



NOTE SULL'AUTORE

Francesco Mastrapasqua

Laureato con lode in Scienze delle Attività Motorie e Sportive (SAMS) presso l'Università degli Studi di Foggia. Attualmente impegnato nel progetto Erasmus Traineeship presso la Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física (FCDEF) della Universidade de Coimbra (Portogallo).
francesko.mastrapasqua@gmail.com

IL MUSCULAR TIME UNDER TENSION (TUT) NEGLI ALLENAMENTI CONTRO RESISTENZE

di Francesco Mastrapasqua

INTRODUZIONE

L'utilizzo della metodologia del tempo sotto tensione muscolare (TUT) negli allenamenti contro resistenze è rimasto per lungo tempo non considerato e/o legato a fonti empiriche. Il presente lavoro intende, mediante analisi dei più rilevanti studi scientifici sull'argomento, far luce sulle potenzialità tangibili della suddetta metodologia nell'elicitarne risposte ipertrofiche e di forza presumibilmente in grado di massimizzare gli adattamenti neuromuscolari.

Più di 10 studi furono analizzati e comparati qualitativamente sulla base dei risultati ottenuti con l'allenamento con TUTs differenti. In conclusione, l'utilizzo di un TUT controllato ed adattato in base agli obiettivi dell'allenamento andrebbe considerato in un approccio olistico in combinazione con i parametri comunemente presenti negli allenamenti contro resistenze, come l'intensità del carico (%1RM) e la fibra muscolare maggiormente coinvolta.



TIME UNDER TENSION (TUT)

Tante sono le variabili che arricchiscono i comuni protocolli di allenamento contro resistenze e con il passare degli anni l'attenzione a queste è cresciuta proporzionalmente all'evoluzione dei metodi utilizzati, i quali presentano sempre più dettagli e controllo sugli ingredienti nella ricerca di guadagni di forza e ipertrofia superiori. Uno degli elementi modificabili, forse il meno considerato, è il tempo sotto tensione muscolare o meglio conosciuto come Time Under Tension (TUT).

Quest'ultimo rappresenta la quantità di tempo totale (secondi, s) di un set o di una singola ripetizione durante la quale il tessuto muscolare, impegnato in un lavoro contro resistenze, si trova costantemente soggetto a tensione [54]. Il TUT sembrerebbe giocare un ruolo cruciale in relazione alla dose totale di esercizio durante le sessioni di allenamento [1; 3; 7; 40; 58] ed in combinazione con carico e velocità di movimento (speed of movement) rappresenta un importante descrittore poichè riflette il tempo di stimolazione negli allenamenti di forza [7; 16; 58].

In letteratura non sono presenti molti studi che abbiano direttamente manipolato il TUT come variabile dell'allenamento, quindi gli effetti specifici di questa metodologia per quanto riguarda gli adattamenti neuromuscolari non sono ancora pienamente compresi al momento [58]. Tuttavia, alcune delle ricerche a disposizione del mondo accademico mostrano segnali positivi, tanto è vero che l'utilizzo della metodologia del TUT nei programmi di allenamento, quindi l'applicazione di una durata di tempo superiore nel completare una serie, restituirebbe una spesa energetica glicolitica e totale, ed un extra consumo di ossigeno post esercizio (Excess Post-exercise Oxygen Consumption, EPOC) maggiore rispetto ai comuni tempi di contrazione [48]. Relazioni tra TUT e affaticamento neuromuscolare sono state scoperte, invece, da alcuni ricercatori, i quali osservarono che "[...] se la fatica neuromuscolare è un'importante variabile per lo sviluppo di forza e ipertrofia, allora un TUT più lungo può produrre guadagni superiori di forza e ipertrofia, finchè il volume di allenamento non è gravemente compromesso" [58]. I vantaggi correlati all'uso di questa metodologia si esprimono anche nella possibilità di poter variare lo stimolo di allenamento; in altre parole utilizzando un diverso numero di ripetizioni e/o

TUT per ripetizione, pur mantenendo lo stesso obiettivo (relazionato a differenti intervalli di TUT set), sarebbe possibile massimizzare forza e ipertrofia muscolare ottenendo ulteriori adattamenti e superando, quindi, fasi di stallo nell'accomodamento [15; 54].

Una tensione muscolare prolungata sembra avere effetti anche sulla sintesi proteica; uno studio abbastanza recente ha infatti rilevato un aumento della sintesi di proteine mitocondriali e sarcoplasmatiche ed anche, seppur in ritardo, stimolazione delle proteine miofibrillari (24-30h post-allenamento), il quale costituisce un preciso marker nei guadagni di forza e volume [8]. Altri studi ancora hanno concluso come l'estensione del TUT costituirebbe un importante fattore in grado di stimolare le risposte degli ormoni anabolici [17], anche perché, mediante un maggior coinvolgimento del sistema energetico glicolitico, le molecole di idrogeno prodotte influenzerebbero la biosintesi di alcuni ormoni anabolici come l'ormone somatotropo [6]. Non mancano però risultati contrastanti e/o non significativi riguardo l'applicazione ragionata del TUT e/o utilizzo del metodo Super Slow rispetto ai tradizionali metodi di allenamento contro resistenze [4; 5; 11; 18; 19; 20; 22; 24; 25; 27; 32; 33; 34; 35; 39; 43; 49; 63]. Tuttavia, alcune delle ricerche menzionate hanno riscontrato, mediante più attenta analisi, diversi errori metodologici, perciò molti dei risultati riportati in letteratura sarebbero privi di fondamento scientifico e non supporterebbero la posizione adottata dall'American College of Sports Medicine (ACSM) nel febbraio 2002 [26] sulla durata delle ripetizioni negli allenamenti contro resistenze [10]; tantomeno forniscono valide prove sugli effetti di un tempo sotto tensione muscolare prolungato.

D'altro canto, date le numerose implicazioni e variabili cui la nostra macchina biologica, impegnata costantemente nel proteggere la propria stabilità chimico-fisica od omeostasi, è in grado di rispondere, si rende necessaria una cauta visione critica dei metodi e dei risultati scaturiti da numerosi lavori con l'obiettivo di evidenziare i reali vantaggi e svantaggi che l'applicazione di un determinato TUT potrebbe produrre a livello neurofisiologico e antropomorfo sul corpo umano, a fini prestativi e non. Più recentemente l'ACSM (2009) [3] ha menzionato esclusivamente il lavoro svolto da Tran et al. (2006) [58] sul rapporto tra TUT e affaticamento muscolare.





ESPRESSIONI DEL TUT

Negli allenamenti contro resistenze è possibile distinguere diverse configurazioni di TUT, utili nel supportare le operazioni di prescrizione dello stimolo allenante a breve, media e lunga durata:

- **TUT repetition (Volume della ripetizione)**
Somma della fase concentrica, quasi-isometrica ed eccentrica di ogni singola ripetizione all'interno di una serie [51; 57; 58]
- **TUT set (Volume della serie)**
TUT repetition (x1) + TUT repetition (x2) + ...TUT repetition (xn)
- **TUT workout (Volume totale della seduta allenante)**
TUT set (y1) + TUT set (y2) + ...TUT set (yn)
- **Specific Muscle Group TUT (Volume relativo della seduta allenante)**
TUT totale considerato uno specifico gruppo muscolare

POTENZIALITÀ FISILOGICHE DEL TUT

Mantenendo la muscolatura sotto tensione per una quantità di tempo maggiore rispetto ai comuni programmi di allenamento contro resistenze (o comunque in maniera ponderata, non casuale) è presumibile lavorare significativamente sui principali fattori scatenanti la risposta ipertrofica [13; 21; 44; 50; 59], definita come aumento delle dimensioni degli elementi muscolari con-

trattili ed estensione della matrice extracellulare come supporto di crescita [62]:

- **Tensione/Sollecitazione meccanica (Mechanical Tension/Stimuli)**
Una significativa tensione meccanica perturba l'integrità del muscolo scheletrico provocando risposte cellulari e molecolari a livello miofibrillare ed innesca i meccanismi di crescita muscolare connessi con l'attivazione e proliferazione delle cellule satellite (Myogenic Stem Cells). Preponderanti evidenze scientifiche indicano proprio nella sollecitazione meccanica il fattore principale nel produrre adattamenti di forza e potenza [12; 14; 26; 28; 29; 41] e direttamente stimolante i processi cellulari scatenanti ipertrofia [30; 60];
- **Trauma Meccanico/Danno muscolare (Mechanical Trauma/Muscle Damage)**
Microtraumi a livello del tessuto muscolare scatenanti i processi di rigenerazione e crescita muscolare (effetto supercompensatorio);
- **Stress metabolico (Metabolic Stress)**
Lo stress metabolico (cosiddetto effetto di «pompaggio») gioca anch'esso un ruolo importante nel produrre crescita muscolare e guadagni di forza [23; 46; 52]; questo avviene, appunto, utilizzando esercizi che provochino ipossia e/o ischemia muscolare (Blood Flow Restriction Exercise, BFR), ad intensità pari o superiori al 50% 1RM.





TUT E QUALITÀ DELL'IPERTROFIA MUSCOLARE

Recenti studi [36; 37; 42] hanno procurato dati interessanti per quanto riguarda l'orientamento ipertrofico delle fibre muscolari. Infatti, si è osservato come l'utilizzo di carichi leggeri (50%1RM) con TUT prolungato determinasse uno sviluppo, in termini ipertrofici, maggiore delle fibre a contrazione lenta o fibre di tipo I, mentre l'utilizzo di carichi più intensi (80%1RM) con TUT minore provocasse una crescita maggiore delle fibre a contrazione veloce o fibre di tipo II. Per questo motivo, la metodologia del TUT andrebbe considerata ed impiegata alla ricerca del massimo sviluppo della specifica tipologia di fibra muscolare; la qualità dell'ipertrofia delle fibrocellule è da considerarsi quindi TUT-dipendente, in relazione con l'intensità del carico motorio. Infatti, una recentissima meta-analisi [45] condotta analizzando 10 tra i più importanti studi

sull'utilizzo di carichi intensi e meno intensi con TUT chiaramente eterogenei [2; 9; 31; 38; 42; 47; 53; 55; 56; 61] ci rivela che la strategia migliore per massimizzare gli adattamenti neuromuscolari negli allenamenti contro resistenze sia la combinazione di carichi intensi e meno intensi, promuovendo un'ipertrofia ottimale di entrambe le tipologie di fibre muscolari.

TUT REPETITION, %1RM E FIBRA MUSCOLARE MAGGIORMENTE COINVOLTA

Sulla base delle precedenti deduzioni, risulta fruttuoso a livello concettuale, nondimeno pratico, fornire una visione grafica d'insieme sul rapporto tra intensità di carico, TUT per ripetizione e fibra muscolare maggiormente coinvolta nel lavoro (Fig. 1).

Comprensibilmente, le quantità e le cifre utilizzate hanno carattere puramente esemplificativo, data la difficoltà di reperire dati indiscutibili sul piano scientifico.

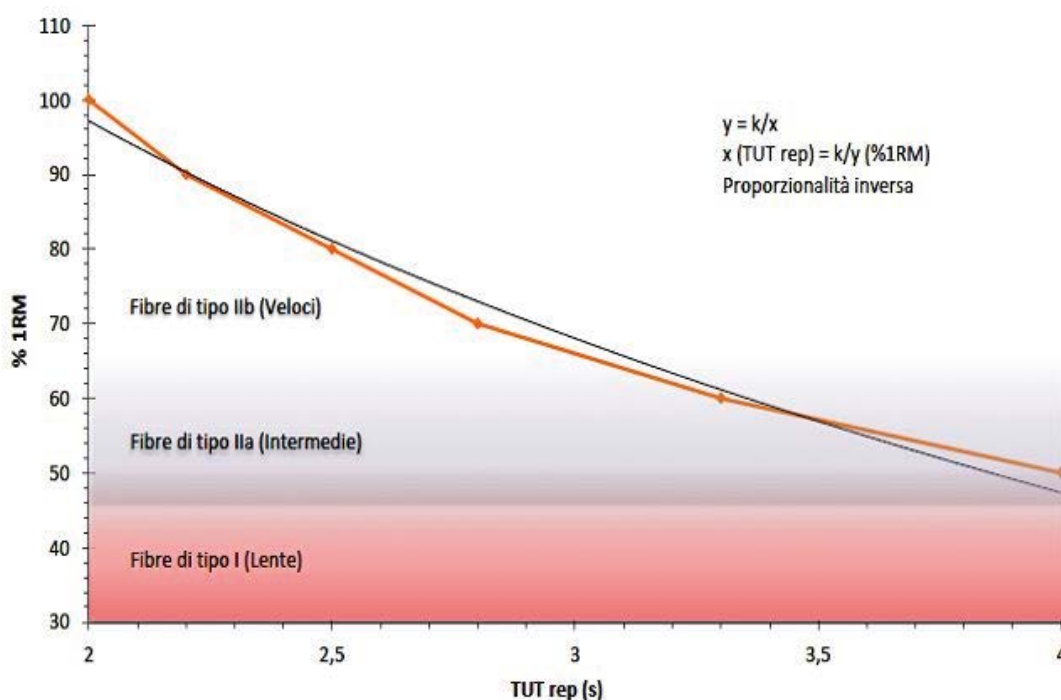


Fig.1 - Correlazione tra intensità di carico (%1RM) e TUT per ripetizione (proporzionalità inversa con indicazione della tipologia di fibrocellula maggiormente coinvolta nel lavoro muscolare.



CONCLUSIONI SUL TUT

In conclusione, le evidenze scientifiche raccolte (anche se in piccola parte non a favore, molto spesso per incongruenza metodologica con altri studi che indagavano il medesimo fenomeno) ci suggeriscono come l'applicazione della metodologia del TUT nelle programmazioni di allenamento contro resistenze andrebbe maggiormente considerata, perlomeno al pari di altri indicatori che poi plasmano il progetto allenante finale e soprattutto se l'obiettivo è quello di ottenere ulteriori stimoli e vantaggi (adattamenti) per quanto riguarda gli sviluppi di forza e ipertrofia. Tuttavia, sono sicuramente necessarie ulteriori ricerche per comprendere al massimo le implicazioni potenziali e potenziabili di questo modello di lavoro muscolare. ■

ABSTRACT

INTRODUCTION. Overtraining is "a condition of effort often associated to recurring infections and depression with following difficulties in training and performance"

PURPOSE OF THE ARTICLE. The aim of the article is to analyze scientific bibliography to investigate the physiologic process of overtraining, while evaluating possible measures to prevent and cure it.

CONCLUSION. A proper planning of work and recovery times seem to be the best method to prevent and/or cure the overtraining syndrome, together with a correct carbohydrates contribution.

BIBLIOGRAFIA – REFERENCES

1. Andersen L.L., Saervoll C.A., Mortensen O.S., Poulsen O.M., Hannerz H., Zebis M.K. Effectiveness of small daily amounts of progressive resistance training for frequent neck/shoulder pain: randomised controlled trial. *Pain*, 2011; 152(2): 440-446. doi: 10.1016/j.pain.2010.11.016.
2. Anderson T., Kearney J.T., Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1982; 53(1): 1-7. doi: 10.1080/02701367.1982.10605218
3. American College of Sports Medicine, Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. *ACSM Position Stand*, 2009; 41(3): 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
4. Barreto A.C., Maior A.S., Menezes P., Willardson J.M., Silva A.J., Reis V.M., et al., Effect of different resistance exercise repetition velocities on excess post-exercise oxygen consumption and energetic expenditure. *Int Sports Med J*, 2010; 11(1): 235-243
5. Berger R.A., Harris M.W., Effects of various repetitive rates in weight training on improvements in strength and endurance. *J Assoc Phys Mental Rehabil*, 1966; 20: 205-7
6. Bompa T., Buzzichelli C., *Periodization Training for Sports*, 3E. Human Kinetics, 2015. ISBN-13: 9781492500858
7. Buitrago S., Wirtz N., Yue Z., Kleinoder H., Mester J. Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2012; 112(7): 2739-2748. doi: 10.1007/s00421-011-2249-9.
8. Burd N.A., Andrews R.J., West D.W.D., Little J.P., Cochran A.J.R., Hector A.J., Cashaback J.G.A., Gibala M.J., Potvin J.R., Baker S.K., Phillips S.M., Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol*, 2012; 590.2 pp351-362
9. Campos G.E.R., Luecke T.J., Wendeln H.K., Toma K., Hagerman F.C., Murray T.F., Ragg K.E., Ratamess N.A., Kraemer W.J., Staron R.S., Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: Specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 2002 Nov; 88(1-2): 50-60
10. Carpinelli R. N., Otto R. M., Winett R. A. A critical analysis of the ACSM position stand on resistance training: insufficient evidence to support recommended training protocols, *Journal of Exercise Physiology online*, 7(3) June 2004; p.5-9. ISSN 1097-9751
11. Clafin D.R., Larkin L.M., Caderna P.S., Horowitz J.F., Alexander N.B., Cole N.M., Galecki A.T., Chen S., Nyquist L.V., Carlson B.M., Faulkner J.A., Ashton-Miller J.A., Effects of high- and low-velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. *J Appl Physiol*, 2011
12. Crewther B., Cronin J., Keogh J., Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Med*, 2005; 35: 967-989
13. Evans W.J., Effects of exercise on senescent muscle. *Clin Orthop Relat Res*, 2002 Oct; (403 Suppl): S211-20
14. Folland J.P., Irish C.S., Roberts J.C., Tarr J.E., Jones D.A., Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med*, 2002 Oct; 36(5): 370-3
15. Garg C., Effects of isotonic (dynamic constant external resistance) eccentric strength training at various speeds on concentric and isometric strength of quadriceps muscle. *Ind J Physiother Occup Ther*, 3: 2009
16. Gentil P., Oliveira E., Bottaro M., Time under Tension and Blood Lactate Response during Four Different Resistance Training Methods. *Journal of Physiological Anthropology*, 2006; 25(5): 339-344. doi 10.2114/jpa2.25.339
17. Goto K., Ishii N., Kizuka T, et al., Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. *Eur J Appl Physiol*, 2009; 106: 731-9
18. Hay J.G., Andrews J.G., Vaughan C.L., Effects of lifting rate on elbow torques exerted during arm curl exercises. *Med Sci Sports Exerc*, 1983; 15: 63-71
19. Hunter G.R., Seelhorst D., Snyder S., Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res*, 2003; 17: 76-81
20. Johnston B.D., Moving too rapidly in strength training will unload muscles and limit full range strength development adaptation: a case study. *J Exerc Physiol*, 2005; 8: 36-45
21. Jones D.A., Rutherford O.M., Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *J Physiol*, 1987 Oct; 391: 1-11
22. Jones K., Bishop P., Hunter G., Fleisig G., The effects of varying resistance-training loads on intermediate and high-velocity-specific adaptations. *J Strength Cond Res*, 2001; 15: 349-56
23. Kawada S., What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle?. *Int J KAATSU Training Res*, 2005; 1: 37-44
24. Keeler L.K., Finkelstein L.H., Miller W., Fernhall B., Early-phase adaptations of traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacities in sedentary individuals. *J Strength Cond Res*, 2001; 15: 309-314
25. Keogh J.W.L., Wilson G.J., Weatherby R.P., A Cross-Sectional Comparison of Different Resistance Training Techniques in the Bench Press. *J Strength Cond Res*, 1999; 13: 247-258
26. Kraemer W.J., Adams K., Cafarelli E., Dudley G.A., Dooly C., Feigenbaum M.S., Fleck S.J., Franklin B., Fry A.C., Hoffman J.R., Newton R.U., Potteiger J., Stone M.H., Ratamess N.A., Triplett-Mcbride T, American College of Sports Medicine, Progression models in resi-

- stance training for healthy adults. ACSM Position Stand, 2002. *Med Sci Sports Exerc*; 34: 364-380
27. LaChance P.F., Hortobagyi T., Influence of cadence on muscular performance during push-up and pull-up exercises. *J Strength Cond Res*, 1994; 8: 76-9
28. McDonagh M.J., Davies C.T., Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1984; 52(2): 139-55
29. Mikesky A.E., Mathews W., Giddings C.J., Goneya W.J., Muscle enlargement and exercise performance in the cat. *Strength Cond Res*, 1989; 3: 85-92
30. Miyazaki M., McCarthy J.J., Fedele M.J., Esser K.A., Early activation of mTORC1 signalling in response to mechanical overload is independent of phosphoinositide 3-kinase/Akt signalling. *J Physiol*, 2011; 589: 1831-1846
31. Mitchell C.J., Churchward-Venne T.A., West D.D., Burd N.A., Breen L., Baker S.K., Phillips S.M., Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of Applied Physiology*, 2012 April; 113(1): 71-77. doi: 10.1152/jappphysiol.00307.2012
32. Morrissey M.C., Harman E.A., Frykman P.N., Han K.H., Early phase differential effects of slow and fast barbell squat training. *Am J Sports Med*, 1998; 26: 221-30
33. Moss B., Refsnes P.F., Abildgaard A., et al., Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur J Appl Physiol*, 1997; 75: 193-199
34. Munn J., Herbert R.D., Hancock M.J., Gandevia S.C., Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *Med Sci Sports Exerc*, 2005; 37: 1622-1626
35. Neils C.M., Udermann B.E., Brice G.A., Winchester J.B., McGuigan M.R., Influence of contraction velocity in untrained individuals over the initial early phase of resistance training. *J Strength Cond Res*, 2005 Nov; 19(4): 883-7
36. Netreba A.I., Popov D.V., Bravyi I., Misina S.S., Vinogradova O.L., Physiological effects of low-intensity strength training without relaxation. *Fiziol Cheloveka*, 2009 Jul-Aug; 35(4): 97-102
37. Netreba A.I., Popov D.V., Liubaeva E.V., Bravyi I., Prostova A.B., Lemesheva I., Vinogradova O.L., Physiological effects of using the low intensity strength training without relaxation in single-joint and multi-joint movements. *Russ Fiziol Zh Im I M Sechenova*, 2007 Jan; 93(1): 27-38
38. Ogasawara R., Loenneke J.P., Thiebaud R.S., Abe T., Low-load bench press training to fatigue results in muscle hypertrophy similar to high-load bench press training. *International Journal of Clinical Medicine*, 2013 Feb; 4: 114-121
39. Palmieri G.A., Weight training and repetition speed. *J Appl Sport Sci Res*, 1987; 1: 36-8
40. Pereira M.I., Gomes P.S. Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 2003; 33(6): 427-438 doi: 10.2165/00007256-200333060-00004
41. Pincivero D.M., Lephart S.M., Karunakara R.G., Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *Br J Sports Med*, 1997; 31: 229-234
42. Popov D.V., Tsvirkun D.V., Netreba A.I., Tarasova O.S., Prostova A.B., Larina I.M., Borovik A.S., Vinogradova O.L., Hormonal adaptation determines the increase in muscle mass and strength during low-intensity strength training without relaxation. *Fiziol Cheloveka*, 2006 Sep-Oct; 32(5): 121-127
43. Rana S.R., Chleboun G.S., Gilders R.M., Hagerman F.C., Herman J.R., Hikida R.S., Kushnick M.R., Staron R.S., Toma K., Comparison of early phase adaptations for traditional strength and endurance, and low velocity resistance training programs in college-aged women. *J Strength Cond Res*, 2008; 22: 119-127
44. Schoenfeld B.J., The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010; 24(10)/2857-2872
45. Schoenfeld B.J., Wilson J.M., Lowery R.P., Krieger J.W., Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *Eur J Sport Sci*, 2016 Feb; 16(1): 1-10. doi: 10.1080/17461391.2014.989922
46. Schott J., McCully K., Rutherford O.M., The role of metabolites in strength training. II. Short versus long isometric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 1995; 71: 337-341
47. Schuenke M.D., Herman J.R., Gilders R.M., Hagerman F.C., Hikida R.S., Rana S.R., Ragg K.E., Staron R.S., Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *Eur J Appl Physiol*, 2012 Oct; 112(10): 3585-95. doi: 10.1007/s00421-012-2339-3
48. Scott C.B., The effect of time-under-tension and weight lifting cadence on aerobic, anaerobic, and recovery energy expenditures: 3 submaximal sets. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 2012; 37: 252-256. doi 10.1139/H11-158
49. Shepstone T.N., Tang J.E., Dallaire S., Schuenke M.D., Staron R.S., Phillips S.M., Short-term high-vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *J Appl Physiol*, 2005 May; 98(5): 1768-76
50. Shinohara M., Kouzaki M., Yoshihisa T., Fukunaga T., Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1998; 77(1-2): 189-91
51. Skovdal Rathleff M., Thorborg K., Bandholm T., Concentric and eccentric time-undertension during strengthening exercises: validity and reliability of stretch-sensor recordings from an elastic exercise-band. *PLoS ONE*, 2013; 8(6): e68172. doi 10.1371/journal.pone.0068172
52. Smith R.C., Rutherford O.M., The role of metabo-

lites in strength training. I. A comparison of eccentric and concentric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 1995; 71: 332-336

53. Stone M.H., Coulter S.P., Strength/ endurance effects from three resistance training protocols with women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1994; 8: 231-4

54. Stoppani J., Jim Stoppani's Encyclopedia of Muscle & Strength, Second Edition. *Human Kinetics*, 2015; p.189-190. ISBN 9781450459747

55. Tanimoto M., Ishii N., Effects of low-intensity resistance exercise with slow movement and tonic force generation on muscular function in young men. *Journal of Applied Physiology*, 2006 Apr; 100(4): 1150-7. doi: 10.1152/jappphysiol.00741.2005

56. Tanimoto M., Sanada K., Yamamoto K., Kawano H., Gando Y., Tabata I., Ishii N., Miyachi M., The effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *J Strength Cond Res*, 2008 Nov; 22(6): 1926-38. doi: 10.1519/JSC.0b01e318185f2b0

57. Toigo M., Boutellier U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 2006; 97(6): 643-663, doi: 10.1007/s00421-006-0238-1

58. Tran Q.T., Docherty D., Behm D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. *European Journal of Applied Physiology*, 2006; 98:402-410, doi 10.1007/s00421-006-0297-3

59. Vandenburg H.H., Motion into mass: how does tension stimulate muscle growth?. *Med Sci Sports Exerc*, 1987 Oct; 19(5 Suppl): S142-9

60. Vandenburg H., Kaufman S., In vitro model for stretch-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Science*, 1979; 203: 265-268

61. Van Roie E., Delecluse C., Coudyzer W., Boonen S., Bautmans I., Strength training at high versus low external resistance in older adults: Effects on muscle volume, muscle strength, and force-velocity characteristics. *Experimental Gerontology*, 2013 Nov; 48(11): 1351-61. doi: 10.1016/j.exger.2013.08.010

62. Vierck J., O'Reilly B., Hossner K., Antonio J., Byrne K., Bucci L., Dodson M., Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biol Int*, 2000; 24(5): 263-72

63. Young W.B., Bilby G.E., The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power, and hypertrophy development. *J Strength Cond Res*, 1993; 7: 172-8

