

Excentrikus térdhajlító edzés hatása 10-11 éves leány kézilabdások hagyományos és funkcionális TH/TF arányára

A prepubertáskorú gyermekeknek is szüksége van megfelelő eszközökkel és módon végzett erőfejlesztésre, hiszen a sportolás az ő mozgatórendszerükre is nagy terheket ró (Kraemer és Fleck 2005). A térdhajlító izomcsoport a biceps femorist, a semitendinosus és a semimembranosus izmokat foglalja magában. A térdízület hajlítása mellett nagyon fontos szerepük van dinamikus mozgások során az ízület stabilizálásában, amit a térdfesztő izomcsoport antagonistájaként lát el. A többsíkú mozgások során szerepet játszanak az antero-posterior, ki/berotációs és ab/abductiós stabilitás megteremtésében is (Hewett és mtsai. 2008). A térdhajlító (TH) és térdfesztő (TF) izomcsoport nyomatékegyensúlyának jellemzésére használják a hagyományos TH/TF arányt, amelyet a két izomcsoport izometriás vagy koncentrikus csúcsnyomatékának hányadosaként számítanak. A térdnyújtásra jellemző funkcionális TH/TF arányt az excentrikus (EC) térdhajlító és koncentrikus (CC) térdfesztő csúcsnyomaték hányadosaként számolják. Aagard (1995) szerint a hagyományos TH/TF nem érzékeny a szögsebességre 30-240 °/s között, valamint a térdflexióra 30-50 ° között, értéke 0,47-0,56 közötti, ugyanakkor a térdnyújtásra jellemző funkcionális arány értéke 1 fölé (0,48-1,29) mehet a sebesség növelésével és a térd nyújtásával. Utóbbi oka, hogy a térd nyújtásával a térdfesztő CC nyomatéka csökken, míg a térdhajlító EC nyomatéka állandó marad, továbbá a térdfesztő hossz-feszülés összefüggése 69-49 °-os ízületi szöghelyzetben romlik, ezzel párhuzamosan a térdhajlítóé 21-25 °-os helyzetben viszonylag állandó. A TH/TF arányt több tényező is befolyásolja. Hewett és mtsai. (2008) szerint a férfiakkal ellentétben nőknél nem nő szignifikánsan a TH/TF arány a szögsebesség növekedésével (30 °/s 49,5±8,8 %, 360 °/s 51±5,7%). 60 °/s-on a nők TH/TF-je szignifikánsan alacsonyabb a férfiakénál (56±6 vs. 63±12 %), 300 °/s-on nincs különbség a nemek között, de a nőké szignifikánsan alacsonyabb a judosokénál és focistákénál. Ennek oka, hogy a TF csúcsnyomatéka kevésbé csökken,

mint a TH-é, így a nagy sebességen TH erősítés javasolt a női kézilabdázóknál (Andrade 2012). A TH/TF arányt a két izomcsoport nyomatékának életkorból adódó eltérő mértékű fejlődése is befolyásolja. Barber-Westin és mtsai. (2006) 1140, 9-17 éves sportoló ugrásból való leérkezésének jellemzőit és izomerejének fejlődését vizsgálták. A térdfeszítő ereje lányoknál 9-13 éves kor között 20, a térdhajlítóé 9-11 éves kor között 16 %-kal nőtt, utána nincs szignifikáns változás. Az eredmények alapján 11 éves kortól ajánlott a lányok combhajlítójának specifikus erősítése az izomerő további növelésére. Érdekes módon a mélybeugrásból való leérkezéskor a legtöbb gyermeknél határozott alsó végtagi valgus volt megfigyelhető, a két nem között nem volt jelentős eltérés az átlagos mediális térdelmozdulásban, így valószínűleg nem ez az oka a nők gyakoribb ACL sérülésének. Ahmad és mtsai. (2006) 10-18 éves gyermekeket vizsgáltak (70 fiú, 53 lány). Az érés során a lányok térdfeszítő ereje 50, míg a térdhajlító ereje csak 27 %-kal nőtt. A szerzők ajánlása szerint a menarche körül változhat meg a lányok térdfeszítője és –hajlítója közötti egyensúly, azért zárt kinematikai láncú térdhajlító erősítést javasolnak.

Withrow (2008) szerint a növekvő combhajlító erő csökkenti a relatív ACL feszülést az ugrásból való leérkezés flexiós fázisában, továbbá csökkentheti a túlzott rotációt is a frontális síkban. Ford és mtsai. (2011) szerint mélybeugrásnál a leugrási magasság növelésével a TH aktivációja nem nőtt szignifikánsan ellentétben a TF-el, így fokozódhatott az elülső keresztszalag (ACL) feszülése. Továbbá a talajraérkezés pillanatában a leugrási magasság növelésével szignifikánsan csökkent a csípőflexió mértéke, az extendált csípő pedig fokozta a TF aktivációját és csökkentette a TH-ét.

Mjølnes és mtsai. (2004) a Nordic hamstrings (NH, 1. ábra) nevű TH specifikus erőfejlesztő gyakorlat hatékonyságát vizsgálták tíz héten keresztül 22 férfi élvonalbeli labdarúgóknál. Szignifikánsan nőtt az EC erő az NH edzés hatására. Az NH gyakorlat közben nagy excentrikus erőt kell kifejteni maximális térdnyújtás közelében. Iga és mtsai. (2012) 18 férfi

élvonalbeli labdarúgónál vizsgálták négy héten keresztül ugyanezen gyakorlat hatékonyságát. Az EMG mérések alapján a domináns és nem-domináns láb TH-ja azonos mértékben vesz részt a gyakorlatban, illetve a két láb TH izomcsoportjának excentrikus erejének növekedése között sem volt szignifikáns különbség. A TH EMG aktivitása a gyakorlat középső fázisában (60-30 °-os térdhajlásszög) volt a legmagasabb, de még a végső szakaszban is szignifikánsan magasabb volt a kiindulási szintnél, így a sérülésveszélyes helyzetek ellen nyújthat védelmet. Az izokinetikus EC erő növekedése 60,120 és 240 °/s-on is megfigyelhető volt, vagyis az adaptáció független volt az edzés sebességétől.

Vizsgálati célok

Vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy gyermekekkel TH specifikus edzést végeztetve csökkenthető-e a későbbi térd-sérülés kialakulásának kockázata, amelyet a hagyományos és funkcionális TH/TF aránnyal jellemeztünk.

Hipotézisek

Az irodalmi adatok alapján feltételezzük, hogy 10 hetes excentrikus térdhajlító edzés hatására a hagyományos és funkcionális TH/TF arány növekedni fog.

Vizsgálati módszerek

Vizsgálati mintánkat 22, 10-11 éves leány kézilabdás alkotta. Multicont II. Tihanyi sytem dinamométer segítségével mértük a TH excentrikus (EC) csúcsnyomatékát 60 °/s-os, valamint a TH és a TF koncentrikus (CC) csúcsnyomatékát 60 és 180 °/s-os szögsebességen. Az izokinetikus mérések során a vizsgált személyek ülve helyezkedtek el a dinamométeren, a combjukat heveder segítségével rögzítettük. 10-85 ° közötti térdízületi szögtartományban végeztük a mérést. A mérést standard bemelegítés előzte meg: 3 perces keringésfokozó blokk után dinamikus nyújtások következtek, amelyek az alsó végtag izomcsoportjait érintették. A mérések előtt mindegyik vizsgálati személynek lehetőséget biztosítottunk a dinamométerrel és a protokollal való megismerkedésre. A vizsgálat során az említett szögsebességek esetén 4-4

kísérletet hajtottak végre a személyek. A nyomaték-idő görbék elemzése során a legnagyobb impulzusú görbével rendelkező kísérletet értékeltük. Az impulzust az alábbi képlet alapján

számoltuk ki:

$$I = \int_{t_1}^{t_n} M_{(t)} \cdot dt$$

, ahol I az impulzust, M a

forgatónyomatékot, dt pedig az időváltozást jelenti.

Ezen adatokból meghatároztuk a funkcionális TH/TF arányt 60 °/s-on, illetve a hagyományos TH/TF arányt 60 és 180 °/s-on. Az egyes változókat mindkét láb esetében meghatároztuk. Továbbá Chronojump Bosco system kontaktszőnyeg segítségével karlendítés nélkül ízületi hajlítás-nyújtással végrehajtott függőleges felugrás (CMJ) közben mértük a felugrási magasságot. Az említett bemelegítés után csípőre tett kézzel öt felugrást hajtottak végre a személyek, a levegőben tartózkodási időből a szoftver kiszámította a felugrási magasságot, amelyet rögzítettünk. Az elemzés során a legnagyobb értéket vettük figyelembe. Az első felmérés (Pre) után a gyermekeket véletlenszerűen két csoportba osztottuk: az edző (EC, 13 fő, 5,42±0,95 éve kézilabdázik) hetente kétszer progresszíven, saját testsúllyal, excentrikus TH erősítő gyakorlatot végzett a kézilabda edzés mellett, a kontroll csoport (KO, 9 fő, 3,56±1,01 éve kézilabdázik) a kézilabda edzését végezte csak.

Edzésprogram

A térdhajlító specifikus edzésprogramot végző csoport az első 10 hetes periódusban hetente kétszer hajtotta végre progresszíven növekvő ismétlés- és szériaszámmal. A pontos ismétlés- és szériaszámok edzésre lebontva az 1. táblázatban láthatóak. Két edzésnap között minimum két pihenőnap telt el, hogy a szokatlan excentrikus terhelésből a térdhajlító regenerálódhasson. A 10 hetes edzésperiódus vége után egy héttel végeztük az első kontrollmérést (Post1), hiszen célunk nem az utolsó edzés akut hatásának mérése, hanem a teljes program hatására bekövetkező változások vizsgálata volt. A mérést követően újabb 10 hetes periódus vette kezdetét, ekkor azonban már csak hetente egyszer hajtott végre az edző

csoport a gyakorlatot: 3*15 ismétlést, miközben egy 2 kg-os medicinlabdát tartottak mellső középtartásban, s amelyet minden egyes ismétlés befejezése előtt a velük szembe lévő falnak kellett dobniuk. Ennek végén újabb kontrollmérést végeztünk (Post2).

Statisztikai számítások

A statisztikai számítások elvégzésére a Statsoft Statistica 11 szoftvert használtuk. A normalitásvizsgálat eredménye alapján a csoportokon belüli és a csoportok közötti különbségek kimutatására paraméteres változók esetében egy- és kétmintás t-próbát, míg nem-paraméteres változók esetében Wilcoxon matched pairs tesztet, Mann-Whitney-U tesztet használtunk. A szignifikancia szint $p \leq 0,05$ volt.

Eredmények

A 60 °/s-os szögsebességen mért EC TH csúcsnyomaték mindkét csoportban mindkét láb esetében szignifikánsan nőtt 10 hét elteltével (2. ábra): EC bal Pre 60,38±15,55 Nm Post1 75,85±21,17 Nm; EC jobb Pre 63,51±21,37 Nm Post1 77,30±22,79 Nm; KO bal Pre 45,88±10,72 Nm Post1 59,93±15,14 Nm; jobb Pre 50,56±7,89 Nm Post1 62,75±13,95 Nm. A 60 °/s-on mért CC TH csúcsnyomaték a KO csoportban mindkét láb esetében szignifikánsan nőtt (3. ábra): EC bal Pre 46,57±6,59 Nm Post1 53,59±12,83 Nm; EC jobb Pre 47,5±8,5 Nm Post1 54,37±14,21 Nm; KO bal Pre 38,96±8,16 Nm Post1 47,96±10,01 Nm; KO jobb Pre 41,62±8,98 Nm Post1 48,47±8,31 Nm. A 60 °/s-on mért CC TF csúcsnyomaték az EC csoportban mindkét láb esetében szignifikánsan növekedett (4. ábra): EC bal Pre 77,64±10,67 Nm Post1 92,11±18,24 Nm; EC jobb Pre 80,56±14,25 Nm Post1 89,16±18,65 Nm; KO bal Pre 65,82±11,01 Nm Post1 80,50±12,95 Nm; KO jobb Pre 73,86±10,96 Nm Post1 78,87±10,29 Nm. A 180 °/s-on mért CC TH csúcsnyomaték az EC csoportban mindkét lábban szignifikánsan növekedett (5. ábra): EC bal Pre 48,52±16,74 Nm Post1 60,13±19,29 Nm; EC jobb Pre 50,79±15,33 Nm Post1 62,59±19,91 Nm; KO bal Pre 41,01±10,65 Nm Post1 54,88±20,99 Nm; KO jobb Pre 45,63±17,58 Nm Post1 54,37±15,49 Nm. A 180 °/s-on mért

CC TF csúcsnyomaték az EC csoportban mindkét lábban szignifikánsan növekedett (6. ábra): EC bal Pre $57,27 \pm 9,26$ Nm Post1 $73,42 \pm 19,61$ Nm; EC jobb Pre $59,05 \pm 13,68$ Nm Post1 $70,26 \pm 15,96$ Nm; KO bal Pre $49,69 \pm 8,57$ Nm Post1 $59,06 \pm 7,93$ Nm; KO jobb Pre $55,51 \pm 6,51$ Nm Post1 $62,28 \pm 8,47$ Nm. A $60^\circ/\text{s}$ -on mért EC TH és CC TF csúcsnyomatékokból számolt funkcionális TH/TF arány a KO csoportban a jobb lábban szignifikánsan növekedett (7. ábra): EC bal Pre $0,78 \pm 0,17$ Post1 $0,82 \pm 0,16$; EC jobb Pre $0,79 \pm 0,19$ Post1 $0,87 \pm 0,17$; KO bal Pre $0,71 \pm 0,17$ Post1 $0,75 \pm 0,16$; KO jobb Pre $0,69 \pm 0,051$ Post1 $0,79 \pm 0,14$. A $60^\circ/\text{s}$ -on mért CC TH és TF csúcsnyomatékokból számolt TH/TF arány esetében nem találtunk szignifikáns változást (8. ábra): EC bal Pre $0,60 \pm 0,07$ Post1 $0,59 \pm 0,09$; EC jobb Pre $0,59 \pm 0,11$ Post1 $0,62 \pm 0,15$; KO bal Pre $0,59 \pm 0,13$ Post1 $0,59 \pm 0,07$; KO jobb Pre $0,56 \pm 0,09$ Post1 $0,62 \pm 0,79$. A $180^\circ/\text{s}$ -on mért CC TH és TF csúcsnyomatékokból számolt TH/TF arány esetében nem találtunk szignifikáns változást (9. ábra): EC bal Pre $0,83 \pm 0,18$ Post1 $0,82 \pm 0,13$; EC jobb Pre $0,86 \pm 0,15$ Post1 $0,91 \pm 0,27$; KO bal Pre $0,83 \pm 0,18$ Post1 $0,92 \pm 0,30$; EC jobb Pre $0,83 \pm 0,35$ Post1 $0,88 \pm 0,26$. A páros lábbal, karlendítés nélkül végrehajtott CMJ felugrási magasság szignifikánsan emelkedett az EC csoportban (10. ábra): EC Pre $18,25 \pm 2,29$ cm Post1 $22,48 \pm 2,64$ cm; KO Pre $19,52 \pm 3,55$ cm Post1 $19,08 \pm 1,96$ cm.

Megbeszélés

Az excentrikus térdhajlító csúcsnyomaték mindkét csoportban, mindkét lábban szignifikánsan növekedett. Mivel az excentrikus térdhajlítóedzést leszámítva az EC és a KO csoport ugyanazt az edzésmunkát végezte, nem jelenthető ki, hogy az EC TH nyomaték növekedését a specifikus edzésprogram okozta. Az edző csoportban azonban szignifikánsan magasabb szintről indulva azonos mértékben növekedett az EC nyomaték, ami nehezebben érhető el, s ebben az EC edzésnek szerepe lehet. Meg kell említeni, hogy a 10 hetes program első négy hete a nyári alapozó időszakra esett, amelynek során a KO csoport is teljesített egy progresszív szökdelőprogramot, az ő esetükben feltételezésünk szerint ez okozta a

nyomatéknövekedést. Az EC TH edzés hatásának tisztázása az EC TH nyomatékra prepubertáskorú gyerekeknél azonban további vizsgálatokat igényel. Érdekes módon az excentrikus térdhajlítóedzés a vizsgálati csoportban 60 és 180 °/s-os szögsebességen is szignifikánsan növelte mindkét lábban a térdfeszítők koncentrikus csúcsnyomatékát. Fontos megjegyezni, hogy ezt a gyakorlatot leszámítva egyik csoport sem végzett alsó végtagi erőedzést a vizsgálat időtartama alatt, csak a kézilabdázáshoz kötődő mozgásanyagot. A Nordic hamstrings gyakorlat kiinduló helyzetében (1. ábra) 90 °-os térdhajlásszög esetén a legnagyobb a TH izomcsoport nyíróereje, amelyet a TF-nek kell antagonistaként kontrollálnia, feltételezésünk szerint ez okozhatta az edzés szempontjából antagonista izomcsoportban a szignifikáns nyomatéknövekedést. Ez a változás azért is különösen érdekes, mert a CMJ felugrás magasságát elsősorban a térdfeszítők ereje határozza meg, a térdhajlítóknak stabilizáló szerepe van. A 10 hetes beavatkozás után az EC csoportban szignifikánsan (átlagosan 4,23 cm-el) növekedett a felugrási magasság, a KO csoportban azonban nem találtunk változást. Emellett a két antagonista (TH-TF) izomcsoport koordináltabb működése, a kisebb kokontrakció, a térdhajlítók fékező munkájának csökkenése is hozzájárulhatott a felugrási magasság növeléséhez. Hiába tapasztaltunk szignifikáns nyomatéknövekedést a KO csoportban a 60 °/s-on mért EC és CC térdhajlító nyomatékban, a sokízületi mozgás (függőleges felugrás) teljesítményében nem tapasztaltunk javulást.

A 60 °/s-on mért EC TH és CC TF csúcsnyomatékokból számított funkcionális TH/TF arány nem változott szignifikánsan a 10 hetes EC edzés hatására. Ez ellentmond Mjolsnes és mtsai. (2004) eredményeinek: a 10 hétig, hetente kétszer Nordic hamstrings gyakorlatot végző élvonalbeli labdarúgók excentrikus térdhajlító nyomatéka 60 °/s-os szögsebességen szignifikánsan nőtt, ám a térdfeszítők nyomatéka nem változott, így a funkcionális TH/TF szignifikánsan növekedett (Pre: $0,89 \pm 0,04$ Post: $0,98 \pm 0,05$). Jelen vizsgálatunkban azonban a

60 °/s-on mért CC TF erő is szignifikánsan nőtt a vizsgálati csoportban, ez magyarázhatja a funkcionális TH/TF változatlanágát. A KO csoportban is szignifikánsan nőtt az EC TH nyomaték, ám a CC TF nyomaték nem, így a jobb lábban szignifikánsan nőtt a funkcionális TH/TF arány.

A 60 és 180 °/s-on mért CC TH és TF csúcsnyomatékból számított TH/TF arány egyik csoportban sem változott szignifikánsan. A 180 °/s-os szögsebességen mért nyomatékokból számított TH/TF arány mindkét csoportban szignifikánsan magasabb volt, mint 60 °/s-on. Ez ellentmond Hewett és mtsai. (2008) eredményének, akik szerint nőknél a TH/TF arány nem nő szignifikánsan a szögsebesség növekedésével. Meg kell azonban említeni, hogy összefoglaló cikkükben felnőtt mintákon végzett vizsgálatokat tekintettek át. Aagaard és mtsai. (1995) szerint a hagyományos TH/TF arány nem érzékeny a szögsebességre 30-240 °/s-s szögsebesség között. Devan és mtsai. (2004) azt vizsgálták, hogy a H/Q-val jellemzett szezon előtti izom egyensúlytalanság és strukturális eltérés hogyan hat a női sportolók fáradásos sérüléseire (ismétlődő szubmaximális terhelés direkt trauma nélkül). 23 jégkorongozó, 20 labdarúgó és 10 kosárlabdázó vett részt a vizsgálatban ($19,4 \pm 1,3$ év), 60 °/s-on mérték a térdhajlítók és –feszítők koncentrikus erejét, valamint az izom állóképességét 300 °/s-on 15 kontrakció segítségével. A normális H/Q arányt 60°/s-on 60-69 % közé teszik a szerzők, 300 °/s-on 80-95 % közé.

Az elülső keresztszalag (ACL) sérülés előfordulása 10-12 éves kortól növekszik (csökkent térdflexió, túlzott rotatio), de 16-18 éves kor között legnagyobb a rizikója (DiStefano és mtsai. 2011). A szerzők szerint az eddigi ACL-prevenációs programok hatástalanok voltak az ugrásokból való leérkezés biomechanikájának megváltoztatásában, ezért erre a korosztályra kidolgozott program hatásait vizsgálták irányváltás után. A kilenc hétig végzett program hatására a csípő befelé rotáció kismértékben csökkent, de a frontális és szagittális síkban nem találtak változást a 30 cm-ről domináns lábra történő mélybeugrás majd irányváltás landolási

biomechanikájában. Emellett a térdhajlító húzódás szakadás kiújulásának kockázata igen magas, húzódás után az RTD és EMG felfutás az ugrásból való leérkezést követő 50-100 ms-ig lecsökken (Opar 2012).

Következtetések

Mindezek figyelembe vételével 10-12 éves kortól térdhajlító specifikus edzést ajánlunk a sportoló gyermekeknek az ACL sérülések, és a térdhajlító húzódások megelőzésére. Tudomásunk szerint ez az első vizsgálat, amely az excentrikus Nordic hamstring gyakorlat hatékonyságát vizsgálta ilyen fiatal mintán. Kraemer és Fleck (2005) szerint prepubertáskorú gyermekeknél minimum 20-35 hetes erőfejlesztő programokra van szükség mérhető változások elérésére, ezért vizsgálatunkat újabb 10 hétig folytattuk. A második edzésperiódus eredményeinek feldolgozása folyamatban van. Továbbá antropometriai és hormonvizsgálatokkal (növekedési hormon, IGF-1) tervezzük eredményeink pontosítását, a növekedés hatásának becslését a kapott eredményekre.

Felhasznált irodalom

Aagaard P, Simonsen EB, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity, gravity correction and contraction mode. *Acta Physiologica Scandinavica*. 1995 Aug;154(4):421-7.

Andrade Mdos S, De Lira CA, Koffes Fde C, Mascarín NC, Benedito-Silva AA, Da Silva AC. Isokinetic hamstrings-to-quadriceps peak torque ratio: the influence of sport modality, gender, and angular velocity. *Journal of sports sciences*. 2012;30(6):547-53.

Devan MR, Pescatello LS, Faghri P, Anderson J. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes With Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. . 2004 Sep;39(3):263-267.

DiStefano LJ, Blackburn JT, Marshall SW, Guskiewicz KM, Garrett WE, Padua DA. Effects of an age-specific anterior cruciate ligament injury prevention program on lower extremity biomechanics in children. *The American Journal of Sports Medicine*. 2011 May;39(5):949-57. doi: 10.1177/0363546510392015. Epub 2011 Feb 1.

Ford KR, Myer GD, Schmitt LC, Uhl TL, Hewett TE.
Preferential quadriceps activation in female athletes with incremental increases in landing intensity. *Journal of Applied Biomechanics*. 2011 Aug;27(3):215-22.

Hewett TE, Myer GD, Zazulak BT.:
Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of science and medicine in sport*. 2008 Sep;11(5):452-9. Epub 2007 Sep 17.

Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps strength ratios. *Journal of strength and conditioning research* 2007 Feb;21(1):41-7.

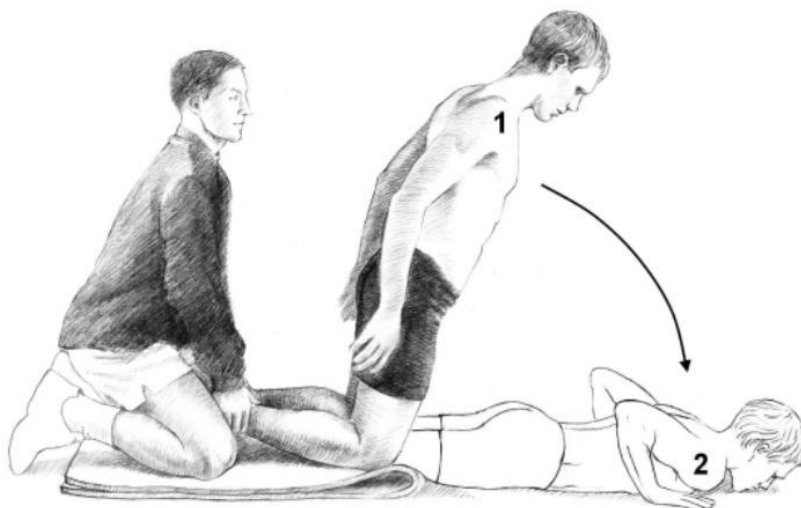
Iga J, Fruer CS, Deighan M, Croix MD, James DV.: 'Nordic' hamstrings exercise - engagement characteristics and training responses. *International journal of sports medicine*. 2012 Dec;33(12):1000-4.

Kong PW, Burns SF.
Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport*. 2010 Feb;11(1):12-7. Epub 2009 Oct 22.

Mjølsnes R, Arnason A, Østhaugen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2004 Oct;14(5):311-7.

Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Dear NM, Shield AJ.
Rate of torque and electromyographic development during anticipated eccentric contraction is lower in previously strained hamstrings. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Jan;41(1):116-25. doi: 10.1177/0363546512462809. Epub 2012 Oct 29.

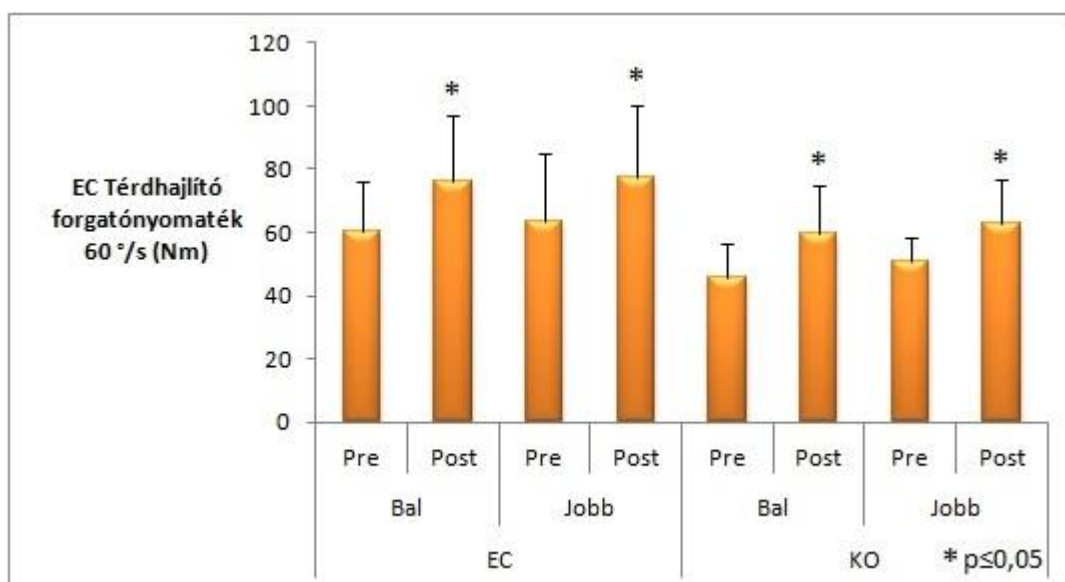
Withrow TJ, Huston LJ, Wojtys EM, Ashton-Miller JA.
Effect of varying hamstring tension on anterior cruciate ligament strain during in vitro impulsive knee flexion and compression loading. *The Journal of Bone and Joint Surgery American volume*. 2008 Apr;90(4):815-23.



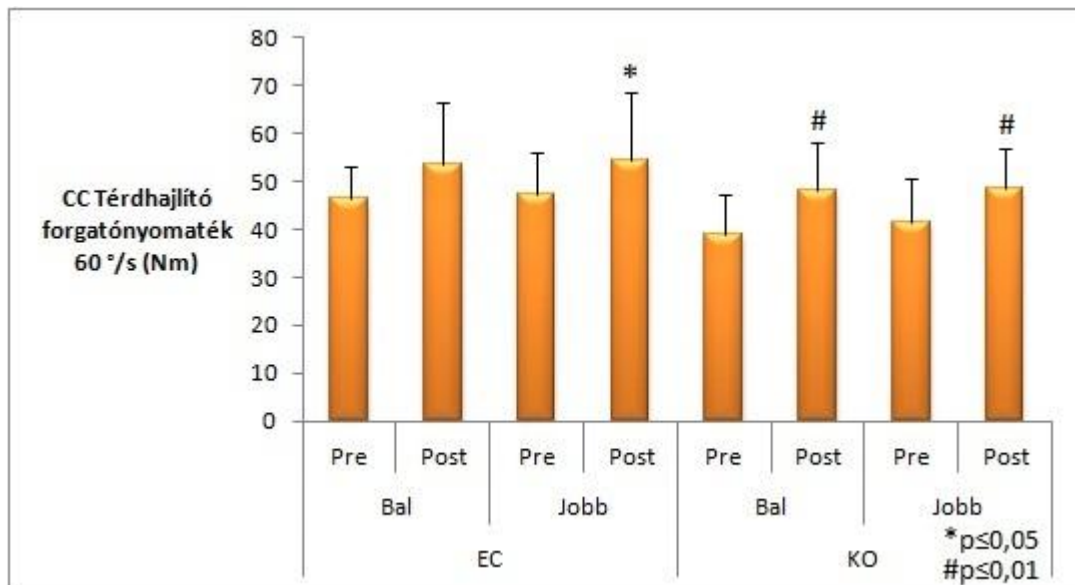
1. ábra Nordic hamstrings térdhajlító izomcsoportot erősítő gyakorlat

Hét	Széria, ismétlés
1-2. hét	2*5
3. hét	2*8
4. hét	2*10
5-6. hét	3*8
7. hét	3*10
8. hét	3*12
9-10. hét	3*15

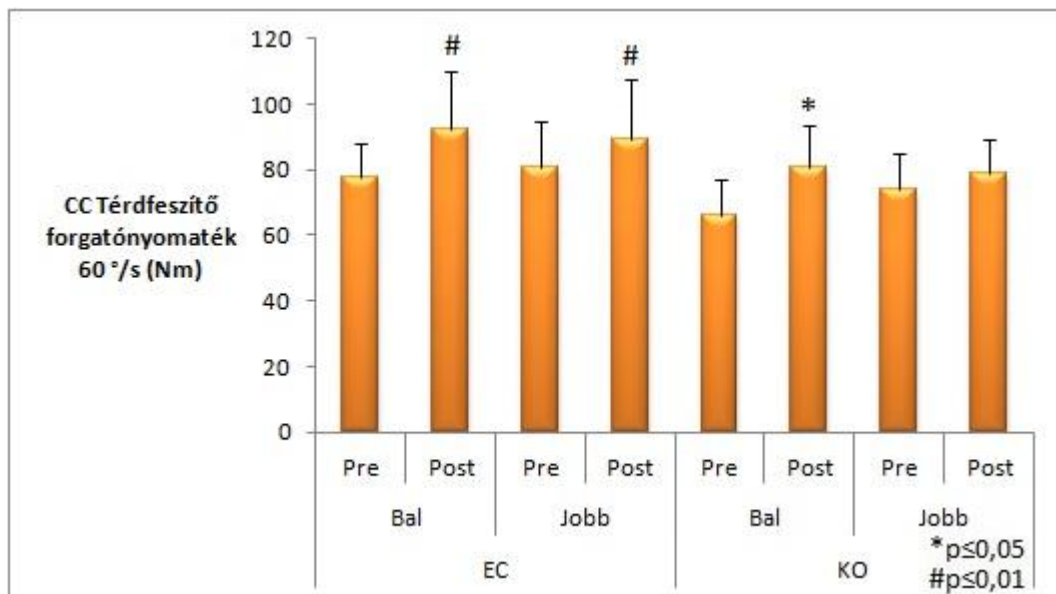
1. táblázat Az edző csoport által az első 10 hetes periódusban végzett edzésprotokoll



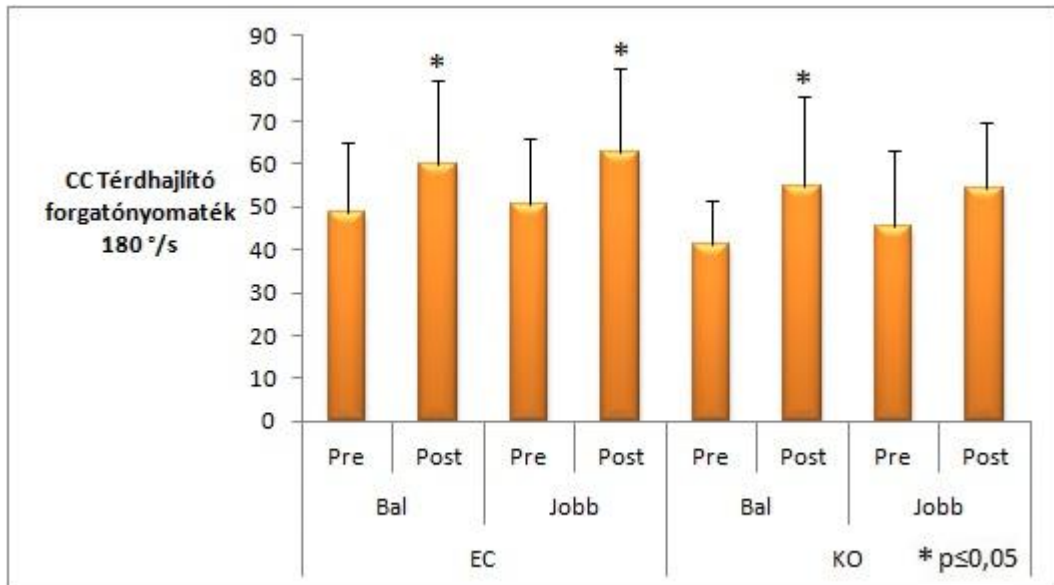
2. ábra A 60 °/s-on mért excentrikus térdhajlító csúcsnyomaték változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



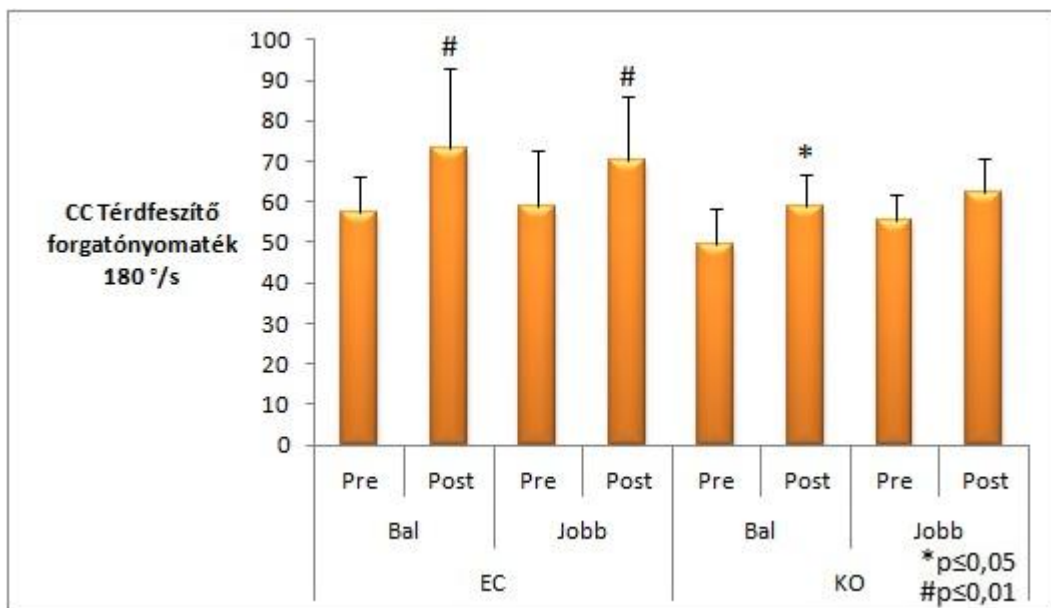
3. ábra A 60 °/s-on mért koncentrikus térdhajlító csúcsnyomaték változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



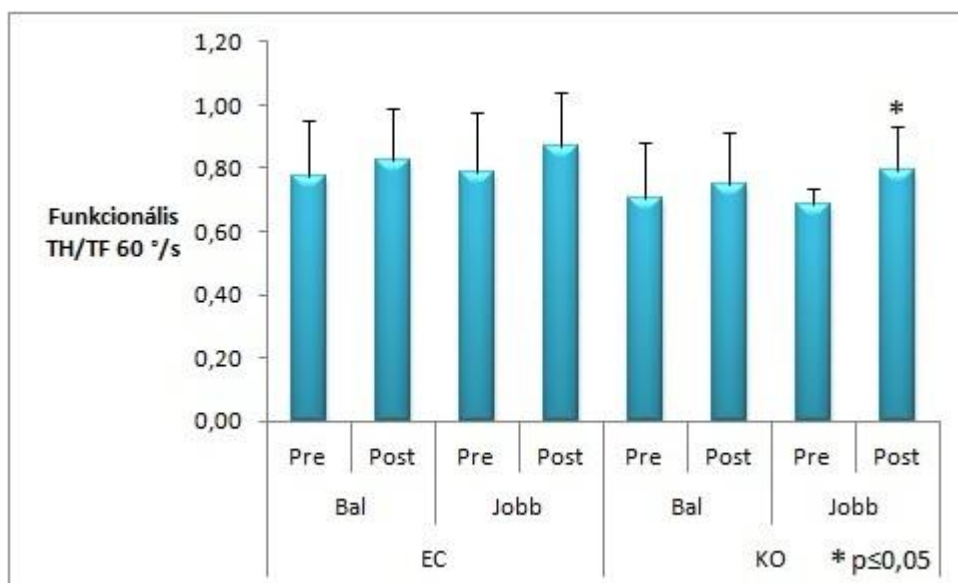
4. ábra A 60 °/s-on mért koncentrikus térdfeszítő csúcsnyomaték változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



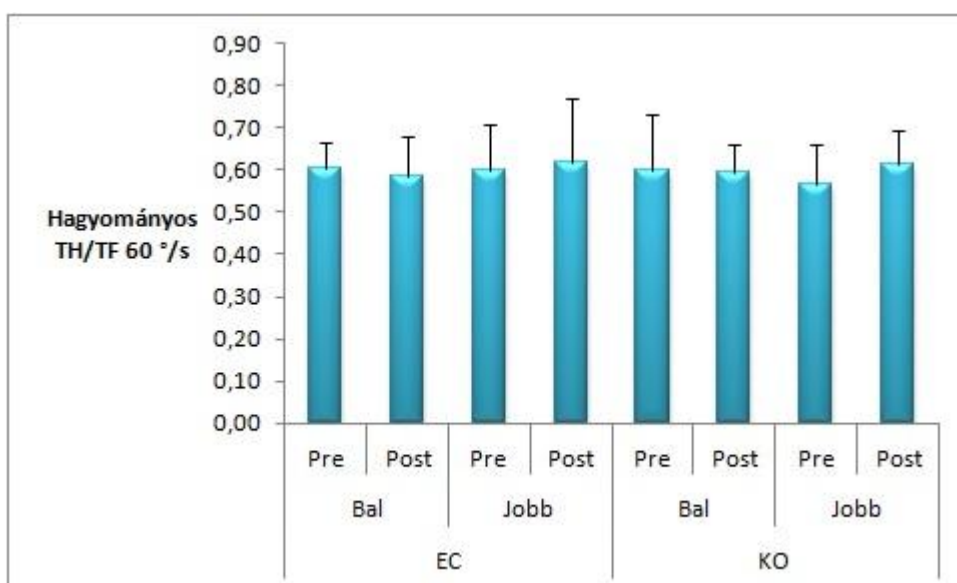
5. ábra A 180 °/s-on mért koncentrikus térdhajlító csúcsnyomaték változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



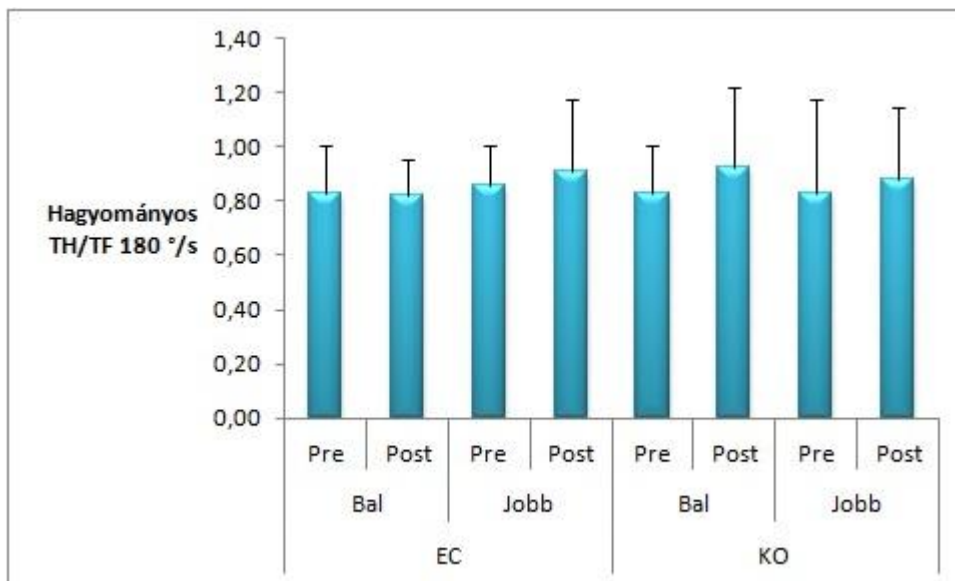
6. ábra A 180 °/s-on mért koncentrikus térdfeszítő csúcsnyomaték változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



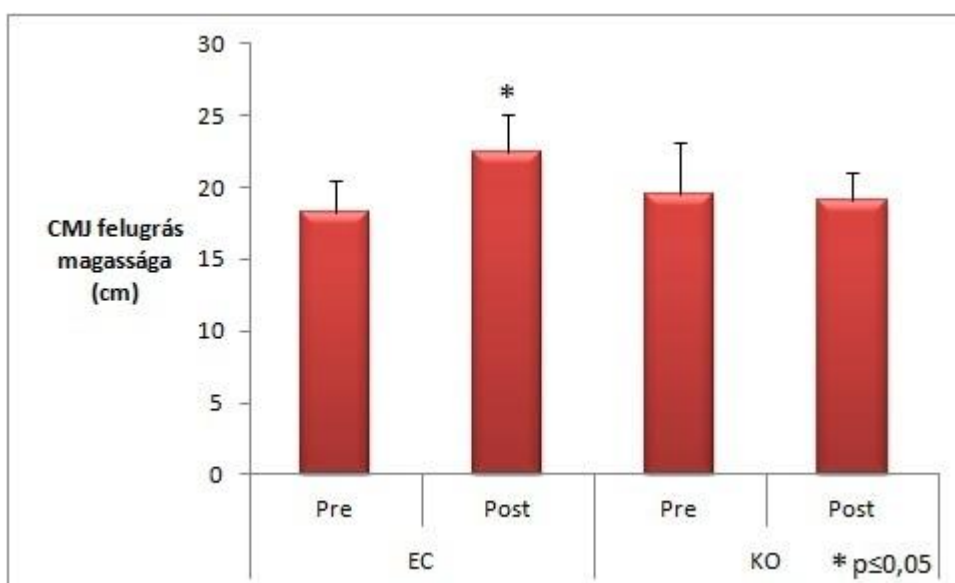
7. ábra A 60 °/s-on mért excentrikus térdhajlító és koncentrikus térdfesztő csúcsnyomatékból számított funkcionális TH/TF arány változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



8. ábra A 60 °/s-on mért koncentrikus térdhajlító és térdfesztő csúcsnyomatékból számított hagyományos TH/TF arány változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



9. ábra A 180 °/s-on mért koncentrikus térdhajlító és térdfesztő csúcsnyomatékból számított hagyományos TH/TF arány változása a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében



10. ábra A karlendítés nélkül , páros lábbal, ízületi hajlítás-nyújtással végrehajtott (countermovement jump, CMJ) felugrás magassága a vizsgálat kezdetén (Pre) és 10 hét elteltével (Post) az excentrikus térdhajlító edzést végző (EC) és a kontroll (KO) csoport esetében