

A HENGEREZÉS HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA A DERÉK ÉS A CSÍPÓÍZÜLET MOZGÁSTARTOMÁNYÁRA

The Effect of Foam Rolling on the Range of Motion of Lumbar Spine and Hip Joint

1. BEVEZETÉS

Régóta foglalkoztat a hengerezés, és a mögötte lévő tudomány. Elvégeztem a Feövényessy Medical Fitness Akadémia SMR a sport- és mozgásszervi rehabilitációban képzését és az ott szerzett tudást felhasználva alkalmaztam tovább a hengerezést az edzéseim során, illetve a minden napokban. Kipróbáltam számos típusú SMR eszközt és a különféle módszereket (lassú fascia oldás, gyors tonizálás, melting hatás). Az évek során több kérdés is felmerült bennem a különféle módszerek hatékonyságával kapcsolatban, melyekre sem kutatások, sem a szakmai vélemények nem tudtak egyértelmű választ adni. Testnevelő-gyógytestnevelő és egészségfejlesztő tanár szakos hallgatóként úgy gondoltam, saját kutatást készítek, bízva abban, hogy megtalálom a kérdéseimre a válaszokat.

Napjainkra a henger és más SMR eszközök használata mind a sportolók, mind a rekreációban elterjedté váltak. Számos tévhit terjed az interneten és a különböző social media felületeken, ezért úgy gondolom különösen releváns a téma. Sullivan és munkatársai (2013) azt találták, hogy a hengerezés hatékony beavatkozási módszer lehet az ízületi mozgástartomány javítására, azóta számos meta-analízis (Konrad és mtsai., 2022; Cheatham és mtsai., 2015) bizonyította a hengerezés hatékonyságát, de még mai napig vannak kérdések a témával kapcsolatban.

A XXI. századi ülőéletmódnak köszönhetően kialakultak jellemzően problémás területek, főként a gerinc lumbális szakaszán, valamint a csípő körüli területeken, mint például a nem specifikus krónikus derékfájdalom. Ezeket a kiemelten problémás területeket figyelembe véve terveztem meg a kutatás alapjait. A fő kérdéseim a hengerezés hosszabbtávú, rendszeres használata kapcsán adódtak, valamint a gyakorlati tapasztalat miként befolyásolja a hatásmechanizmus eredményeit. A pelvico-lumbális ritmusnak köszönhetően a gerinc alsó szakasza és a medence/csípő környéki területek közvetlen kapcsolatban állnak, így az említett két fő területre koncentrálna specifikus hajlékonysági tesztekkel vizsgáltam az ízületek mozgástartományait, valamint kérdőívvel mértem fel a szubjektív véleményeket. A kutatásban 30 fiatal sportoló vett részt, akik mindannyian testnevelés szakos hallgatók.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A hatásmechanizmus

A henger hatásmechanizmusa kifejezetten összetett, a szervezetben több folyamat is végbemegy, mire eléri a hatását, melyek leginkább az ízületi mozgástartomány (ROM) növelése és a fájdalom csökkentése. Amikor a fascia oldásáról vagy fellazításáról beszélünk, nem a fizikai szöveti struktúra megbontását értjük alatta, hiszen ahhoz kb. 500kg erőhatásra lenne szükség (Chaudhry, 2008), hanem sokkal inkább globális hatások útján működik. A bőrben és az izmok tapadási zónáiban szabad idegvégződések találhatók kis rétegzett testecskékként, ezeket nevezzük mechanoreceptoroknak. Ilyenek például a Merkel sejtek, Vater-Pacini testek, Meissner-testek és Ruffini-testek, melyek leginkább nyomásra, érintésre és vibrációra aktiválódnak. A Golgi-ínorsókkal és izomorsókkal együtt, melyek mechanoreceptív komplexeket alkotnak. Ezek a feszültség érzékelését regisztrálják az izomfasciákban, aponeurosisokban és magukban az izomrostokban (Barker, 1974; cit Halata és Strasmann 1990). Az inak és fasciák az ízületi tokokban, valamint szalagokban és a csontthártyában erednek. Hasonlóan a bőrben található receptor mezőkhöz, a mozgásszervi rendszerben is jelen vannak, amelyeket szabad idegvégződések irányítanak (Halata, 1975; Polacek, 1966; cit Halata és Strasmann, 1990). Ez a folyamat blokkolja a szimpatikus idegrendszert és paraszimpatikus hatások lépnek életben, amely a teljes test ellazulásához vezet. Az úgynevezett intersticiális, vagy más néven szövetek közti receptor is befolyásolja ezt a mechanizmust, melynek következtében csökken a vérnyomás, szívverés és légcsere, tehát összességében relaxációs hatásokat vált ki.

A globális hatásokon túl, természetesen vannak lokális hatások is, melyek segítenek a tónus csökkenésben. Ezek a folyamatok például a „szivacs-hatás” melynek köszönhetően a kiperéselt folyadék hirtelen visszaáramlik a szövetekbe, vagy a „tixotrópia”, melynek során, ha sűrű folyadékot stresszhatásnak teszünk ki, csökken a viszkozitása, a „crosslinkek felszakítása”, vagyis az egyes myofascia rétegek közti kis keresztkötések felszakításával nő a struktúrák közti elcsúszás vagy más néven „sliding mechanizmus”, de akár a keringés fokozó, a bőr hőmérsékletének növelő hatását is idesorolhatjuk. Ezek mind a hengerezés azon lokális folyamatai, melyek hozzájárulnak a szövetek ellazulásához (Behm, 2018).

2.2. A hengerezés hatásai

Az ízületi mozgástartomány növelésére a nyújtás az egyik legelterjedtebb bemelegítési technika, mellyel számos kutatás foglalkozik többféle sportágban és különböző populációban (Behm, 2011, 2018; Konrad és mtsai., 2021; Behm és mtsai., 2021). Napjainkra viszont az SMR henger használata is kedvelt bemelegítési technikává vált (Hodgson, 2018; Behm és Wilke, 2019; Warneke és mtsai., 2023). A kutatások száma még kevesebb, mint más ízületi mozgásterjedelem növelő technikák esetében, de szerencsére növekszik.

Az SMR henger technikák egyszeri alkalmazása jelentősen javíthatja az izmok rugalmasságát, írja egy tanulmány, melyet hosszútávú futókkal végeztek (Sulowska-Daszyk és Agnieszka, 2022). Továbbá ajánlják a henger beépítését a hosszútávfutók, valamint más sportágakat képviselő versenyzők napi edzésrutinjába. A szerzők hengerezés után magasabb értékeket figyeltek meg a következő izmok mérésénél: piriformis (külső rotációs izmok), tensor fasciae latae és adductor izmok. Az iliopsoas és a rectus femoris izmoknál alacsonyabb értékeket figyeltek meg a második mérés során. Ezek a változások statisztikailag szignifikánsak voltak az alábbi izmok mérésénél: bal és jobb oldali iliopsoas, bal és jobb oldali tensor fasciae latae, bal és jobb oldali rectus femoris (Sulowska-Daszyk és Agnieszka, 2022).

Wilke és munkatársai (2018) azt találták, hogy a hengerezés növeli a hajlékonyságot (ROM), de az optimális edzésparaméterek még ismeretlenek a hengerezés sebességét és idejét tekintve. A kutatók a tanulmányból azt a következtetést vonták le, hogy a comb elülső részének hengerezése csökkenti a myofasciális merevséget a sebességtől függetlenül. A mozgástartományra gyakorolt hatások még további vizsgálatokat igényelnek.

Hodgson és munkatársai (2018) az SMR henger hosszútávú hatásait vizsgálták huszonhárom szabadidősportoló körében. Az egyetemi hallgatókat véletlenszerűen osztották be három csoportba: egy kontrollcsoportba és két vizsgálati csoportba. Az egyik vizsgálati csoportban heti három alkalommal végeztek hengerezést, míg a másik vizsgálati csoportban heti hat alkalommal négy héten keresztül. A résztvevők mindkét lábát lemérték a tréning előtt, és után is aktív és passzív hamstrings és quadriceps mozgástartományra, valamint az elektromyográfia (EMG) aktivitás szempontjából kitörés tesztet is végeztek velük. Az eredmények nem mutattak szignifikáns változást a ROM-ban, következtetésként levonták, hogy az Ő kutatásuk nem támasztotta alá a szakirodalmi eredményeket.

Kiyono és munkatársai (2020) 5 hét edzés után már szignifikáns növekedést találtak a mozgástartományra és az izom merevségének oldására. Azonban az hengerezés hosszú távú hatásai a ROM-ra és az izommerevségre még nem tisztázott. A tanulmányuk célja az volt, hogy megvizsgálja az 5 hetes beavatkozás hatását a lábfej hátrafesztésének mozgástartományára (DFROM) és a mediális gastrocnemius izom nyíró elasztikus tényezőire. Ennek megfelelően 30 egészséges fiatal felnőttet választottak ki, akiket véletlenszerűen hengerező vagy kontroll csoportba osztottak. A hengerező csoport heti háromszor 90 másodpercig alkalmazta a technikát 5 héten át. Az eredmények azt mutatták, hogy a hengeres csoport jelentős növekedést mutatott a lábfej hátrafesztésénél mért adatokban.

A henger egy sokoldalú eszköz, melyet többféleképpen is alkalmazhatunk az edzéseink során. Több technika is létezik, melyeket nagyrészt annak függvényében alkalmazunk, hogy az edzés végén levezetéshez, vagy a mozgás előtt bemelegítés céljából használjuk az eszközt. Konrad és munkatársai (2022) egy tanulmány során megvizsgálták a hengerezéssel kombinált intenzív bemelegítés különböző formáit és hatásait a mozgástartományra és teljesítményre. Minden csoportban növekedést tapasztaltak a ROM-ban, ellenben nem észleltek változást a teljesítményparaméterekben. A férfi résztvevők nagyobb ROM-növekedést mutattak a hengerezés utáni bemelegítés esetén, mint a női résztvevők. Több metaelemzés is készült az évek során a hengerezés bemelegítésre való használatával kapcsolatban, (Anderson és mtsai 2021; Warneke és mtsai., 2024), melyek között leggyakrabban a statikus vagy dinamikus nyújtáshoz képest, valamint azokkal együtt mért hatásokat vizsgálták a teljesítmény vagy mozgástartomány tekintetében. Anderson és munkatársai (2021) azt állapították meg, hogy a hengerezés és a dinamikus nyújtás kombinációja tovább javíthatja a sportoló agilitását és teljesítményét, azonban a hengerezés nem mutatott jelentős javulást a rugalmasság tekintetében a pusztán dinamikus nyújtóprogramokhoz képest. Ezt a következtetést négy randomizált kontrollált vizsgálat ellentmondásos eredményei alapján vonták le.

A Warneke és munkatársai (2024) által végzett metaelemzés már sokkal több, pontosan 38 tanulmányt elemzett. Arra keresték a választ, melyik a hatékonyabb bemelegítési forma, a nyújtás vagy a hengerezés. Különösen az akut mozgástartomány növelése érdekében vizsgálták a korábbi áttekintéseket, melyek nem mutattak ki különbséget a nyújtás és a hengerezés ROM-növelő hatásaiban, jelezve, hogy hasonló hatásaik és alapmechanizmusaik vannak. A 38 tanulmány (n = 1134), amelyek a nyújtást és hengerezést más beavatkozásokkal (gyaloglás, vibráció, kerékpározás, sajáttestsúlyos edzés, erőedzés, elektromos stimuláció, passzív melegítés és krioterápia) hasonlították össze. Végül nem tudtak jelentős eltéréseket

észlelni a vizsgált paraméterekben. A ROM értékek esetében mérsékelt bizonyosságú eredményt találtak, míg a merevség és passzív csúcsnyomaték értékeket nagyon alacsony hitelességű bizonyítéknak értékelték.

Egy Morales-Artacho és munkatársai (2017) által készített tanulmány az aktív és/vagy passzív bemelegítési feladatok hatását vizsgálta a combhajlító izmok merevségére elasztográfiás és passzív nyomatókmérések segítségével. Különböző alkalmak során tizennégy férfi véletlenszerűen négy bemelegítési protokollt teljesített, beleértve a kontroll vizsgálatot, ezenfelül volt kerékpározás, hengerezés, illetve ezek kombinációja. A combhajlító izmok merevségét nyíróhullám-elastográfiával értékelték, továbbá a passzív nyomatókszög kapcsolatot és a maximális mozgástartományt vizsgálták minden kísérleti feltétel előtt, 5 és 30 perccel azután. Az eredmények szerint 5 perccel a bemelegítés után a kerékpározás és a kombináció csökkentette a nyírási modult ($-10.3\% \pm 5.9\%$ és $-7.7\% \pm 8.4\%$; $P \leq .0003$, effektméret $[ES] \geq 0.24$), valamint a passzív nyomatékot ($-7.17\% \pm 8.6\%$ és $-6.2\% \pm 7.5\%$; $P \leq .051$, $ES \geq 0.28$), és növelte a mozgástartományt ($+2.9\% \pm 2.9\%$ és $+3.2\% \pm 3.5\%$; $P \leq .001$, $ES \geq 0.30$). A 30 perccel később mért adatok ugyanezt az eredményt mutatták ám csökkent értékekkel. A hengerezés kis mértékű azonnali, rövid távú csökkenést idézett elő a nyírási modulban ($-5.4\% \pm 5.7\%$ 5 percnél; $P = .05$, $ES = 0.21$), anélkül, hogy jelentős változást okozott volna a passzív nyomatékban vagy a ROM-ban bármely időpontban ($P \geq .12$, $ES \leq 0.23$). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a kombinált bemelegítés nem váltott ki jelentősen jobb akut hatásokat az izommerevségre a kerékpározáshoz képest, alátámasztva az aktív dinamikus bemelegítés kulcsfontosságú szerepét az izommerevség csökkentésében.

Peacock és munkatársai (2014) két bemelegítési technika különbségét és hatékonyságát vizsgálták, a teljes testre kiterjedő dinamikus bemelegítését, valamint az ehhez kapcsolt hengerezést. A bemelegítést követően a vizsgálatban résztvevők hajlékonyság, erő, és gyorsasági teszteket hajtottak végre. Az adatok azt mutatták, hogy az SMR henger használata a dinamikus bemelegítést követően hatékonyan javította az erőt, a mozgékonyaságot és a gyorsaságot a másik bemelegítési technikához képest (dinamikus bemelegítés). Azt a konklúziót vonták le, hogy ez a technika javítja az általános edzés teljesítményt. A bemelegítéssel kapcsolatos kutatások tehát gyakran ellentmondást hoznak az eredményekben, ám az elmondható, hogy bemelegítés során nincsen jelentős pozitív hatása a hengerezésnek a mozgásterjedelem tekintetében más technikákkal szemben, de az is levonható, hogy a hengerezés nincsen semmilyen negatív hatással az edzés teljesítményre, mint például az izomerőre, ellenben a statikus nyújtással, amitől jelentkezhethet ez a probléma.

Egy 2020-as metaelemzés a statikus nyújtás, és az SMR henger használatának hatékonyságát elemzi, valamint kitér a két technika különbségeire is (Wilke és mtsai 2020). A vizsgálatban a szerzők nyolcvanöt kutatást tekintettek át, melyből 72 a statikus nyújtással, 13 a hengerezéssel foglalkozott. Ez is mutatja a hozzávetőleges arányt, hogy mennyivel több cikk születik a nyújtás (PNF stretching, statikus, dinamikus) témájában, mint az SMR hengerezés kapcsán. A metaelemzés eredményei bebizonyították, hogy mind a statikus nyújtás, mind pedig a henger használata (mérsékelt mértékben) növelte az ízületi mozgásterjedelmet a kontrolcsoportéhoz képest, de azt is megfigyelték, hogy 4 hétnél rövidebb beavatkozások esetében a statikus nyújtás hatékonyabb. Az eredmények arra is rámutattak, hogy bemelegítésben alkalmazott statikus nyújtást követően csökken az erő kifejtés, míg ez a hengerezést követően nem jelentkezik.

Stovern és munkatársai (2019) kutatásának a célja a hengerezés edzéshatásainak vizsgálata volt a boka és a térd mozgástartományára, a combhajlító izmok rugalmasságára, az agilitásra, valamint a súlypontemelkedésre. A kutatás eredményei alapján a térd ROM, a függőleges ugrás magassága és az agilitás T-teszt eredményei nem mutattak szignifikáns változást. Azonban a Sit-and-Reach teszt alapján a combhajlító rugalmasságában szignifikáns javulást tapasztaltak. A boka ROM eredményei nem voltak egyértelműek, mivel mind a hengerezési, mind a kontrollcsoportban szignifikáns növekedés volt megfigyelhető a vizsgálat során. A korábbi kutatások eredményei a hengerezés teljesítményre gyakorolt hatásával kapcsolatban vegyesek. Tanulmányuk eredményei összhangban vannak más kutatásokkal, amelyek szintén szignifikáns javulást találtak a combhajlító izmok rugalmasságában hengerezési edzésprogram után. Junker és Stöggl (2015) például hasonló növekedést figyeltek meg a csípőízületben 30-40 másodperc hengerezést követően. Mohr és munkatársai (2014) szintén a csípőhajlító ROM növekedését találták hengerezés, statikus nyújtás vagy ezek kombinációja után. Ezzel szemben több tanulmány nem talált szignifikáns javulást a combhajlító rugalmasságban hengerezési edzésprogram után. Bushell és munkatársai (2015) például nem találtak szignifikáns javulást a csípőnyújtási szögben 3 hét hengerezés után, sem akut, sem hosszabb távon.

Le Gal és munkatársai (2016) fiatal teniszezőknél alkalmazta a hengert az infraspinatus és a pectoralis izmokon heti 3 alkalommal, 5 héten át, amely javította a domináns vállízületi mediális rotációs mozgástartományt. Konrad és munkatársai (2022) egy újabb metaelemzést végeztek, melyben olyan tanulmányokat elemeztek, amelyek egészséges emberek csoportjainál vizsgálták a hengerezés hosszú távú edzéshatásait az ízületi ROM-ra. A

vizsgálatokban a 2 hétnél hosszabb ideig tartó kutatásokat vettek figyelembe. Azt állapították meg, hogy a hengerezésnek pozitív hatása van az ízületi mozgásterjedelem növelésére, ugyanakkor szignifikáns különbség volt megfigyelhető a beavatkozás időtartamában a > 4 hetes beavatkozások javára, összehasonlítva a ≤ 4 hetes időtartamú vizsgálatok eredményeivel. Azt állapították meg, hogy 4 hétnél hosszabb időtartamú beavatkozások (> 4 hét) szükségesek a ROM-növekedés indukálásához.

A kutatások felhívják a figyelmet arra is, hogy sokkal több ezirányú vizsgálatra lenne szükség a témában, és az eredmények összehasonlítása érdekében fontos lenne meghatározni a hengerezés folyamatát (hány másodpercig történik a nyomás, milyen erővel és milyen tempóval stb.).

3. A KUTATÁS BEMUTATÁSA

3.1. A kutatás célja

A kutatásom a hengerezés hosszútávú hatásaira irányult. Érdekelt, hogy vajon a rendszeres hengerezés kivált-e egy általános hajlékonyságot, vagy csak közvetlenül növeli-e a mozgástartományt. Továbbá, arra voltam kíváncsi, hogy a gyakorlati tapasztalat mind technikai, mind szöveti strukturális szempontból, miként befolyásolja a hengerezés hatását. A méréseket két fő területre koncentrálni a derék és csípő tekintetében végeztem, melyek a mai ülőéletmódnak köszönhetően különösen feszes, problémás területeket jelent. A nemzetközi referencia kutatásokból az derül ki, hogy nincs egyértelmű következtetés ezekben a kérdésekben, ezért célom volt magyar nyelven is támogatni a témakörben készülő tanulmányokat.

3.2. A kutatás kérdései

Kutatásom során számos kérdésre kerestem a választ, melyek a következők:

K1 Milyen hatással van a rendszeres hengerezés az ízületi mozgástartományra a derék és a csípő tekintetében?

K2 Hogyan befolyásolja a hengerezés hatását a gyakorlati tapasztalat?

3.3. A kutatás hipotézisei

A kutatásom kérdéseivel kapcsolatosan megfogalmazott hipotéziseim a következők:

H1. Feltételezem, hogy a hengerezés hatására növekszik az ízületi mozgástartomány mind a gerinc lumbális szakaszában mind a csípő területén. A korábbi kutatásokra alapozva az 5 hetes rendszeres használat után javulást várok az általános hajlékonyságban, ami a befolyásoló tényezőktől (bemelegítés, napszak, hőmérséklet stb.) függetlenül is mérhető, vagyis a hengerezés előtt mért adatokban szignifikáns növekedésre számítok.

H2. A hengerezés gyakorlati tapasztalatával foglalkozó kérdéshez kapcsolódó feltételezéseim ellentmondásosak, mivel két befolyásoló tényező állapítható meg a fejlődés folyamatában. Az egyik a technikai kivitelezés fejlődése, melynek következtében javulást várok a hengerezés után mért adatok közötti különbségekben. Tehát azt gondolom a helyes technika elsajátítása pozitívan befolyásolja a hengerezés hatását. A másik tényező a fascia strukturális adaptációja, vagyis egy szöveti oldódás, melynek határai végesek. Ezért úgy gondolom, hogyha a rendszeres hengerezés hatására egyre rugalmasabb lesz a fascia, akkor a hengerezés előtt mért adatoknál nagy növekedést kell tapasztalnunk. Ennek köszönhetően a hengerezés előtt és után mért adatok közötti különbség tekintetében csökkenés várható az 5 hét után végzett mérés eredményeiben, az 5 hét előtt végzett mérés eredményeihez képest.

MÓDSZER

A kutatásban 30 ($n=30$) fiatal sportoló vett részt. 11 nő ($n=11$; kor: 19 ± 1 év, testmagasság: 170 ± 5 cm, testtömeg: 63 ± 12 kg) és 19 férfi ($n=19$; kor: $19,5 \pm 1,5$ év, testmagasság: $185,5 \pm 16,5$ cm, testtömeg: $80,25 \pm 17,25$ kg). A kérdések megválaszolásához, két módszert alkalmaztam. A demográfiai adatok begyűjtéséhez, a hengerezéssel kapcsolatos előzetes tapasztalat feltérképezéséhez, és a szubjektív vélemények felméréséhez a kérdőíves módszert (kikérdezés) használtam (Falus és mtsai., 2004), a Thorborg és munkatársai (2011) validált kérdőív adaptációjával. A kérdőívben demográfiai, likert-skálás, és leginkább zárt kérdések szerepeltek. A zárt végű kérdések esetében, 1-5-ig terjedő attitűdskálán kellett meghatározni a sportolóknak, hogy mennyire értenek egyet az adott állítással. Az 1-es érték jelentette a kérdéssel, vagy meghatározással való egyet nem értést, az 5-ös érték pedig az állítással való teljes egyetértést. A másik módszerem a vizsgálat volt, ahol 5 héten keresztül végeztek

hengerezést a kutatásban résztvevők. Hetente két közös alkalmon vettek részt, melyeket én tartottam, ezen felül még legalább 2 alkalommal hengereztek, otthoni környezetben.

Az 5 hét során folyamatosan tanítottam a csoportnak a hengerezést, így a végére elsajátították a helyes technikai kivitelezést. Minden alkalommal teljes testen történő alkalmazást végeztünk a globális, idegrendszeri hatások elérése végett. Minden fő izom csoporton végig haladtunk lentől felfelé, a talp izmaitól kezdve a lábszár, comb, csípő, hát és kar izmain át. Lassú technikát alkalmaztunk, mely során 6-8 alkalommal hengereztek oda-



1. kép A hengerezés oktatása (forrás: saját fotó)

vissza egy területet. Az előzőekben meghatározott kutatási hipotézisek alátámasztásához empirikus kutatást hajtottunk végre. A vizsgálatunk során 4 mérés történt. Az első mérésre az 5 hét kezdetén az első közös hengerezés előtt került sor. A második mérést az első hengerezést követően végeztük el. A harmadik mérésre 5 hét elteltével a hengerezés előtt, a negyedike pedig a hengerezés után került sor. Minden alkalommal elvégeztük mind a 4 ízületi-mozgástartományt mérő tesztet. A méréseket összesen 5 fő végezte, melyeket 4 különböző állomáson hajtottunk végre egyidőben, körforgással. A teszteket úgy állítottam össze, hogy releváns értékeket kapjak a csípő és a derék mozgástartományának fejlődésről. A négy teszt mérése a következőképpen alakult: a „Straight Leg Raise” teszt, ahol a jobb és a bal lábat külön mértük fel egy speciális ízületi-szögmérővel (goniométer) (lásd 2. kép), a „Finger Floor” tesztet mérőszalag és zsámoly segítségével végeztük (lásd 3. kép).



2. kép A „Straight Leg Raise” teszt elvégzése (forrás: saját fotó)

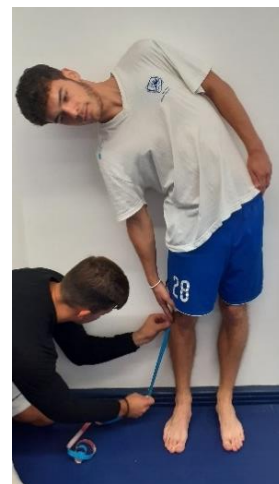


3. kép A „Finger Floor” teszt elvégzése (forrás: saját fotó)

A „Sit and Reach” tesztet egy speciális erre tervezett mérőállvánnyal (lásd 4. kép), a „Thoracolumbar Lateral Flexion” teszt értékeit pedig mérőszalaggal vettük fel, mind a bal oldalra, mind a jobb oldalra. A FF és a SAR teszt követelményeinek köszönhetően felméri a derék és a csípő hajlékonyságát egyaránt. A másik két teszt pedig speciálisabb, a SLR a csípő, míg a TLF a derék mozgástartományára koncentrálódik. A mérések adatait Excel programban (Microsoft Magyarország Kft., Budapest) összesítettem.



4. kép A „Sit and Reach teszt elvégzése”
(forrás: saját fotó)



5. kép A „Thoracolumbar Lateral Flexion” teszt elvégzése (forrás: saját kép)

Statisztikai módszerek

A kutatásunk statisztikai elemzését TIBCO Software Inc. (2020) segítségével hajtottuk végre. Az analízis során első lépésként Shapiro-Wilk normalitás vizsgálatot végeztem, amely alapján megállapítottam, hogy az adatok normál eloszlásúak. Ennek következtében a továbbiakban paraméteres ismételt mérések ANOVA tesztet követően post-hoc Tukey tesztet alkalmaztam. A szignifikanciahatárt $p=0,05$ -nek feleltettem meg.

4. EREDMÉNYEK A kérdőív eredményei

A kérdőívben a hengerezéssel kapcsolatos előzetes tapasztalat feltérképezését, és a szubjektív vélemények felmérését végeztem el. Thorborg és munkatársai (2011) validált kérdőívét adaptáltam, melyben 1- 5-ig terjedő attitűdskálán kellett meghatározni a sportolóknak, hogy mennyire értenek egyet az adott állítással. Az 1-es érték jelentette a kérdéssel, vagy meghatározással való egyet nem értést, az 5-ös érték pedig az állítással való teljes egyetértést. Az alapstatisztika alapján az állapítható meg, hogy a vizsgálat résztvevői a kutatás előtt viszonylag ritkán alkalmazták a hengerezést bemelegítésnél (Átlag: 2,4, Szórás: 1,24), és kicsivel többször edzés végén (Átlag: 3,3, Szórás: 1,22). A kérdőív változóinál, a csípőízületben és a derék területén jelentkező kellemetlen érzés, kattánás, fájdalom mérése kapcsán a legtöbb esetben csökkentek az átlagértékek. Az eredmények a legtöbb esetben kismértékű javulást mutattak a két mérés közt, de nem kaptunk szignifikáns eredményt a szubjektív fájdalomérzet kapcsán (lásd 1. táblázat).

1. táblázat: A szubjektív fájdalomérzet eredményeinek változás a két mérés között (1-5-ig Likert skálán)

Érték: 1- soha 2-ritkán 3-néha 4-gyakran 5 mindig	Az 5 hetes SMR program előtt		Az 5 hetes program után		Szignifikancia érték (p)
A kérdőív változói	M	SD	M	SD	p
Csípő- /deréktáji kellemetlenség érzése	2,33	0,99	2,11	0,80	0,199
Csípődben/derekadban kattánás, roppanás	1,7	0,98	1,56	0,93	0,359
Csípőnyújtás gyakorlatainál nehézség	1,9	1,09	1,8	0,88	0,937
Csípőízületben becsípődő/szúró fájdalom	1,56	0,81	1,7	0,91	0,489
Derékban becsípődő/szúró fájdalom	1,7	0,79	1,56	0,81	0,489
M=átlag; SD=szórás; *p≤0,05; ** p≤0,01					

Az öt hét alatt, a vizsgálatban résztvevők elsajátították a hatékony hengerezés technikáját, ami az eredményekben is megmutatkozik (lásd 2. táblázat). A résztvevők úgy érezték, fejlődtek a hengerezés technikájában, javult a hengerezés közbeni stabilitás érzéke, gyorsultak a technikai kivitelben, és a hengerezés hatékonysága is fejlődött. Az eredmények viszont csak két esetben mutattak szignifikáns értéket, az időtartamban való gyorsulás (p=0,004), és a továbbhaladás érzése (p=0,05) kapcsán.

2. táblázat: A szubjektív fájdalomérzet eredményeinek változás a két mérés között (1-5-ig Likert skálán)

Érték: 1- egyáltalán nem - 5 teljes mértékben	Az 5 hetes SMR program előtt		Az 5 hetes program után		Szignifikancia érték (p)
A kérdőív változói	M	SD	M	SD	p
Hengerezés hatékonyságának érzése	4,3	0,75	4,3	0,75	1
Stabilitás érzése különböző pozíciókban	3,8	0,87	4,1	0,59	0,083
Továbbhaladás érzése	3,6	1,00	4	0,87	0,05*
Területek oldódásának érzése	3,9	0,66	4,2	0,67	0,073
Fájdalomérzet szabályozása	3,8	0,77	4	0,85	0,283
Időtartamában való gyorsulás	3,5	1,19	4	0,94	0,004**
M=átlag; SD=szórás; *p≤0,05; ** p≤0,01					

4.2.A vizsgálat eredményei

Az első jelentős kutatási kérdésünk az volt, hogy a két hengerezés előtti eredmények mutatnak-e eltérést a különböző tesztek esetén. Az első mérésre az 5 hét kezdetén, a hengerezés előtt került sor, a második mérésre az első hengerezést követően, a harmadik mérésre 5 hét elteltével a hengerezés előtt, a negyedikre pedig a hengerezés után került sor. A „Straight Leg Raise” (SLR) teszt esetében a jobb és a bal lábat külön mértük fel goniométerrel. Az SLR teszt eredményeit tekintve, jelentős különbség volt megfigyelhető a hengerezés előtti és utáni értékeknél (I.-II. mérés, III.-IV. mérés), de a kutatás szempontjából a hengerezés hosszú távú hatásának igazolásához az első és a harmadik mérés közötti differencia volt lényeges. Az ismételt mérések, paraméteres ANOVA teszt jelentős különbséget mutatott mind a jobb- (p=0,00), mind a bal láb (p=0,00) esetén a mérések között (lásd 3. táblázat).

3. táblázat: Az SRL teszt hosszú távú eredményeinek értékei a négy mérési időpontban

Tukey HSD teszt				
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
SLR (szögfok) átlaga	96,63	107,3	101,5	116,13
SLR teszt bal láb I. mérés			0,000***	
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
SLR (szögfok) átlaga	92,77	104,27	103,2	116,73
SLR teszt jobb láb I. mérés			0,000***	
(*p≤0,05; ** p≤0,01; *** p≤0,001)				

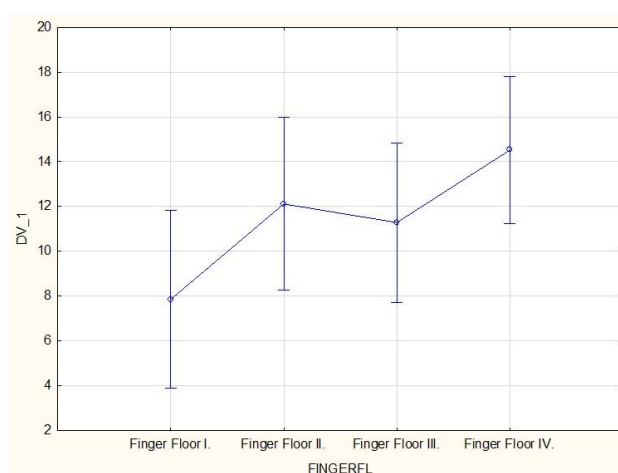
A Sit and Reach teszt során sem a bal (p=0,99), sem a jobb oldalon (p=0,99) nem találtunk jelentős eltérést a két hengerezés előtti mérés között, azonban kijelenthető, hogy minimális fejlődést mutattak a mért adatok a bal láb esetén.

4. táblázat: A Sit and Reach bal és jobb oldali teszt első és a harmadik mérésének leíró statisztikai adatai

Változók	p	N	M (cm)	Minimum (cm)	Maximum (cm)	SD	Ferdeség	Csúcsosság
Sit and Reach bal I.	0,99	30	33,23	11,20	56,50	9,12	0,20	0,82
Sit and Reach bal III.		30	33,37	14,00	52,30	9,74	0,05	-0,68
Sit and Reach jobb I.	0,99	30	33,33	6,70	55,30	9,68	-0,23	1,14
Sit and Reach jobb III.		30	33,25	17,00	51,60	9,46	0,22	-0,86

p (*p≤0.05; ** p≤0.01; *** p≤0.001)

A Finger floor teszt esetén a két hengerezés előtti mérés során szignifikáns különbséget (p=0,00) találtunk az ANOVA tesztet követően.



Mérések	Finger floor teszt (p=0.000***)					
	M	SD	Mérések			
			{1}	{2}	{3}	{4}
1	7,86	10,6	1	0,000***	0,000***	0,000***
2	12,11	10,3		1	0,685	0,01**
3	11,28	9,54			1	0,000***
4	14,52	8,8				1

M = Átlag; SD = Szórás; *p≤0.05; **p≤0.01; ***p≤0.001

1. ábra: A Finger floor teszt első és a harmadik mérési eredményei

A Thoracolumbalis Flexió teszt esetén mind a jobb (p=0,00), mind a bal oldalon (p=0,04) jelentős eltérést találtunk a két hengerezés előtti mérés eredményeit tekintve (lásd 5. táblázat). A teszt sajátosságának köszönhetően itt a kisebb értékek jelentik a jobb eredményt, mivel az ujj-talaj távolság csökkent.

5. táblázat: A Thoracolumbalis Flexió teszt eredményeinek értékei a négy mérési időpontban

Tukey HSD teszt				
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
Átlag (cm)	41,8	39,75	40,62	38,45
TLF bal I. mérés			0,037*	
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
Átlag (cm)	42,05	40,07	40,3	38,49
TLF jobb I.mérés			0,001***	

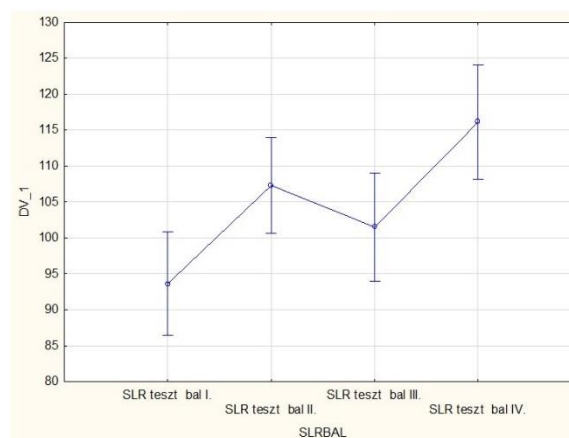
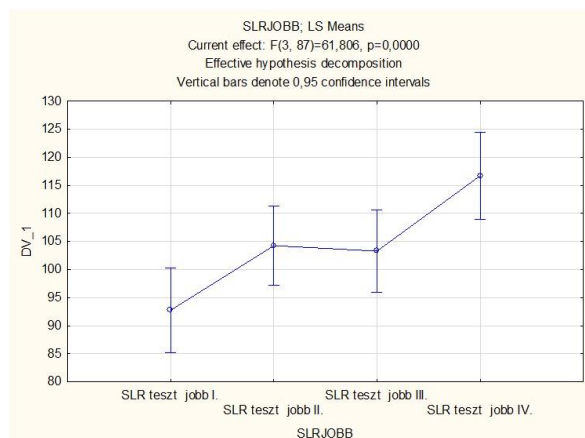
(*p≤0,05; ** p≤0,01; *** p≤0,001)

A második kutatási kérdésem eredményeit több adat összehasonlítása mutatja meg. Az első a két hengerezés utáni mérés összevetése, ami a II. és a IV. mérés közti különbséget jelenti, a másik pedig a hengerezés előtti és utáni adatok különbségeinek összehasonlítása, tehát az I. és II. mérés közti különbség a III. és IV. mérés közti különbséggel összevetve.

Az SLR teszt esetén szignifikáns differenciát találtunk a két hengerezés utáni mérés adatai között mind a jobb láb ($p=0,00$), mind a bal láb ($p=0,00$) esetén.

Mérések	SLR teszt											
	Bal oldal ($p=0.00^{**}$)						Jobb oldal ($p=0.00^{**}$)					
	M	SD	Mérések				M	SD	Mérések			
			{1}	{2}	{3}	{4}			{1}	{2}	{3}	{4}
1	93,63	19,3	1	0,000***	0,000***	0,000***	92,77	20,2	1	0,000***	0,000***	0,000***
2	107,3	17,76		1	0,008**	0,000***	104,3	18,97		1	0,947	0,000***
3	101,5	20,22			1	0,000***	103,3	19,62			1	0,000***
4	116,1	21,35				1	116,7	20,71				1

M = Átlag; SD = Szórás; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$



2. ábra: Az SLR teszt mérései közti különbségek összevetése oldalanként

A Sit and Reach tesztnél nem találtunk szignifikáns eltérést a két hengerezés utáni eredményekben sem a jobb ($p=0,26$), sem a bal oldalon ($p=0,17$). Ennek ellenére alacsony mértékű javulás megfigyelhető volt mind a két oldal esetén.

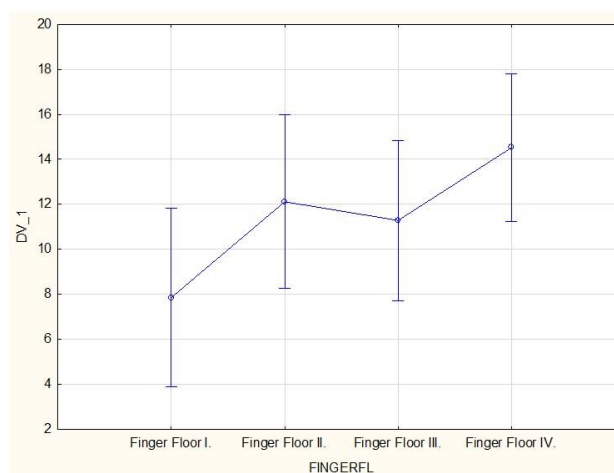
6. táblázat: A Sit and Rich teszt II. és IV. mérésének leíró statisztikai adatai oldalanként

Változók	p	N	M	Minimum (cm)	Maximum (cm)	SD	Ferdeség	Csúcsosság
Sit and Reach bal II.	0,17	30	36,42	21,6	56,8	8,13	0,47	-0,01
Sit and Reach bal IV.		30	37,82	25,5	55	7,81	0,47	-0,54
Sit and Reach jobb II.	0,26	30	36,54	21,6	56,5	8,74	0,15	-0,36
Sit and Reach jobb IV.		30	37,78	24,2	55,5	7,82	0,39	-0,34

A Finger Floor teszt esetén a két hengerezés utáni mérés során szignifikáns különbséget ($p=0,00$) találtunk az ANOVA tesztet követően.

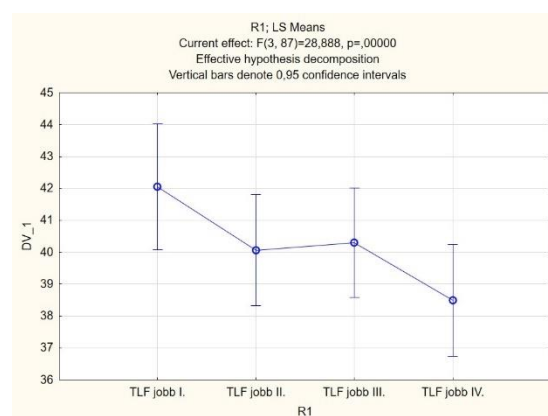
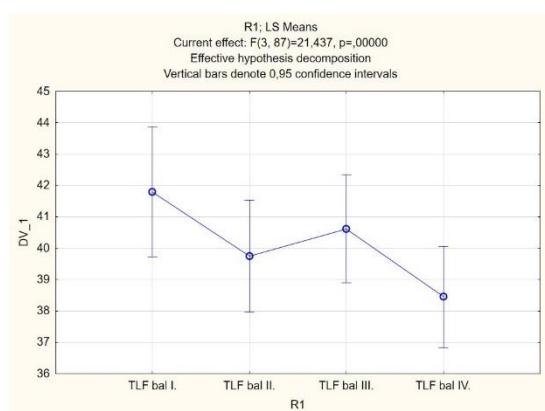
7. táblázat: A Finger floor teszt II.-IV. mérésének különbségvizsgálata

Tukey HSD teszt				
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
Átlag (cm)	7,86	12,11	11,28	14,52
Finger floor teszt II. mérés				0,01**
(* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$)				



3. ábra a Finger floor teszt esetén mérési eredményei

A Thoracolumbalis Laterál Flexió teszt esetén mind a jobb ($p=0,00$), mind a bal oldalon ($p=0,04$) jelentős eltérést találtunk a két hengerezés utáni mérés eredményeit tekintve. Itt szintén a csökkenő érték jelenti a növekvő mozgástartományt.



4. ábra: A Thoracolumbalis Laterál Flexió teszt mérési eredményei

A hengerezés előtti és utáni adatok különbségeinek analízálása során vizsgáltuk a III. és a IV. mérés közötti különbséget az I. és II. mérés közötti különbségekkel összevetve. A kutatásunk eredményei nem mutatnak szignifikáns differenciát a mérések különbségei között egyik teszt esetében sem (lásd 7. táblázat).

7. táblázat: A hengerezés előtti és utáni adatok különbségeinek összevetése

			SLR teszt bal III-IV.	SLR teszt jobb III-IV.	Sit and reach bal III-IV.	Sit and reach jobb III-IV.	Finger Floor III-IV.	Thoracolumbal lateral flexion bal III-IV.	Thoracolumbal lateral flexion jobb III-IV.
Változók	M	SD	M=14,633 SD=8,580	M=13,433 SD=8,186	M=4,450 SD=3,896	M=4,530 SD=3,962	M=3,233 SD=2,542	M=2,167 SD=1,699	M=1,810 SD=1,537
SLR teszt bal I-II.	13,667	0,021	0,624						
SLR teszt jobb I-II.	11,5	5,698		0,268					
Sit and reach bal I-II.	3,187	2,832			0,253				
Sit and reach jobb I-II.	3,21	3,028				0,245			
Finger Floor I-II.	4,257	2,475					0,086		
Thoracolumbal lateral flexion bal I-II.	2,05	1,663						0,431	
Thoracolumbal lateral flexion jobb I-II.	1,983	1,578							0,733

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásom kezdetén számos kérdéssel és feltételezéssel vágtunk neki a munkának. A továbbiakban szeretném végigvenni, hogy ezek a feltételezések beigazolódtak-e vagy sem. Első feltevésem, mely szerint az 5 hetes rendszeres hengerezés hatására javulást várok az általános hajlékonyságban, ami az azt befolyásoló tényezőktől (bemelegítés, napszak, hőmérséklet stb.) függetlenül is mérhető, beigazolódt, mert a hengerezés előtt mért adatokban szignifikáns fejlődést találtunk. Tehát az I. és III. mérés közötti jelentősen javuló eredmények azt mutatják, hogy a rendszeres hengerezés pozitívan befolyásolta a mozgástartományt, mind rövidtávon, mind hosszútávon.

A kérdőív eredményei a szubjektív fájdalomérzet kapcsán, nem mutattak szignifikáns fejlődést, tehát a résztvevők különösebben nem érezték, hogy a becsípődésből vagy merevségből adódó fájdalmaik csökkentek volna. Ám a gyakorlati tapasztalatra irányuló kérdéseknél javulást találtunk, melyek közül két kérdésnél szignifikáns volt az eredmény. A kérdésekből egyértelműen megállapítható, hogy a résztvevők sokkal jobban érezték, hogy oldódott egy adott terület és mikor kell tovább haladni a következő izomcsoportra, valamint ennek köszönhetően a hengerezés időtartama is lecsökkent. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az 5 hét során

hatékonyabbá vált a hengerezés technikája.

A második feltételezésem a hengerezés gyakorlati tapasztalatával foglalkozó kérdésemhez kapcsolódott. Ez részben beigazolódott, mivel a hengerezés utáni adatokban szignifikáns fejlődést találtunk. Ám a feltételezésem másik aspektusa, mely szerint a hengerezés előtti és utáni adatok különbségeinek összehasonlítása, tehát az I. és II. mérés közti különbség a III. és IV. mérés közti különbséggel összevetve csökkenést fog mutatni, nem igazolódott be, mivel ebben az esetben az eredmények nem mutattak szignifikáns változást sem pozitív, sem negatív irányba. Ez azt jelenti, hogy a megnövekedett hengerezés előtti mozgástartomány mellett, a hengerezés hatása megtartotta ugyanazt a fejlődést, tehát a gyakorlati tapasztalat jelentősen befolyásolta a hengerezés hatását pozitív irányba, a technikai kivitelezés fejlődésének és a strukturális adaptációnak köszönhetően.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A korábbi hengerezés témakörében készített tudományos munkákra alapozott kutatási terv, hatékonynak bizonyult az ízületi-mozgástartomány növelésében. A teljes testen történő alkalmazásnak köszönhetően, kihasználtuk a hengerezés által kifejtett globális hatásokat, melyek a paraszimpatikus idegrendszer aktiválódásával, egy relaxált állapotot idézett elő a szervezetben. Továbbá a rendszeres használat hatására végbe mentek lokális hatások is, mint például a „szivacs hatás”, a „sliding mechanizmus” vagy a keringés fokozása a szövetekben, melyek mind hozzájárultak a szinte minden esetben szignifikánsan megnövekedett mozgástartomány eredményekhez. Az 5 hetes mozgásprogram elérte a várt hatást, mivel az eredményekből egyértelműen látszik, hogy a rendszeres legalább heti 4 alkalommal történő hengerezés, pozitívan hat a derék és a csípő mobilitására közvetlenül hengerezés után és hosszabb távon egyaránt. Továbbá az is megállapítható, hogy a helyes technikai kivitelezés, javítja a hengerezés hatását, ezért ajánlott megtanulni a hatékonyság érdekében. Ennek ellenére a nemzetközi eredményeket tekintve továbbra is sok ellentmondást találhatunk, ezért további kutatásokra van szükség, melyek a hengerezés hatását vizsgálják, akár más mobilizáló technikákkal összevetve.

SZAKIRODALMI JEGYZÉK

- Anderson, B. L., Harter, R. A., & Farnsworth, J. L. (2020). The Acute Effects of Foam Rolling and Dynamic Stretching on Athletic Performance: A Critically Appraised Topic. *Journal of sport rehabilitation*, 30(3), 501–506. <https://doi.org/10.1123/jsr.2020-0059>
- Behm, D. (2018): The Science and Physiology of Flexibility and Stretching: Implications and Applications in Sport Performance and Health (1st ed.). Routledge.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633–2651. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>.
- Behm, D. G., Kay, A. D., Trajano, G. S., & Blazevich, A. J. (2021). Mechanisms underlying performance impairments following prolonged static stretching without a comprehensive warm-up. *Eur J Appl Physiol*, 121(1), 67–94. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04538-8>
- Behm, D. G., & Wilke, J. (2019). Do Self-Myofascial Release Devices Release Myofascia? Rolling Mechanisms: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(8), 1173–1181. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01149-y>
- Bushell, J. E., Dawson, S. M., & Webster, M. M. (2015). Clinical Relevance of Foam Rolling on Hip Extension Angle in a Functional Lunge Position. *Journal of strength and conditioning research*, 29(9), 2397–2403. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000888>
- Chaudhry, H., Schleip, R., Ji, Z., Bukiet, B., Maney, M., & Findley, T. (2008). Three-dimensional mathematical model for deformation of human fasciae in manual therapy. *The Journal of the American Osteopathic Association*, 108(8), 379–390. <https://doi.org/10.7556/jaoa.2008.108.8.379>
- Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). THE EFFECTS OF SELF-MYOFASCIAL RELEASE USING A FOAM ROLL OR ROLLER MASSAGER ON JOINT RANGE OF MOTION, MUSCLE RECOVERY, AND PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827–838.
- Falus I., Tóth I. K. M., Bábosik I., Réthy E., Szabolcs É., Nahalka, I. Csapó B. és Mayer M. N. M. (2004): Bevezetés a pedagógiai kutatás módszereibe. Műszaki Könyvkiadó Kft., Budapest
- Halata, Z., Strassmann, T. (1990). The Ultrastructure of Mechanoreceptors in the Musculoskeletal System of Mammals. In: Zenker, W., Neuhuber, W.L. (eds) The Primary Afferent Neuron. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0579-8_5
- Hodgson, D. D., Lima, C. D., Low, J. L., & Behm, D. G. (2018). FOUR WEEKS OF ROLLER MASSAGE TRAINING DID NOT IMPACT RANGE OF MOTION, PAIN PRESSURE THRESHOLD, VOLUNTARY CONTRACTILE PROPERTIES OR JUMP PERFORMANCE. *International journal of sports physical therapy*, 13(5), 835–845.
- Junker, D. H., & Stöggl, T. L. (2015). The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility. *Journal of strength and conditioning research*, 29(12), 3480–3485. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001007>

- Kiyono, R., Onuma, R., Yasaka, K., Sato, S., Yahata, K., & Nakamura, M. (2022). Effects of 5-Week Foam Rolling Intervention on Range of Motion and Muscle Stiffness. *Journal of strength and conditioning research*, 36(7), 1890–1895. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003757>
- Konrad, A., Bernsteiner, D., Reiner, M. M., Nakamura, M., & Tilp, M. (2022). An Intense Warm-Up Does Not Potentiate Performance Before or After a Single Bout of Foam Rolling. *Journal of sports science & medicine*, 21(2), 145–152. <https://doi.org/10.52082/jssm.2022.145>
- Konrad, A., Močnik, R., Nakamura, M., Sudi, K., & Tilp, M. (2021). The Impact of a Single Stretching Session on Running Performance and Running Economy: A Scoping Review. *Frontiers in physiology*, 11, 630282. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.630282>
- Konrad, A., Močnik, R., Titze, S., Nakamura, M., & Tilp, M. (2021). The Influence of Stretching the Hip Flexor Muscles on Performance Parameters. A Systematic Review with Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1936. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041936>
- Konrad, A., Nakamura, M., Tilp, M., Donti, O., & Behm, D. G. (2022). Foam Rolling Training Effects on Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(10), 2523–2535. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01699-8>
- Konrad, A., Reiner, M. M., Bernsteiner, D., Glashüttner, C., Thaller, S., & Tilp, M. (2021). Joint Flexibility and Isometric Strength Parameters Are Not Relevant Determinants for Countermovement Jump Performance. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2510. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052510>
- Le Gal, J., Begon, M., Gillet, B., & Rogowski, I. (2018). Effects of Self-Myofascial Release on Shoulder Function and Perception in Adolescent Tennis Players. *Journal of sport rehabilitation*, 27(6), 530–535. <https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0240>
- Mohr, A. R., Long, B. C., & Goad, C. L. (2014). Effect of foam rolling and static stretching on passive hip-flexion range of motion. *Journal of sport rehabilitation*, 23(4), 296–299. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0025>
- Morales-Artacho, A. J., Lacourpaille, L., & Guilhem, G. (2017). Effects of warm-up on hamstring muscles stiffness: Cycling vs foam rolling. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(12), 1959–1969. <https://doi.org/10.1111/sms.12832>
- Peacock, C. A., Krein, D. D., Silver, T. A., Sanders, G. J., & VON Carlowitz, K. A. (2014). An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *International journal of exercise science*, 7(3), 202–211.
- Stovern, O., Henning, C., John, P., Porcari, Doberstein, S., Emineth, K., Blaine, E., Arney, Foster, C. (2019). The Effect of Training with a Foam Roller on Ankle and Knee Range of Motion, Hamstring Flexibility, Agility, and Vertical Jump Height. *Int J of Res Ex Phys*, 15(1): 39-49.
- Sullivan, K. M., Silvey, D. B., Button, D. C., & Behm, D. G. (2013). Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds

without performance impairments. *International journal of sports physical therapy*, 8(3), 228–236.

Sulowska-Daszyk, I., & Skiba, A. (2022). The Influence of Self-Myofascial Release on Muscle Flexibility in Long-Distance Runners. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 457. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010457>

Thorborg, K., Hölmich, P., Christensen, R., Petersen, J., & Roos, E. M. (2011). The Copenhagen Hip and Groin Outcome Score (HAGOS): development and validation according to the COSMIN checklist. *British journal of sports medicine*, 45(6), 478–491. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.080937>

Warneke, K., Aragão-Santos, J. C., Alizadeh, S., Bahrami, M., Anvar, S. H., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Are Acute Effects of Foam-Rolling Attributed to Dynamic Warm Up Effects? A Comparative Study. *Journal of sports science & medicine*, 22(2), 180–188. <https://doi.org/10.52082/jssm.2023.180>

Warneke, K., Plöschberger, G., Lohmann, L. H., Lichtenstein, E., Jochum, D., Siegel, S. D., Zech, A., & Behm, D. G. (2024). Foam rolling and stretching do not provide superior acute flexibility and stiffness improvements compared to any other warm-up intervention: A systematic review with meta-analysis. *Journal of sport and health science*, 13(4), 509–520. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.01.006>

Wilke, J., Müller, A. L., Giesche, F., Power, G., Ahmedi, H., & Behm, D. G. (2020). Acute Effects of Foam Rolling on Range of Motion in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(2), 387–402. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01205-7>

Wilke, J., Niemeyer, P., Niederer, D., Schleip, R., & Banzer, W. (2019). Influence of Foam Rolling Velocity on Knee Range of Motion and Tissue Stiffness: A Randomized, Controlled Crossover Trial. *Journal of sport rehabilitation*, 28(7), 711–715. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0041>

Yoshimura, A., Sekine, Y., Schleip, R., Furusyo, A., Yamazaki, K., Inami, T., Murayama, M., & Hirose, N. (2021). The acute mechanism of the self-massage-induced effects of using a foam roller. *Journal of bodywork and movement therapies*, 27, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.02.012>