

KONTRAKCIJSKE OSOBITOSTI PRI TRZAJU ČETVEROGLAVOG MIŠIĆA U SPORTAŠA

Aivaras Ratkevičius, Albertas Skurvydas i Gediminas Mamkus

Laboratory of Human Motorics,
Department of Physiology and Biochemistry,
Lithuanian Institute of Physical Education,
Kaunas, Litva

Izvorni znanstveni članak

UDK: 796.012:612

Primljeno: 15.9.1997.

Prihvaćeno: 15.11.1997.

Sažetak:

Cilj rada bio je ispitati kontrakcijske osobitosti pri trzaju mišića u iskusnih sprintera (SR), veslača (AR) i biciklista (RC) u usporedbi s kontrolnom skupinom iste dobi (CO). Bilježen je zakretni moment ekstenzije koljena tijekom električne stimulacije četveroglavog mišića pojedinačnim podražajima, prije i nakon maksimalne voljne kontrakcije (MVC) u trajanju od 10 sekundi. Prije MVC-a, vrijeme do postizanja vršnog zakretnog momenta trzaja (t_p) bilo je duže u AR (87.7 ± 8.6 ms) u usporedbi sa SR (80.4 ± 9.2 ms, $P < 0.05$) i RC (76.0 ± 9.7 ms, $P < 0.01$), dok je t_p u biciklista bilo kraće u usporedbi s kontrolnom skupinom (84.7 ± 8.5 , $P < 0.05$). Postoji značajna negativna korelacija između t_p i potencijacije trzaja (relativnog povećanja maksimalnog momenta sile) nakon desetsekundne MVC u kontrolnoj skupini ($r = 0.79$; $P < 0.001$), ali ne i u skupinama sportaša. Zaključujemo da na kontrakcijske osobitosti pri trzaju u sportaša utječe njihova sportska specijalizacija.

Ključne riječi: kontrakcija, trzaj, četveroglavi mišić

Abstract:

TWITCH CONTRACTILE PROPERTIES OF QUADRICEPS MUSCLE IN ATHLETES

The aim of this study was to investigate muscle twitch contractile properties of experienced sprint runners (SR), academic rowers (AR) and road cyclists (RC) in comparison to the age-matched control (CO). Knee extension torque was recorded during electrical stimulation of quadriceps group with single stimuli before and after 10-s maximal voluntary contraction (MVC). Before MVC, time to peak twitch torque (t_p) was longer in AR (87.7 ± 8.6 ms) compared to SR (80.4 ± 9.2 ms, $P < 0.05$) and RC (76.0 ± 9.7 ms, $P < 0.01$), while t_p of RC was shorter compared to CO (84.7 ± 8.5 , $P < 0.05$). There was a significant negative correlation between t_p and twitch potentiation (relative increase of maximal torque) after 10-s MVC in CO ($r = -0.79$; $P < 0.001$), but not in sportsmen groups. It is concluded that twitch contractile properties of athletes are influenced by their sports specialization.

Key words: contraction, muscle twitch, quadriceps

Uvod

Kada se kratkim električnim impulsom (do 1/ms) dovoljnog intenziteta podraži intaktni skeletni mišić, on se trza i to je najkraća kontrakcija koju je pod tim uvjetima moguće izazvati. Kontrakcijske osobitosti pri trzaju tradicionalno se koriste za klasifikaciju motoričkih jedinica i mišića u životinja (Botterman et al., 1986; Burke et al., 1979; Sweeney et al., 1990). Dokazano je da mišići i motoričke jedinice sastavljene od mišićnih vlakana tipa I trebaju više vremena da dostignu vršnu silu trzaja u usporedbi s motoričkim jedinicama građenima od mišićnih vlakana tipa II (Burke et al., 1979). Osim toga, mišići koji se primarno sastoje od mišićnih vlakana tipa II pokazuju veći postotak elevacije u amplitudi trzaja nakon tetaničke stimulacije, tj. veću poslijetetaničku potencijaciju trzaja (relativnog povećanja maksimalnog momenta sile), nego mišići

u kojima prevladavaju mišićna vlakna tipa I (Sweeney et al., 1990). Slične razlike u kontraktilnim svojstvima trzaja postoje u čovječjim motoričkim jedinicama i mišićima (Garnett et al., 1979; Vandervoort 1983). Kontrakcijske osobitosti pri trzaju mogu se lako odrediti u ljudi različitih dobnih skupina (Blimkie et al., 1990; Ramsey et al., 1990). To može poslužiti kao neinvazivan način mjerenja sastava mišićnih vlakana, što je važno u sportu (Hakkinen et al., 1985). Međutim, na kontrakcijske osobitosti pri trzaju može se djelovati treningom (Alway et al., 1990). dizači utega i body-builderi trebaju više vremena do postizanja vršnog zakretnog momenta trzaja *m. triceps surae* u usporedbi s muškarcima sjedilačkog načina života i trkačima na duge pruge (Alway et al., 1989). Nije, ipak, jasno koja vrsta adaptacije kontrakcijskih osobitosti pri trzaju nastaje u drugim sportovima. Cilj ovog rada bio je ispitati kontrakcijske osobitosti pri trzaju *m. quadricepsa* iskusnih

sprinteru, veslaču i biciklistu u usporedbi s muškarcima iste dobi koji žive sjedilačkim načinom života.

Materijal i metode

Ispitanici. U istraživanju je sudjelovalo 16 veslača (AR), 11 sprintera (SR) i 7 biciklista (RC). Kontrolnu skupinu činilo je 16 studenata veterinarskog fakulteta. Svi su ispitanici bili zdravi muškarci slične dobi (prosječna dob 22.82.1 godina, raspon godina 19-25). Sportaši su imali najmanje trogodišnje iskustvo u treniranju određenoga sporta, a neki su bili članovi reprezentacije Litve. Studenti se nikad nisu bavili natjecateljskim sportom, iako su sudjelovali u rekreacijskim aktivnostima 2-3 puta tjedno. Od svih se ispitanika tražilo da se suzdrže od intenzivnoga tjelesnog vježbanja dan prije ispitivanja.

Oprema. Detaljan opis opreme, korištene u našem istraživanju, može se naći u literaturi (16). Ukratko, ispitanici su sjedili u dinamometrijskoj stolici ravnog naslona, a preko kukova bio im je zategnut pojas. Koljeni zglobovi bio je savijen pod 90°. Oko desne potkoljenice, odmah iznad gležnja, postavljena je poveska. Poveska je metalnom šipkom bila povezana s mjernim instrumentom. Izlaz iz mjernog instrumenta pojačan je i bilježen je na ultralubičastom papiru (0.5 m/s) radi kasnije analize.

Električna stimulacija. Za električnu stimulaciju desnoga četveroglavog bedrenog mišića korišten je naponski stimulator (Medicor MG 440). Pravokutni impuls u trajanju od 1 ms pušten je na desni četveroglavi mišić kroz led-elektrode (9 x 18 cm) obložene pamučnom tkaninom koja je natopljena slanom otopinom. Jedna stimulacijska elektroda bila je smještena odmah iznad patele, dok je druga prekrivala velik dio proksimalne trećine bedra.

Ekperimentalni protokol. U tipičnom eksperimentu ispitanik je bio smješten u dinamometrijski stolac. Nakon petminutnog odmora izazvani su ponovljeni trzaji svakih 60 s uz postupno povećavanje intenziteta električne stimulacije. Obično bi bilo izazvano 4-5 trzaja prije nego li bi amplituda trzaja prestala rasti, tj. dok ne bi bio postignut supramaksimalni intenzitet. Nakon toga su ispitanici izvodili maksimalnu voljnu kontrakciju u trajanju od 10 s (MVC), da bi supramaksimalni trzaj bio izazvan 1-2 s nakon opuštanja. Pet minuta nakon desetsekundne MVC ispitanici bi izveli još dvije voljne kontrakcije (MVC) u trajanju od 2-3 s. Između voljnih kontrakcija odmarali su se 2 minute. Najveća vrijednost MVC-a korištena je za analizu.

Ocjena kontrakcijskih osobitosti pri trzaju.

Kontrakcijske osobitosti pri trzaju ocijenjene su tijekom analize zapisa s papira. Vrijeme do postizanja vršnog zakretnog momenta trzaja (t_p) određeno je kao vrijeme od početka razvoja zakretnog momenta trzaja do vršnog zakretnog momenta trzaja (P_t). Vrijeme poluopuštanja trzaja (0.5RT) definirano je kao vrijeme potrebno da zakretni moment trzaja opadne od vrha do polovice vršne vrijednosti. Poslijetetična potencijacija trzaja (PTP) ocijenjena je kao postotak elevacije u vršnom zakretnom momentu trzaja nakon desetsekundne MVC.

Statistika. Za usporedbu skupina ispitanika korišten je Studentov t-test za nezavisna promatranja. Pearsonov koeficijent korelacije (r) izračunat je radi ispitivanja stupnja povezanosti između pojedinih parametara.

Rezultati

Ukupni rezultati istraživanja prikazani su tablicom 1. Razlike između skupina uočene su u t_p , P_t i MVC. Veslači (AR) su imali duži t_p u usporedbi sa sprinterima (SR) ($P < 0.05$) i biciklistima (RC) ($P < 0.01$), dok je t_p biciklista bio kraći u odnosu na kontrolnu skupinu (CO) ($P < 0.05$). RC su imali najniži ($P < 0.05$) P_t , dok razlike između CO, SR i AR nisu bile značajne. SR i AR imali su veću MVC ($P < 0.01$) nego RC i kontrolna skupina, dok razlika između RC i CO nije bila značajna. Nije postojala korelacija između MVC i P_t . Omjer P_t i MVC bio je niži ($P < 0.05$) u RC (0.0650.029) u usporedbi sa CO (0.0970.049), SR (0.0910.033) i AR (0.0900.032).

PTP se nije razlikovala među različitim skupinama ispitanika (tablica 1). Pojavila se negativna korelacija između t_p i PTP u kontrolnoj skupini ($r = -0.79; P < 0.001$). Korelacija nije bila značajna u SR ($r = -0.32$), AR ($r = -0.38$) ni RC ($r = -0.51$).

Diskusija

Glavni je nalaz studije da veslači i biciklisti, koji se obično smatraju sportašima izdržljivosti, imaju izrazito različite kontrakcijske osobitosti pri trzaju. Nadalje, negativna korelacija između t_p i PTP uočena je u kontrolnoj skupini, ali ne i u sportaša. To govori da kontrakcijske adaptacije trzaja ovise o specifičnosti trenažnih aktivnosti.

Biciklisti imaju smanjeno t_p i P_t u odnosu na trenirane veslače, koji su trenirali jakost i snagu, sprintere i kontrolnu skupinu. Slični rezultati objavljeni su za *m. triceps surae* dugoprugaša (Alway et al., 1988). Ta se opažanja mogu činiti

paradoksalnima, jer vrlo intenzivni trening izdržljivosti u biciklizmu dovodi do povećanja proporcije vlakana tipa I *m. vastus lateralis* (Howald et al., 1985), te je mišićima u kojima prevladavaju vlakna tipa I povećana jakost i trajanje trzajne kontrakcije (Vandervoort et al., 1983). Međutim, trening izdržljivosti dovodi i do povećanja kontrakcijske brzine vlakana tipa I (Fitts et al., 1989; Widrick et al., 1996). Kontrakcijska se brzina smatra jednom od glavnih odrednica t_p (Close, 1990). Ubrzanjem velikog dijela vlakana tipa I može se nadomjestiti usporavanje nekih vlakana tipa II. Povećanje funkcionalnog kapaciteta sarkoplazmičnog retikula (Fitts et al., 1980) i/ili smanjenje otpuštanja kalcija također mogu smanjiti t_p (Favero et al., 1993). Ipak, nakon izometričkoga treninga s 30% MVC, trajanje trzaja *m. triceps surae* može se smanjiti bez popratnih promjena u relativnom volumenu sarkoplazmičnog retikula (Alway et al., 1990). Ne zna se mnogo o tome mogu li se vježbanjem, odnosno treniranjem ljudskog mišića potaknuti promjene u staničnom kretanju kalcija koje utječu na vrijeme trajanja trzaja.

Veslači, koje možemo svrstati u sportaše izdržljivosti, jer njihova uspješnost jako ovisi o aerobnom kapacitetu (Peltonen et al., 1990), imaju produžen t_p u odnosu na bicikliste. Međutim, veslači imaju i veće vrijednosti MVC. Sportaši koji su trenirali snagu imaju duži t_p u usporedbi sa sportašima koji su razvijali izdržljivost i s kontrolnom skupinom (Alway et al., 1988). Stoga se čini kako trening snage može poništiti učinke koje ima trening izdržljivosti na kontrakcijske osobitosti pri trzaju. Druga je mogućnost da volumen treninga izdržljivosti u veslanju nije dovoljan da izazove skraćivanje t_p u četverglavom mišiću.

Sprinteri su imali kraći t_p nego veslači, unatoč sličnim vrijednostima MVC. Trening sprinta izaziva veću hipertrofiju mišićnih vlakana tipa II nego vlakana tipa I (Hakkinen et al., 1985). To bi mogao biti osnovni mehanizam postizanja visokih

vrijednosti MVC bez popratnog usporavanja trzaja u sprintera.

U kontrolnoj skupini t_p je imao negativnu korelaciju s PTP, dok ta veza nije uočena u sportaša. Vjeruje se kako poslijetetaničku potencijaciju uglavnom uzrokuje fosforilacija laganog lanca miozina, koja je veća u mišićnim vlaknima tipa II nego u mišićnim vlaknima tipa I (Sweeney et al., 1990). Stoga t_p može dobro odražavati sastav mišićnih vlakana u netreniranih ispitanika. Moguće je da trening izaziva promjene kontrakcijskih osobitosti pri trzaju koje su neovisne o sastavu mišićnih vlakana. To bi moglo biti glavnim razlogom zašto korelacija između t_p i PTP nije uočena u sportaša.

Ukratko, kontrakcijske osobitosti pri trzaju u sportaša ovise o specifičnostima sportskoga treninga. To dovodi u pitanje uporabu mjerenja kontrakcijskih osobitosti pri trzaju kao postupka za neinvazivno određivanje sastava mišićnih vlakana u sportaša.

Tablica 1: Kontrakcijske osobitosti pri trzaju, poslijetetanička potencijacija i maksimalna voljna kontrakcija u sportaša i u ispitanika kontrolne skupine (srednja vrijednost SD)

	Kontrolna skupina (CO), n=16	Sprinteri (SR), n=11	Veslači (AR), n=16	Biciklisti (RC), n=7
t_p (ms)	84.7	80.4	87.7	76.0
	8.5	9.2	8.6	9.7
P_t (Nm)	27.9	29.6	27.9	16.3
	16.3	10.4	10.1	5.4
0.5RT (ms)	61.7	57.8	59.2	60.9
	7.1	7.7	11.8	6.4
PTP (%)	176.7	148.8	126.0	166.7
	92.5	44.9	49.9	38
MVC (Nm)	262.5	332.8	314.8	247.0
	44.8	58.6	63.7	34.7

t_p - vrijeme kontrakcije do vršnog zakretnog momenta trzaja; P_t - vršni zakretni moment trzaja; 0.5RT - vrijeme poluotpuštanja trzaja; PTP - poslijetetanička potencijacija; MVC - maksimalna voljna kontrakcija.

Literatura

1. Alway S. E., Sale D. G., MacDougall J. D. (1990). Twitch contractile adaptations are not dependent on the intensity of isometric exercise in the human triceps surae. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60:346-352.
2. Alway S. E., MacDougall J. D., Sale D. G. (1989). Contractile adaptations in the human triceps surae after isometric exercise. *J. Appl. Physiol.*, 66:2725-2732.
3. Alway, S. E., MacDougall J. D., Sale D. G., Sutton J. R., McComas A. J. (1988). Functional and structural adaptations in skeletal muscle of trained athletes. *J. Appl. Physiol.*, 64:1114-1120.

4. Blimkie C. J., Sale D. G., Bar-Or O. (1990). Voluntary strength, evoked twitch contractile properties and motor unit activation of knee extensors in obese and non-obese adolescent males. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 61:313-318.
5. Botterman B. R., Iwamoto G. A., Gonyea W. J. (1986). Gradation of isometric tension by different activation rates in motor units of cat flexor carpi radialis muscle. *J. Neurophysiol.*, 56:494-506.
6. Burke R. E., Levine D. N., Tsairis P., Zajac F. E. (1979). Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius. *J. Physiol.*, 234:723-748.
7. Close R. (1990). Dynamic properties of mammalian skeletal muscles. *Physiol. Rev.*, 52:129-197.
8. Favero T. G., Pessah I. N., Klug G. A. (1993). Prolonged exercise reduces Ca^{2+} release in rat skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *Pflugers Arch.*, 422:472-475.
9. Fitts R. H., Costill D. L., Gardetto P. R. (1989). Effect of swim exercise training on human muscle fiber function. *J. Appl. Physiol.*, 66:465-475.
10. Fitts R. H., Winder W. W., Brooke M. H., Kaiser K. K., Holloszy J. O. (1980). Contractile, biochemical, and histochemical properties of thyrotoxic rat soleus muscle. *Am. J. Physiol.*, 238:C14-C20.
11. Hakkinen K., Komi P. V., Alen M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol. Scand.*, 125:587-600.
12. Howald H., Hoppeler H., Claassen H., Mathieu O., Straub R. (1985). Influences of endurance training on the ultrastructural composition of the different muscle fiber types in humans. *Pflugers Arch.*, 403:369-376.
13. Garnett R. A., O'Donovan M. J., Stephens J. A., Taylor A. (1979). Motor unit organization of human medial gastrocnemius. *J. Physiol.*, 287:33-43.
14. Peltonen J. E., Rantamaki J., Niittymaki S. P., Sweins K., Viitasalo J. T., Rusko H. K. (1995). Effects of oxygen fraction in inspired air on rowing performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 27:573-579.
15. Ramsay J. A., Blimkie C. J., Smith K., Garner S., MacDougall J. D., Sale D. G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22: 605-614.
16. Ratkevičius A., Skurvydas A., Lexell J. (1995). Submaximal-exercise-induced impairment of human muscle to develop and maintain force at low frequencies of electrical stimulation. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 70-294-300.
17. Sweeney H. L., Bowman B. F., Stull J. T. (1990). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. [Review] *Am. J. Physiol.*, 264:C1085-C1095.
18. Vandervoort A. A., McComas A. J. (1983). A comparison of the contractile properties of the human gastrocnemius and soleus muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 51:435-440.
19. Widrick J. J., Trappe S. W., Blaser C. A., Costill D. L., Fitts R. H. (1996). Isometric force and maximal shortening velocity of single muscle fibres from elite master runners. *Am. J. Physiol.*, 271:C666- C675.

