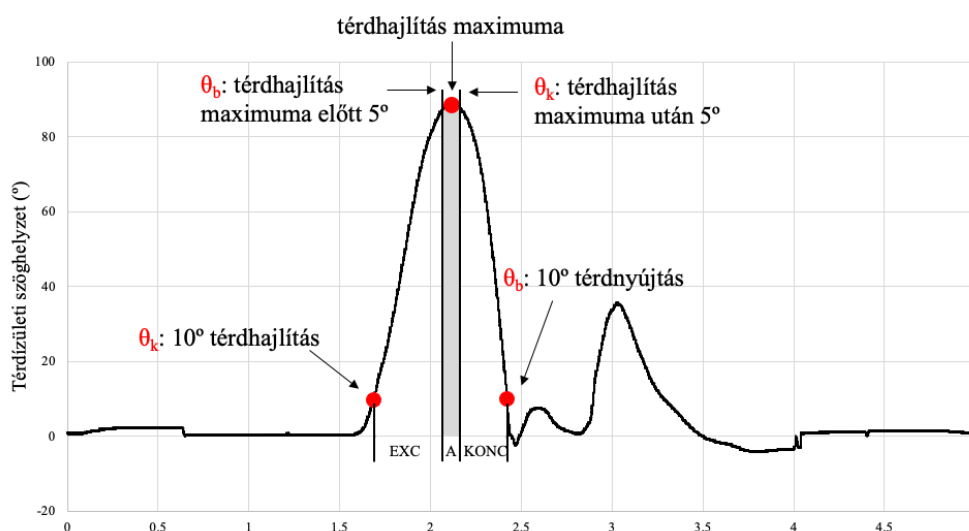
Kinematikai adatok gyűjtése

A térdízület kinematikai vizsgálatához 3D-s, vezeték nélküli MyoMotion mozgáskövető rendszert használtunk (Noraxon, Scottsdale, Arizona, U.S.A., mintavételi frekvencia: 100 Hz). A szenzorok a medence-, comb- és sípcsontra történő felhelyezéséhez és kalibráláshoz a gyártó ajánlásait követtük. A CMJ típusú ugrások során meghatároztuk a térdízület csúcshajlítási szögsebességét a mozgás excentrikus és koncentrikus fázisában, valamint a maximális térdhajlítás mértékét a súlypontsüllyesztéskor. A mérések alatt a 0°-os pozíciót tekintettük a nyújtott ízületi helyzetnek (álló testhelyzet), amit úgy kalibráltunk be, hogy a vizsgálati személy 20 másodpercen keresztül mozdulatlanul állt. A vizsgálat alatt a szenzorok által képzett ízületi szögeknek a helyzetét az idő függvényében rögzítettük, amelyekből meghatároztuk a térdhajlítás maximumát, valamint a térdízület excentrikus és a koncentrikus szögsebességének maximumát (Rodrigo G. Gheller et al., 2015). A térdízület szögsebességét az alábbi képlet alapján határoztuk meg:

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_b - \theta_k}{\Delta t}$$

ahol az ω : a szögsebességet (°/s), a $\Delta\theta$: térdízület szögelfordulását (°), a Δt : az eltelt időt (s), θ_b : a befejező szöghelyzetet, θ_k : pedig a kezdő szöghelyzetet jelöli.

Az excentrikus fázist a térd 10°-os hajlításától (θ_k) a maximális térdhajlítás előtti 5°-ig (θ_b) terjedő szakaszként határoztuk meg. A koncentrikus fázis a maximális térdhajlítást követő 5°-tól (θ_k) a térd 10°-os kinyúlásig (θ_b) tartott (4.ábra).



4.ábra: A CMJ típusú felugrás során rögzített térdhajlítás változása az idő függvényében. Az ábrán látható módon határoztuk meg az ugrás excentrikus, koncentrikus és amortizációs fázisait, ahol a θ_k : a kezdő szöghelyzetet, θ_b : a befejező szöghelyzetet, EXC: excentrikus fázist, KONC: koncentrikus fázist, A: amortizációs fázist jelöli.

Elektromyográfia

A mérések megkezdése előtt a bőrfelületet gondosan előkészítettük azzal, hogy a bőrfelületen található zsírt alkohollal eltávolítottuk. A VL és VM izmokra bipoláris (Ag/AgCl), felszíni elektródákat (Noraxon Dual EMG Electrode; átmérő: 10 mm, elektródák közötti távolság: 30 mm) helyeztünk fel. Az elektródák felhelyezésekor a SENIAM (Surface EMG for Non-Invasive Assessment of Muscles) hivatalos ajánlásait követtük (*Sensor Locations*, n.d.). Az EMG adatokat az ugrás excentrikus és koncentrikus, valamint az amortizációs fázisaiban gyűjtöttük. Az excentrikus és koncentrikus fázisokat már a kinematikai adatok gyűjtése bekezdésben definiáltuk. Az amortizációs fázist a térdhajlítás maximuma előtti és utáni 5°-os tartományként határoztuk meg (4. ábra). A kapott adatokat root mean square (RMS) módszerrel simítottuk 50 ms-os időablakokban (Harry et al., 2020). Az EMG jeleket 2000 Hz-es mintavételi frekvenciával gyűjtöttük (Noraxon, Scottsdale, Arizona, U.S.A.).

Statisztikai számítások

Az adatokat átlag $\pm$ szórás formájában mutatjuk be. Minden vizsgált változó eloszlását Shapiro-Wilk teszttel ellenőriztük. A csoport (KONT, KF, BFE, BFK) és az idő (kontroll, instruált, 48 h kontroll tesztperiódusok) interakciójának vizsgálatára kétszemponthus ismétléses varianciaanalízist (two-way repeated measures ANOVA) alkalmaztunk. Szignifikáns interakció esetén Tukey-féle post-hoc összehasonlítást végeztünk. Az elemzésekhez az OriginPro 2018 (OriginLab Corporation, Northampton, U.S.A.) statisztikai szoftvert használtuk. A szignifikáns időbeli változásokat Cohen-féle hatásnagysággal jellemeztük ($d = 0,50 - 0,79$ közepes, $d \geq 0,80$ nagy hatásnagyság) valamennyi változó esetében. A szignifikancia szintet $p < 0,05$ -ben határoztuk meg.

Eredmények

Shapiro-Wilk teszttel megállapítottuk, hogy a változók normál eloszlásúak voltak. A négy csoport között nem volt szignifikáns különbség a felugrási magasság kiinduló értékében ($p = 0,601$). A Pearson-féle korrelációs vizsgálat kimutatta, hogy erős, pozitív kapcsolat volt megfigyelhető a testtömeghez normalizált propulzív impulzus és a felugrási magasság között ($R = 0,91$, $p = 0,001$).

Felugrási magasság

Az ugrás magasság vizsgálatakor szignifikáns idő főhatást találtunk ($F = 27,40$, $p < 0,001$). Az elemzés továbbá jelentős csoport és idő faktorok közötti interakciót mutatott ($F =$

14,64, $p = 0,025$).

A post-hoc elemzés kimutatta, hogy a külső fókuszú csoport ($p < 0,001$, $d = 1,69$) és a belső fókuszú koncentrikus csoport ($p = 0,036$, $d = 1,01$) felugrási magassága a kontroll tesztről az instruált tesztre jelentősen megnőtt (3. táblázat). Ezzel szemben a kontroll és a belső fókuszú excentrikus csoportoknál nem következett be jelentős változás. A párosított összehasonlítások kimutatták, hogy külső fókuszú csoportnak ($p = 0,027$, $d = 1,02$) a felugrási magassága jelentősen csökkent az instruált tesztről a 48 h kontroll tesztre, míg a többi csoportban nem találtunk szignifikáns különbséget.

3.táblázat: A CMJ típusú ugrás magassága a külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnál a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>CMJ magasság (cm; átlag $\pm$ szórás; % változás)</i>				
Kontroll teszt	22,1 $\pm$ 1,8	22,9 $\pm$ 1,6	22,6 $\pm$ 2,0	21,9 $\pm$ 2,2
Instruált teszt	22,6 $\pm$ 2,0 (2,2% $\uparrow$)	26,0 $\pm$ 2,1 (13,5% $\uparrow$) 0,000*	23,4 $\pm$ 1,8 (3,5% $\uparrow$)	23,9 $\pm$ 1,7 (9,1% $\uparrow$) 0,036*
48 h kontroll teszt	22,4 $\pm$ 1,7 (0,88% $\downarrow$)	23,9 $\pm$ 2,0 (8,0% $\downarrow$) 0,027$\wedge$	22,3 $\pm$ 2,2 (4,7% $\downarrow$)	22,6 $\pm$ 2,0 (5,4% $\downarrow$)

$\uparrow$: növekedés, $\downarrow$: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

$\wedge$: szignifikáns különbség az instruált és a 48 h kontroll tesztperiódus értékei között

Excentrikus fázisban mért térdízületi csúcscsögsebesség

Szignifikáns idő főhatást találtunk az ugrás excentrikus fázisában mért térdízületi csúcscsögsebesség ($F = 6,37$, $p = 0,026$) elemzés során (4.táblázat). A csoport és az idő közötti kölcsönhatás szintén szignifikáns volt ($F = 13,28$, $p = 0,028$).

A párosított összehasonlítások felfedték, hogy a kontroll tesztről az instruált tesztre a külső fókuszú ($p = 0,027$, $d = 1,68$) és a belső fókuszú excentrikus ($p = 0,049$, $d = 1,27$) csoportok csúcscsögsebessége jelentősen megemelkedett, míg a kontroll és belső fókuszú koncentrikus csoportoknál változatlan maradt (4. táblázat). Az instruált tesztről a 48 h kontroll tesztre egyik csoportnál sem találtunk szignifikáns változást.

4.táblázat: A CMJ típusú ugrás excentrikus fázisában mért térdízületi csúcsszögsebessége a külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnak a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>excentrikus térdízületi csúcsszögsebesség (°/s; átlag ± szórás, % változás)</i>				
Kontroll teszt	290,3±41,9	282,8±28,0	282,5±23,4	284,8±47,3
Instruált teszt	294,4±52,1 (1,4% ↑)	338,0±37,1 (19,5% ↑) 0,027*	332,4±50,2 (17,7% ↑) 0,049*	280,3±46,6 (1,58% ↓)
48 h kontroll teszt	292,6±50,2 (0,6% ↓)	304,2±37,9 (10,0% ↓)	295,2±52,1 (11,2% ↓)	287,2±43,7 (2,5% ↑)

↑: növekedés, ↓: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

Δ: szignifikáns különbség az instruált és a 48 h kontroll tesztperiódus értékei között

Koncentrikus fázisban mért térdízületi csúcsszögsebesség

A varianciaanalízis szignifikáns idő főhatást mutatott ($F = 23,56$, $p < 0,001$) a koncentrikus fázisban mért térdízületi csúcsszögsebesség vizsgálata során. Az analízis továbbá szignifikáns csoport és idő interakciót mutatott ($F = 12,41$, $p = 0,031$).

A Tukey-féle párosított összehasonlítás kimutatta, hogy a térdízületi csúcsszögsebessége a külső fókuszú csoportnak ($p < 0,001$, $d = 1,65$) és a belső fókuszú csoportnak ($p = 0,003$, $d = 1,23$) jelentősen megnőtt a kontroll tesztről az instruált tesztre (5. táblázat). A többi csoportban nem találtunk változást. Az elemzés kimutatta továbbá, hogy a külső fókuszú ($p < 0,001$, $d = 0,83$) és a belső fókuszú koncentrikus ($p < 0,001$, $d = 0,68$) csoportoknak jelentősen csökkent a csúcsszögsebessége az instruált tesztről a 48 h kontroll tesztre, míg a kontroll és belső fókuszú excentrikus csoportoknál nem volt megfigyelhető változás.

5.táblázat: A CMJ típusú ugrás koncentrikus fázisában mért térdízületi csúcshöghetessége a külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnak a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>koncentrikus térdízületi csúcshöghetesség (°/s; átlag ± szórás, % változás)</i>				
Kontroll teszt	1029,8±90,5	1040,3±88,5	1027,3±53,4	1036,3±92,1
Instruált teszt	1025,0±61,7 (0,4% ↓)	1263,8±79,5 (21,4% ↑) 0,000*	986,3±90,0 (4,0% ↓)	1223,2±74,5 (18,1% ↑) 0,003*
48 h kontroll teszt	1044,5±88,8 (1,9% ↑)	1104,6±93,1 (12,5% ↓) 0,000^Δ	1036,2±74,8 (5,1% ↑)	1083,0±90,9 (11,5% ↓) 0,000^Δ

↑: növekedés, ↓: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

Δ: szignifikáns különbség az instruált és a 48 h kontroll tesztperiódus értékei között

Maximális térdhajlítás

A CMJ típusú ugrások végrehajtása során a statisztikai elemzés nem mutatott szignifikáns idő főhatást ($F = 0,52$, $p = 0,611$), vagy jelentős csoport és idő interakciót ($F = 1,42$, $p = 0,415$) a térdhajlítás mértékének változásának vizsgálatakor (6.táblázat).

6.táblázat: A CMJ típusú ugrás során a térdhajlítás maximuma külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnak a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>térdhajlítás maximuma (°; átlag ± szórás, % változás)</i>				
Kontroll teszt	86,3±9,6	85,2±11,3	82,5±10,1	86,9±5,2
Instruált teszt	84,2±8,7 (2,4 % ↓)	83,8±6,6 (1,6 % ↓)	84,7±9,0 (2,7 % ↑)	85,2±5,2 (2,0 % ↓)
48 h kontroll teszt	90,2±8,0 (7,1 % ↑)	83,8±7,2 (0,0 %)	83,9±8,8 (0,9 % ↓)	87,1±8,1 (2,2 % ↑)

↑: növekedés, ↓: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

Δ: szignifikáns különbség az instruált és a 48 h kontroll tesztperiódus értékei között

A vastus lateralis és medialis izom átlagos aktivációja az excentrikus fázisban

A CMJ típusú ugrások excentrikus fázisa során mért vastus lateralis izomaktiváció vizsgálata során a statisztikai elemzések szignifikáns idő főhatást ($F = 7,45$, $p = 0,025$) mutattak. Nem találtunk jelentős idő főhatást ($F = 0,34$, $p = 0,574$) a vastus medialis izom aktivációjában. Nem volt szignifikáns a csoport és idő faktorok interakciója sem a vastus lateralis ($F = 0,81$, $p = 0,528$), sem a vastus medialis izmoknak az átlagos aktivációja a statisztikai számítások során.

A post-hoc elemzés kimutatta, hogy a kontroll tesztről az instruált tesztre külső fókuszú instrukció jelentősen megnövelte ($p = 0,028$, $d = 1,03$) az excentrikus fázisban mért átlagos vastus lateralis izomaktivációt, míg a többi instrukció nem okozott jelentős változást (7.táblázat).

7.táblázat: A CMJ típusú ugrás excentrikus fázisában mért vastus lateralis izom átlagos aktivációja a külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnak a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>EMG aktivitás (μV; átlag $\pm$ szórás, % változás)</i>				
Kontroll teszt	257,1 $\pm$ 44,8	253,0 $\pm$ 65,9	244,1 $\pm$ 39,5	240,5 $\pm$ 69,8
Instruált teszt	267,6 $\pm$ 46,3 (4,1% $\uparrow$)	310,9 $\pm$ 44,0 (22,9% $\uparrow$) 0,028*	259,2 $\pm$ 33,2 (6,2% $\uparrow$)	260,0 $\pm$ 51,3 (8,1% $\uparrow$)

$\uparrow$: növekedés, $\downarrow$: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

A statisztikai számítás nem mutatott szignifikáns idő főhatást ($F = 0,34$, $p = 0,574$) és csoport és idő interakciót sem ($F = 0,72$, $p = 0,572$) a vastus medialis izom elemzésekor.

A vastus lateralis és medialis izom átlagos aktivációja a koncentrikus fázisban

Sem a vastus lateralis ($F = 2,84$, $p = 0,135$), sem a vastus medialis izom ($F = 4,85$, $p = 0,058$) elemzése nem mutatott jelentős idő főhatást. Továbbá egyik izom vizsgálata során sem jelzett szignifikáns csoport és idő interakciót a statisztikai számítás (VL: $F = 2,14$ $p = 0,213$, VM: $F = 0,91$, $p = 0,261$).

A vastus lateralis és vastus medialis izom átlagos aktivációja az amortizációs fázisban

Jelentős idő főhatást találtunk a CMJ ugrás amortizációs fázisában mért átlagos vastus lateralis izom EMG aktivitásban ($F = 5,76$, $p = 0,043$). Emellett szignifikáns interakciót is megfigyeltünk a csoport és idő faktorok között ($F = 4,8$, $p = 0,046$).

A párosított összehasonlítások eredményei azt mutatták, hogy a külső fókuszú ($p = 0,024$, $d = 0,89$) és a belső fókuszú koncentrikus csoport ($p = 0,031$, $d = 0,78$) átlagos EMG aktivitása szignifikánsan megnövekedett a kontroll tesztről az instruált tesztre (8. táblázat). Nem találtunk jelentős változást a kontroll és a belső fókuszú excentrikus csoportnál.

8.táblázat: A CMJ típusú ugrás amortizációs fázisában mért vastus lateralis izom átlagos aktivációja a külső fókuszú, a belső fókuszú (excentrikus és koncentrikus) és a fókusz nélküli (kontroll) csoportnak a három teszt periódusban (kontroll, instruált, 48 h kontroll).

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
<i>EMG aktivitás (μV; átlag $\pm$ szórás, % változás)</i>				
Kontroll teszt	179,2 $\pm$ 37,2	181,1 $\pm$ 45,7	181,4 $\pm$ 56,4	170,8 $\pm$ 51,1
Instruált teszt	170,0 $\pm$ 30,0 (5,71% ↓)	229,5 $\pm$ 34,7 (26,7% ↑) 0,024*	193,4 $\pm$ 27,2 (6,7% ↑)	216,7 $\pm$ 52,1 (26,9% ↑) 0,031*

↑: növekedés, ↓: csökkenés az előző tesztperiódushoz képest

*: szignifikáns különbség a kontroll és az instruált tesztperiódus értékei között

A vastus medialis izom EMG aktivitásának elemzése során sem az idő főhatás ($F = 2,01$, $p = 0,381$) sem a csoport és idő közötti interakció ($F = 1,56$, $p = 0,511$) nem jelzett szignifikáns változást.

Megbeszélés

Jelen kutatás célja az volt, hogy vizsgálja a külső és belső fókuszú instrukciók hatását a CMJ típusú ugrás magasságára és a nyújtásos-rövidülési ciklus (SSC) mechanizmusát befolyásoló paraméterekre. A vizsgálatot megelőzően négy azonos felugrási magassággal rendelkező csoportot hoztunk létre. A levegőben tartózkodási időből számított felugrási magasság és a propulzív impulzus közötti erős kapcsolat ($R = 0,91$, $p = 0,001$) igazolja, hogy a felugrási magasság változását az instrukciók okozták, és nem a tesztek közötti megváltozott leérkezési stratégia. Az ugrás során a nagyobb térdhajlítás hosszabb mozgáspályát biztosít, amely hozzájárul a nagyobb erő kifejlődéséhez és a gyorsabb sebesség eléréséhez, ami

növelheti a csúcscsögsebességet mind az excentrikus, mind a koncentrikus fázisban (Pérez-Castilla et al., 2021). Vizsgálatunk során azonban a maximális térdhajlítás értéke nem változott szignifikánsan a tesztperiódusok között.

A külső fókuszú instrukció alkalmazása $\sim 14\%$ -kal (~ 3 cm) növelte a felugrási magasságot. A változás hátterében számos, az SSC mechanizmust befolyásoló komponens állhat. Az excentrikus fázisban $\sim 20\%$ -kal ($\sim 55^\circ/\text{s}$), a koncentrikus fázisban $\sim 21\%$ -kal ($\sim 224^\circ/\text{s}$) növekedett a térdízületi csúcscsögsebesség. A súlypontosüllyesztéskor megnövekedett nyújtási sebesség az akciós potenciálok frekvenciájának növekedését eredményezi, ami erősebb reflexválaszt vált ki (Blum et al., 2017). Ez lehetett az oka a VL izom átlagos EMG aktivitás $\sim 23\%$ -os ($\sim 58 \mu\text{V}$) emelkedésének. Az excentrikus szakasz mellett az amortizációs fázisban $\sim 27\%$ -kal ($\sim 48 \mu\text{V}$) növekedett a VL izom EMG aktivitása, ami feltehetően csökkentette a tranzíciós időt, ezáltal kevesebb tárolt elasztikus energia alakult hővé (G. J. Wilson et al., 1991). A felugrás magasságában $\sim 8\%$ -os (~ 2 cm), és a koncentrikus fázis csúcscsögsebességében is $\sim 13\%$ -os ($159^\circ/\text{s}$) jelentős csökkenés következett be a 48 h kontroll tesztperiódusra. Ezzel szemben a súlypontosüllyesztéskor mért csúcscsögsebesség változatlan maradt. Az eltérő irányú változások oka feltételezhetően az, hogy a gyerekek kognitív fejlődése még zajlik és a frontális lebenyük az érési folyamat részeként még fejlődik (Casey et al., 2005).

A belső fókuszú instrukció, amely a CMJ ugrás koncentrikus fázis sebességének növelésére irányult, jelentősen $\sim 18\%$ -kal ($\sim 187^\circ/\text{s}$) növelte a térdízületi csúcscsögsebességet és $\sim 9,0\%$ -kal (2 cm) növelte a felugrás magasságát. A változás oka lehet a korábban említett tranzíciós idő csökkenése, ugyanis a VL izom átlagos EMG aktivitása $\sim 27\%$ -kal ($\sim 46 \mu\text{V}$) emelkedett az amortizációs fázis alatt. Az utasítás hatása a koncentrikus fázis csúcscsögsebességében nem bizonyult tartósnak, mivel a 48 órával későbbi kontroll teszten a csoport-specifikus instrukció elhagyásával jelentősen csökkent $\sim 12\%$ -kal ($\sim 140^\circ/\text{s}$), miközben a felugrási magasság és az EMG aktivitás változatlan maradt.

Nem okozott jelentős változást a felugrás magasságában az a belső fókuszú instrukció, amely az ugrás excentrikus fázis sebességének növelésére irányult, annak ellenére, hogy a csúcscsögsebesség $\sim 18\%$ -kal ($\sim 50^\circ/\text{s}$) növekedett. Erre a jelenségre Wulf és mtsai. (2001) gátolt mozgáskontroll-elmélete adhat magyarázatot. Az elmélet szerint egy jól begyakorolt mozgás során (CMJ ugrás) a belső fókuszú instrukció alkalmazása a figyelmet a mozgás egy specifikus aspektusára irányítja (pl. a súlypont süllyesztésének sebességére) és ez

kontraproduktívan hat a mozgás más elemeire (pl. tranzíciós idő, elrugaszkodás sebesség). Azáltal, hogy az egyén megpróbálja az instrukciót beintegrálni a meglévő mozgásmintázatába, azzal megzavarja a normál motoros folyamatokat (Wulf et al., 2002). Az utasítás hatására megnövekedett csúcshősebesség tartósnak bizonyult, ugyanis nem mutatott jelentős csökkenést a 48 h kontroll teszt során.

A fókusz nélküli, kontroll utasítás nem eredményezett változást sem a felugrási magasságban, sem a térdízület kinematikájában, sem a neuromuszkuláris folyamatokban a tesztperiódusok között (9. táblázat).

9. táblázat: A külső és belső fókuszú instrukciók azonnali hatása az SSC hatékonyságát meghatározó neurokinematikai paraméterekre – összefoglaló táblázat.

	Kontrollcsoport	Külső fókuszú csoport	Belső fókuszú excentrikus csoport	Belső fókuszú koncentrikus csoport
Felugrási magasság (cm)	×	↑	×	↑
Excentrikus térdízületi csúcshősebesség (°/s)	×	↑	↑	×
Koncentrikus térdízületi csúcshősebesség (°/s)	×	↑	×	↑
EMG aktivitás excentrikus fázis (μV)	×	↑	×	×
EMG aktivitás koncentrikus fázis (μV)	×	↑	×	×
EMG aktivitás amortizációs fázis (μV)	×	↑	×	×

↑: változás történt a vizsgált csoport SSC mechanizmusát befolyásoló komponensben

×: nem történt változás a vizsgált csoport SSC mechanizmusát befolyásoló komponensben

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy beigazolódott az első feltevésünk miszerint a külső és belső fókuszú instrukciók alkalmazása eltérően hatnak a felugrás magasságára. A kutatási eredményeink eltérnek a gyerekek körében végzett másik vizsgálat eredményeitől (Moran et al., 2023), ugyanakkor összhangban áll több szakirodalommal, ahol felnőtt sportolókkal végeztek hasonló vizsgálatokat (Kershner et al., 2019; Krzyszkowski et al., 2022; Letafatkar et al., 2020).

Második hipotézisünk is beigazolódott, miszerint a különböző fókuszú instrukciók megváltoztatják a CMJ ugrások során megfigyelhető térdízületi kinematikát. Jelen kutatás az első, amely ezen változásokat vizsgálta, így eredményeinket nem tudjuk összevetni más szakirodalmakkal.

A különböző fókuszú instrukciók eltérő hatást váltottak ki a CMJ ugrás neuromuszkuláris mechanizmusában. A külső és belső fókuszú instrukciók is növelték a VL izom EMG aktivitását, szemben Wulf és munkatársai 2010-es vizsgálatával, ahol ugyanezen instrukciók csökkentették mind a VL, mind a VM izmok EMG aktivitását a CMJ ugrások során. A különbség oka az életkori sajátosságokban, vagy a kutatási módszertanban keresendő, ugyanis ők felnőtteket vizsgáltak, és nem választották szét az ugrás fázisait.

Összefoglalás

Kutatásunk célja az volt, hogy vizsgáljuk a külső és belső fókuszú instrukciók azonnali hatását, valamint ezek tartósságát 48 óra elteltével a CMJ típusú ugrás magasságára és az SSC mechanizmust befolyásoló kinematikai és neuromuszkuláris paraméterekre U12-es labdarúgók körében. Eredményeink alapján megállapítható, hogy az edzőknek célszerű tudatosan alkalmazniuk a külső és belső fókuszú instrukciókat az edzések során. Azoknál a sportoló gyerekeknél, akik már elsajátították a CMJ típusú ugrás technikáját a külső fókuszú instrukció alkalmazása bizonyítottan javítja a felugrás magasságát és az SSC mechanizmust befolyásoló neurokinematikai paramétereket. Az SSC mechanizmus minősége számos olyan mozgásforma végrehajtásában (futás, ugrás, irányváltás) előnyt jelenthet, amelyek megjelennek a sportjátékokban. Tapasztalataink szerint a vizsgálatunkban résztvevő gyerekek jó mozgásmintázattal rendelkeztek. Azonban nem tudhatjuk, hogy egy rossz SSC mozgásmintázattal rendelkező csoport esetében ezen belső fókusz instrukciók nem bizonyulnak-e hatékonyak. A jövőben további kutatásokra lesz szükség annak érdekében, hogy a belső fókuszú instrukciók hosszú távú alkalmazásának hatásait elemezzük, nem csupán az akut hatásokat.

Irodalomjegyzék

1. Barker, L. A., Harry, J. R., & Mercer, J. A. (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), 248–254.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002160>
2. Blum, K. P., Lamotte D'Incamps, B., Zytnicki, D., & Ting, L. H. (2017). Force encoding in muscle spindles during stretch of passive muscle. *PLOS Computational Biology*, 13(9), e1005767.

- <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005767>
3. Bobbert, M. F., & Casius, L. J. R. (2005). Is the effect of a countermovement on jump height due to active state development? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 440–446. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000155389.34538.97>
 4. Bosco, C., Ito, A., Komi, P. V., Luhtanen, P., Rahkila, P., Rusko, H., & Viitasalo, J. T. (1982). Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114(4), 543–550. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1982.tb07022.x>
 5. Bosco, C., & Rusko, H. (1983). The effect of prolonged skeletal muscle stretch-shortening cycle on recoil of elastic energy and on energy expenditure. *Acta Physiologica Scandinavica*, 119(3), 219–224. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1983.tb07331.x>
 6. Casey, B., Tottenham, N., Liston, C., & Durston, S. (2005). Imaging the developing brain: what have we learned about cognitive development? *Trends in Cognitive Sciences*, 9(3), 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.01.011>
 7. Cavagna, G. A., Dusman, B., & Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*, 24(1), 21–32. <https://doi.org/10.1152/jappl.1968.24.1.21>
 8. *Countermovement jump - Search Results - PubMed*. (n.d.). Retrieved January 20, 2025, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=countermovement+jump>
 9. Dietz, V., Schmidtbleicher, D., & Noth, J. (1979). Neuronal mechanisms of human locomotion. *Journal of Neurophysiology*, 42(5), 1212–1222. <https://doi.org/10.1152/jn.1979.42.5.1212>
 10. Gheller, R.G., Kons, R. L., Dal Pupo, J., & Detanico, D. (2023). Methods to calculate lower-body stretch-shortening cycle utilization in the vertical jump: Which is the best for athletes of different sports? *Science & Sports*, 38(5–6), 626–630. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.10.004>
 11. Gheller, Rodrigo G., Dal Pupo, J., Ache-Dias, J., Detanico, D., Padulo, J., & dos Santos, S. G. (2015). Effect of different knee starting angles on intersegmental coordination and performance in vertical jumps. *Human Movement Science*, 42, 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.04.010>
 12. Groeber, M., Stafilidis, S., Seiberl, W., & Baca, A. (2020). Contribution of Stretch-Induced Force Enhancement to Increased Performance in Maximal Voluntary and Submaximal Artificially Activated Stretch-Shortening Muscle Action. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.592183>
 13. Harrison, A. J., Keane, S. P., & Cogan, J. (2004). Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 473–479. <https://doi.org/10.1519/13163.1>
 14. Harry, J. R., Barker, L. A., & Paquetta, M. R. (2020). A Joint Power Approach to Define Countermovement Jump Phases Using Force Platforms. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(4), 993–1000. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002197>
 15. Hébert-Losier, K., Jensen, K., & Holmberg, H.-C. (2014). Jumping and Hopping in Elite and Amateur Orienteering Athletes and Correlations to Sprinting and Running. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 993–999. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0486>
 16. Horníková, H., Jeleň, M., & Zemková, E. (2021). Determinants of Reactive Agility in Tests with Different Demands on Sensory and Motor Components in Handball Players. *Applied Sciences*, 11(14), 6531. <https://doi.org/10.3390/app11146531>
 17. Jackson, B. (2011). The Effects of Focus of Attention and Task Objective Consistency on Learning a Balancing Task. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 82(3). <https://doi.org/10.5641/027013611X13275191444341>
 18. Jo, I., & Lee, H.-D. (2023). Joint Coordination and Muscle-Tendon Interaction Differ Depending on The Level of Jumping Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 22(2), 189–195. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.189>
 19. Kershner, A. L., Fry, A. C., & Cabarkapa, D. (2019). Effect of Internal vs. External Focus of Attention Instructions on Countermovement Jump Variables in NCAA Division I Student-Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(6), 1467–1473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003129>
 20. Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197–1206. [https://doi.org/10.1016/s0021-9290\(00\)00064-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9290(00)00064-6)

21. Krzyszkowski, J., Chowning, L. D., & Harry, J. R. (2022). Phase-Specific Verbal Cue Effects on Countermovement Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(12), 3352–3358. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004136>
22. Kyröläinen, H., & Komi, P. (1994). Stretch Reflex Responses Following Mechanical Stimulation in Power- and Endurance-Trained Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 15(06), 290–294. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021062>
23. Letafatkar, A., Rabiei, P., Ghanati, H. A., Khosrokiani, Z., Ghahremani, N., & Gokeler, A. (2020). Training athletes with an external attentional focus enhances athletic performance during countermovement jump. *Sport Sciences for Health*, 16(4), 737–745. <https://doi.org/10.1007/s11332-020-00652-4>
24. Linthorne, N. P. (2021). The correlation between jump height and mechanical power in a countermovement jump is artificially inflated. *Sports Biomechanics*, 20(1), 3–21. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1721737>
25. Liu, L., Jia, M., Ma, Y., Lin, S., Peng, Q., Xiong, J., & Zheng, W. (2023). Biomechanics research on laterality effect between dominant and non-dominant during double roundhouse kick in the competitive taekwondo. *Heliyon*, 9(10), e20843. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20843>
26. Lohse, K. R., Sherwood, D. E., & Healy, A. F. (2011). Neuromuscular Effects of Shifting the Focus of Attention in a Simple Force Production Task. *Journal of Motor Behavior*, 43(2), 173–184. <https://doi.org/10.1080/00222895.2011.555436>
27. Makaruk, H. (2013). ACUTE EFFECTS OF ROPE JUMPING WARM-UP ON POWER AND JUMPING ABILITY IN TRACK AND FIELD ATHLETES. *Pjst*, 20(3), 200–204. <https://doi.org/10.2478/pjst-2013-0018>
28. Mc Dermott, E. J., Balshaw, T. G., Brooke-Wavell, K., Maden-Wilkinson, T. M., & Folland, J. P. (2023). The effect of a prior eccentric lowering phase on concentric neuromechanics during multiple joint resistance exercise in older adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(10), 2009–2024. <https://doi.org/10.1111/sms.14435>
29. Meszler, B., Atlasz, T., Misovics, B., Botka, B., Szabó, E., & Váczi, M. (2019). Combined strength and plyometric exercise training improves running economy and muscle elastic energy storage and re-use in young untrained women. *European Journal of Integrative Medicine*, 28, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2019.05.004>
30. Milley, K. R., & Ouellette, G. P. (2021). Putting Attention on the Spot in Coaching: Shifting to an External Focus of Attention With Imagery Techniques to Improve Basketball Free-Throw Shooting Performance. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.645676>
31. Moran, J., Allen, M., Butson, J., Granacher, U., Hammami, R., Clemente, F. M., Klabunde, M., & Sandercock, G. (2023). How effective are external cues and analogies in enhancing sprint and jump performance in academy soccer players? *Journal of Sports Sciences*, 41(22), 2054–2061. <https://doi.org/10.1080/02640414.2024.2309814>
32. Morgan, D. L., Proske, U., & Warren, D. (1978). Measurements of muscle stiffness and the mechanism of elastic storage of energy in hopping kangaroos. *The Journal of Physiology*, 282, 253–261. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1978.sp012461>
33. Oliver, J. L., Barillas, S. R., Lloyd, R. S., Moore, I., & Pedley, J. (2021). External Cueing Influences Drop Jump Performance in Trained Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(6), 1700–1706. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002935>
34. Pérez-Castilla, A., & García-Ramos, A. (2018). Evaluation of the Most Reliable Procedure of Determining Jump Height During the Loaded Countermovement Jump Exercise: Take-Off Velocity vs. Flight Time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 2025–2030. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002583>
35. Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., Gómez-Martínez, F., & García-Ramos, A. (2021). Vertical jump performance is affected by the velocity and depth of the countermovement. *Sports Biomechanics*, 20(8), 1015–1030. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1641545>
36. Razak, F., Mod Saleh, M., Mohamed Kassim, N. A., Ab Razak, R., Hasan, H., & Budull, C. R. (2023). *Directing External Focus Instruction to Improve Overhand Volleyball Serve* (pp. 191–201). https://doi.org/10.1007/978-981-19-8159-3_18
37. Romarate zabala, E., Nakamura, F., Ramirez-Campillo, R., Castillo, D., Rodríguez-Negro, J., & Yanci, J. (2020). Differences in Physical Performance According to the Competitive Level in

- Amateur Handball Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(7), 2048–2054. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002533>
38. Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. B., Peltola, E. M., Cunningham, R. B., Gore, C. J., & Hawley, J. A. (2006). Short-term plyometric training improves running economy in highly trained middle and long distance runners. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 947–954. <https://doi.org/10.1519/R-18235.1>
 39. Sekulic, D., Pehar, M., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., Calleja-González, J., & Sattler, T. (2017). Evaluation of Basketball-Specific Agility: Applicability of Preplanned and Nonplanned Agility Performances for Differentiating Playing Positions and Playing Levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(8), 2278–2288. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001646>
 40. Sensor Locations. (n.d.). Retrieved January 20, 2025, from http://seniam.org/sensor_location.htm
 41. Souissi, M. A., Souissi, H., Elghoul, Y., Masmoudi, L., Trabelsi, O., Ammar, A., Chtourou, H., & Souissi, N. (2021). Information Processing and Technical Knowledge Contribute to Self-Controlled Video Feedback for Children Learning the Snatch Movement in Weightlifting. *Perceptual and Motor Skills*, 128(4), 1785–1805. <https://doi.org/10.1177/00315125211011728>
 42. Thacker, A., Ho, J., Khawaja, A., & Katz, L. (2022). Peer-to-Peer Learning: The Impact of Order of Performance on Learning Fundamental Movement Skills Through Video Analysis With Middle School Children. *Journal of Teaching in Physical Education*, 41(4), 622–632. <https://doi.org/10.1123/jtpe.2021-0021>
 43. Tomalka, A., Weidner, S., Hahn, D., Seiberl, W., & Siebert, T. (2021). Power Amplification Increases With Contraction Velocity During Stretch-Shortening Cycles of Skinned Muscle Fibers. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.644981>
 44. Wilson, A. M., Hubel, T. Y., Wilshin, S. D., Lowe, J. C., Lorenc, M., Dewhurst, O. P., Bartlam-Brooks, H. L. A., Diack, R., Bennitt, E., Golabek, K. A., Woledge, R. C., McNutt, J. W., Curtin, N. A., & West, T. G. (2018). Biomechanics of predator–prey arms race in lion, zebra, cheetah and impala. *Nature*, 554(7691), 183–188. <https://doi.org/10.1038/nature25479>
 45. Wilson, G. J., Elliott, B. C., & Wood, G. A. (1991). The effect on performance of imposing a delay during a stretch-shorten cycle movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(3), 364–370. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2020276>
 46. Wulf, G., Dufek, J. S., Lozano, L., & Pettigrew, C. (2010). Increased jump height and reduced EMG activity with an external focus. *Human Movement Science*, 29(3), 440–448. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.11.008>
 47. Wulf, G., Höß, M., & Prinz, W. (1998). Instructions for Motor Learning: Differential Effects of Internal Versus External Focus of Attention. *Journal of Motor Behavior*, 30(2), 169–179. <https://doi.org/10.1080/00222899809601334>
 48. Wulf, G., McConnel, N., Gärtner, M., & Schwarzwald, A. (2002). Enhancing the Learning of Sport Skills Through External-Focus Feedback. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 171–182. <https://doi.org/10.1080/00222890209601939>
 49. Wulf, G., McNevin, N., & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 54(4), 1143–1154. <https://doi.org/10.1080/713756012>

Lezárás dátuma: 2025.01.20.