Az emberi izom fáradásának hatása az izom elektromos aktivációs paramétereire az élsport és a rehabilitáció szemszögéből

Doktori tézisek

Hegedüs Ádám

Magyar Testnevelési és Sporttudományi Egyetem
Sporttudományok Doktori Iskola

MAGYAR TESTNEVELÉSI ÉS SPORTTUDOMÁNYI EGYETEM
BUDAPEST

Témavezető: Dr. Kopper Bence Ádám egyetemi docens, PhD

Hivatalos bírálók: Dr. Kalabiska Irina tudományos főmunkatárs, PhD
Dr. Murlasits Zsolt egyetemi adjunktus, PhD

Budapest
2026

Bevezetés

Az élsport szemszögéből a fáradás meg tudja mutatni az adott edzésprogram minőségét, illetve a kívánt edzéshatás hatékonyságát, ezért minden edző és sportoló szeretné tudni, hogy mennyire jól tűri az edzésprogramot, valamint arra is kíváncsiak mind a szakemberek, mind a sportolók, hogy egy éles versenyszituációban mennyire képesek a fáradás elviselésére, és ezáltal jobb teljesítmény elérésére, például egy hajrázás helyzetében, mikor az utolsó métereken dől el, hogy kié lesz az aranyérem. A visszavonult élsportolók körében bizonyos daganatos megbetegedések aránya nagyobb, mint az átlagpopulációban. A daganatos betegek gyakran tapasztalják a testsúlycsökkenést és az izomtömeg csökkenését, ami a fizikai aktivitás és a beteg mobilizációjának csökkenését eredményezi. Az izomtömeg-vesztés lassítása érdekében a rákkezelés részeként a betegek gyakran részesülnek fizikoterápiában, és a betegek fizikai képességeit figyelembe véve mérsékelt terheléssel. Ezen túlmenően vizsgálatok a rákos betegeknél azt találták, hogy az izomtömeg csökkenésével

együtt a lassú izomrostoktól a gyors izomrostok felé történő elmozdulás is megfigyelhető.

Célkitűzés

A fáradás mögött álló idegrendszeri mechanizmusok megértése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy jobb sportteljesítményt érhessenek el sportolóink, valamint a rehabilitáció területén jobb minőségű konzervatív terápiával gyógyíthassanak az orvosok és gyógytornászok. Vizsgálatsorozatunk eredeti kérdésfelvetése az volt, hogy a közép és hosszútávfutók a szám végén, amikor hajrázniuk kell, miért nem tudnak lényegesen nagyobb sebességgel futni, – pedig egész odáig dominánsan aerob energiafelhasználás és ezzel párhuzamosan a kis motoros egységek emelkedett aktivációja történik – mint amilyen maximális sebességgel képesek futni pihent állapotban rövid távon. Vajon az izomzat fárad el, vagy kialakul egy neurális jellegű blokk? Vizsgálataink célja az volt, hogy meghatározzuk, hogyan viselkednek a motoros egységek a teljes kimerülésig végzett mérsékelt izometriás terhelés alatt.

Módszerek

Az első vizsgálatban 11 egyetemi hallgató (G1) és 14 élsportoló (G2) vett részt. A maximális akaratlagos összehúzódás (MVC) 65%-át határoztuk meg a biceps brachii izomra, és ezzel a terheléssel egy súlyt tartva a résztvevőknek 90 fokos izometriás könyökhajlítást kellett fenntartaniuk álló testhelyzetben a teljes kifáradásig. A biceps brachii izom EMG-aktivitását megmértük, és frekvenciaelemzést végeztünk. A fárasztási protokollban 3 ablakot határoztunk meg: az első (W1), a középső (W2) és az utolsó (W3) 5 s, és az MVC frekvenciaelemzést is elvégeztük (MAX) 0 és 260 Hz között, 20 Hz-es frekvenciasávokkal.

Második vizsgálatunkban 19 egészséges egyetemi hallgató vett részt. A domináns oldal meghatározása után felmértük az alanyok egyismétléses maximumát a GymAware RS eszközzel, majd ennek kiszámítottuk a 65%-át és a 85%-át. Elektródákat helyeztünk a biceps brachii izomra, és a hallgatóknak teljes kifáradásig kellett tartaniuk 65%-on és 85%-on a súlyt. Közvetlenül ezután izometriás maximális kontrakciót (Imax) hajtottak végre az alanyok. A mért elektromiográfiás regisztrátumot 3

egyenlő részre osztottuk, s az első, a középső és az utolsó 3 mp-et (W1, W2, W3) elemeztük.

Eredmények

Mindkét vizsgálatunk eredményei azt mutatják, hogy a protokollok időbeli előrehaladtával és a fáradtság hatásának növekedésével (W1-től W3-ig) az alacsony frekvenciájú motoros egységek aktivitása jelentősen megnőtt (0-40 Hz), míg a magas frekvenciájú motoros egységek aktivitása (60-260 Hz) jelentősen csökkent a G1 és G2 csoportok esetében. Megállapíthatjuk, hogy az állandó mérsékelt feszültséggel alkalmazott edzés a fáradtság növekedésével az alacsonyabb frekvenciájú lassú motoros egységek fokozott aktivációját eredményezi, de a fáradtság növekedése az alacsonyabb frekvenciájú motoros egységekben nem eredményezi a magasabb frekvenciájú gyors izomrostok aktivációs szintjének növekedését.

Következtetések

Az eredmények azt mutatják, hogy a protokoll időbeli előrehaladtával és a fáradtság hatásának növekedésével (W1-től W3-ig) az alacsony frekvenciájú motoros egységek aktivitása jelentősen megnőtt (0-40 Hz), míg a magas frekvenciájú motoros egységek aktivitása (60-260 Hz) jelentősen csökkent a G1 és G2 csoportok esetében. Megállapíthatjuk, hogy az állandó mérsékelt feszültséggel alkalmazott edzés a fáradtság növekedésével az alacsonyabb frekvenciájú lassú motoros egységek fokozott aktivációját eredményezi, de a fáradtság növekedése az alacsonyabb frekvenciájú motoros egységekben nem eredményezi a magasabb frekvenciájú gyors izomrostok aktivációs szintjének növekedését. Következésképpen, mivel mivel a lassú motoros egységek mérsékelt terhelés mellett is használatban vannak, és még akkor sem fognak működni a gyors motoros egységek, ha azok aktiválása a cél, nagyobb külső terhelésre van szükség. Figyelembe véve a rákos betegeknél a lassú izomrostokból a gyors izomrostokba történő átváltást, bizonyos esetekben, ha a beteg kora és fizikai állapota lehetővé teszi a terápia

során, a nagyobb terhelés és következésképpen a magasabb aktiválási szintek előnyösek lehetnek a gyors izomrostok tömegének csökkenése visszaszorítása szempontjából.

Saját publikációk jegyzéke

Az értekezés alapjául szolgáló saját közlemények jegyzéke:

1. Hegedüs, Ádám ; Tuza, Kornélia ; Katona, Péter ; Kopper, Bence ; Tihanyi, József

Szubmaximális izometrikus kontrakció alatt bekövetkező fáradás hatása a motoros egységek aktivációjára a könyökhajlító izmokban

BIOMECHANICA HUNGARICA 11 : 2 pp. 43-49. , 7 p. (2018)

2. Hegedus, Adam ; Trzaskoma, Lukasz ; Soldos, Peter ; Tuza, Kornelia ; Katona, Peter ; Greger, Zsolt ; Zsarnoczky-Dulhazi, Fanni ; Kopper, Bence ✉

Adaptation of Fatigue Affected Changes in Muscle EMG Frequency Characteristics for the Determination of Training Load in Physical Therapy for Cancer Patients

PATHOLOGY AND ONCOLOGY RESEARCH 26 : 2 pp. 1129-1135. , 7 p. (2020)

3. Hegedüs, Ádám ; Kopper, Bence Ádám

A motoros egységek aktivitásának változása a biceps brachii izomban különböző intenzitású izometriás terhelések hatására [Changes in motor unit activity in the biceps brachii muscle under different intensities of isometric loading]

ORVOSI HETILAP 164 : 10 pp. 376-382. , 7 p. (2023)

Az értekezéshez közvetlenül nem kapcsolódó saját közlemények jegyzéke:

1. Soldos, Peter; Besenyi, Zsuzsanna; Hideghéty, Katalin; Pávics, László; Hegedűs, Ádám; Rácz, Levente; Kopper, Bence
Comparison of Shear Wave Elastography and Dynamometer Test in Muscle Tissue Characterization for Potential Medical and Sport Application
PATHOLOGY AND ONCOLOGY RESEARCH 27
Paper: 1609798 , 11 p. (2021)

2. Sonkodi, Balázs; Hegedűs, Ádám; Kopper, Bence; Berkes, István
Significantly Delayed Medium-Latency Response of the Stretch Reflex in Delayed-Onset Muscle Soreness of the

Quadriceps Femoris Muscles Is Indicative of Sensory Neuronal Microdamage