

Wpływ tempa ruchu na wartość siły mięśniowej, hipertrofię, liczbę powtórzeń oraz czas trwania napięcia mięśniowego w treningu siły mięśniowej.

Rafał Piwowar, Mariola Gepfert⁽¹⁾, Michał Wilk⁽¹⁾,

¹Katedra Teorii i Praktyki Sportu, Akademia Wychowania Fizycznego im. Jerzego Kukuczki w Katowicach

Streszczenie

Celem pracy jest przedstawienie wpływu tempa ruchu na planowanie oraz efektywność w treningu siły mięśniowej. Opracowanie ukazuje jak tempo ruchu wpływa na poszczególne składowe: ilość powtórzeń (REP), czas pod napięciem mięśniowym (TUT) w programowaniu treningu siły mięśniowej. Analizowano również wpływ tempa ruchu na poziom hipertrofii i maksymalnej siły mięśniowej. Przedstawiona literatura wykazuje istotne różnice wpływu wolnego oraz szybkiego tempa ruchu na efektywność oraz planowanie treningu siły mięśniowej.

Słowa kluczowe: tempo, czas pod napięciem mięśniowym, trening siły mięśniowej.

The influence of movement tempo on the strength, hypertrophy, number of repetitions and time under tension in resistance training – a review

Summary

The purpose of the work is to present the impact movement tempo on planning and effectiveness in resistance training. The study shows how the tempo of movement affects individual components: the number of repetitions (REP), time under tension (TUT) in the programming of resistance training. The impact of the movement tempo on the level of hypertrophy and maximum muscle strength was also analysed. The presented literature shows the significance of influence of slow or fast tempo of movement on the effectiveness and planning of muscle strength training.

Keywords: tempo, time under tension, resistance training.

1. Wstęp

Siła i moc mięśniowa są istotnymi czynnikami warunkującymi sukces wielu dyscyplin sportowych. Trening siły mięśniowej zawiera składowe do których należą: wartość obciążenia zewnętrznego (RM), liczba powtórzeń (REP), liczba serii, a także długość przerw wypoczynkowych pomiędzy seriami (Kraemer i in. 2002, Bird i in. 2005, Golas i in. 2017). Parametry te istotnie wpływają na wartość objętości i intensywności wysiłku. Objętość oraz intensywność wysiłku są uznawane za najważniejsze zmienne wpływające na efektywność treningu oporowego (Pereira i in. 2003, Fry 2004; Kraemer i in. 2004). Wykazano istotne zależności pomiędzy intensywnością wysiłku, a maksymalną liczbą powtórzeń możliwych do wykonania w serii (Sakamoto i Sinclair 2006). Pomimo, że występuje wiele badań

analizujących wpływ poszczególnych parametrów treningu na proces adaptacji w następstwie treningu siły mięśniowej (LaChance i Hortobagyi 1994, Weatherby i in. 1999, Westcott i in. 2001, Hunter i in. 2003, Sakamoto i Sinclair 2006, Burd i in. 2012, Lacerda i in. 2016) to uzyskiwane wyniki nie są jednoznaczne. Przyczyną rozbieżnych wyników może być fakt, że większość badań w zakresie treningu siły mięśniowej nie bierze pod uwagę tempa w jakim jest wykonywane poszczególne powtórzenie. Termin tempo odnosi się do prędkości z jaką wykonywane jest dane powtórzenie i jest mierzone najczęściej w sekundach (Kreamer i in. 2002). Schemat opisu tempa ruchu może być określany za pomocą cyfr, gdzie każda z nich wyraża czas trwania poszczególnej fazy ruchu. Pierwsza cyfra określa czas trwania fazy ekscentrycznej ruchu (ECC), druga cyfra fazę przejściową, trzecia cyfra fazę koncentryczną ruchu (CON), czwarta cyfra fazę przejściową, kończącą cykl. Suma czasu trwania poszczególnych kadencji ruchu, determinuje czas trwania jednego powtórzenia, co jest określane jako czas trwania napięcia mięśniowego (TUT). Przykładowe tempo (2/0/1/0) przy wykonaniu jednego powtórzenia określa wartość TUT równe 3 sekund.

Zmiana tempa ruchu może wynikać ze wzrostu wartości stosowanego obciążenia zewnętrznego lub ze świadomej kontroli ruchu. Istnieje wiele możliwości w zakresie modyfikacji tempa ruchu. Najbardziej popularnym tego przykładem jest tempo „super slow” – (10/0/5/0), który polega na wykonaniu 10-sekundowych ECC kadencji oraz 5-sekundowych CON kadencji (Hutchins 1992).

2. Wpływ tempa ruchu na ilość wykonanych powtórzeń

Sakamoto i Sinclair (2006) ocenili wpływ tempa ruchu i zmiennej wartości obciążenia zewnętrznego na maksymalną liczbę wykonanych REP podczas wyciskania sztangi leżąc. Wykazali, że wzrost prędkości ruchu wpływa na wyższą ilość wykonanych powtórzeń. Mikesky i in. (1989) stwierdził, że wolne tempo ruchu prowadzi do efektywniejszego przyrostu siły i hipertrofii mięśniowej, w przeciwieństwie do wysiłku o szybszym tempie ruchu. Natomiast Kim i in. (2002) ocenili wpływ tempa ruchu na poziom maksymalnej siły mięśniowej (RM). Dowiedli, że nie występuje istotna różnica w liczbie wykonanych powtórzeń w zależności od stosowanego tempa ruchu. Kolejne badania prowadzone przez LaChance i Hortobagyi (1994) polegały na porównywaniu wpływu tempa ruchu na ilość wykonanych wyprostów przedramion w podporze przodem i podciągnięć na drążku, które uczestnicy byli w stanie wykonać. Okazało się, że badani wykonali więcej powtórzeń przy zastosowaniu krótszego czasu trwania kadencji ruchu, niż podczas wykonywania

czterosekundowych powtórzeń (2/0/2/0). Osoby, które wykonały to samo ćwiczenie z zachowaniem dwusekundowego czasu trwania kadencji CON oraz czterosekundowego czasu trwania kadencji ECC (4/0/2/0) wykonały najmniej powtórzeń. Wilk i in. (2018) analizowali wpływ tempa ruchu na maksymalną ilość wykonanych REP. Celem tego badania była ocena wpływu różnego tempa ruchu tj. regularnego (REG) (2/0/2/0), średniego (MED) (5/0/3/0) i wolnego (SLO) (6/0/4/0) podczas ćwiczenia oporowego, na maksymalną liczbę wykonanych powtórzeń w serii oraz w jednostce treningowej. Istotne różnice REP stwierdzono pomiędzy tempem (2/0/2/0), (5/0/3/0) i (6/0/4/0) w każdej z badanych serii jak i sumie wykonanych serii w jednostce treningowej. Wartość REP była znacząco wyższa w tempie (2/0/2/0) w porównaniu z tempem ruchu (5/0/3/0) i (6/0/4/0) w każdej serii. Do podobnych wniosków doszli Hatfield i in. (2006), którzy przedstawili badania, dotyczące wpływu wolnego tempa ruchu (10/0/10/0) oraz tempa wolicjonalnego na ilość wykonanych powtórzeń. Do badań wykorzystano dwa ćwiczenia: przysiad ze sztangą oraz wyciskanie sztangi z przed klatki piersiowej o wartości 60 i 80% RM. Podobnie jak wcześniej opisane wyniki badań Sakamoto i Sinclair (2006), Wilk i in. (2018), badania Hatfield i in. (2006) wykazały, że w tempie SLO wykonano istotnie mniej powtórzeń w porównaniu do tempa wolicjonalnego.

Szybsze tempo ruchu pozwala na wykonanie większej ilości REP w porównaniu do tempa wolnego. Przyczyną takich wyników może być fakt wykorzystania cyklu rozciąganie-skurcz (SSC). Wykorzystanie SSC powoduje wzrost siły mięśniowej rozwijanej przez mięsień w wyniku nagromadzenia energii sprężystości w fazie ruchu ECC. Dłuższy czas pracy w fazie ekscentrycznej ruchu podczas tempa wolnego doprowadza do mniejszego nagromadzenia energii sprężystości oraz gorszego pobudzenia odruchu na rozciąganie co może być przyczyną mniejszej ilości wykonanych powtórzeń w tempie wolnym.

3. Tempo ruchu a czas trwania napięcia mięśniowego (TUT)

Kolejnym istotnym elementem w programowaniu treningu siły mięśniowej może być wartość czasu pod napięciem mięśniowym (TUT). Literatura światowa przedstawia niewiele badań dotyczących wpływu tempa ruchu w treningu siły mięśniowej na wartość TUT.

W badaniu Wilk i in. (2018) dotyczącego tempa ruchu REG (2/0/2/0) oraz SLO (6/0/2/0) w treningu oporowym wykazano, że wartość TUT każdej serii oraz TUT sumy 5 serii (TUTsum1-5) był znacznie wyższy w tempie ruchu (6/0/4/0) niż w tempie (2/0/2/0)

pomimo, że w obu przypadkach wykonywano wysiłek do pełnego wyczerpania mięśniowego. Dowiedziano również, że wyższa wartość TUT wpływa korzystnie na zmiany poziomu reakcji hormonalnych, które mogą odgrywać dużą rolę w procesie po treningowej adaptacji (Wilk i in. 2018). Dodatkowo badania Lacerda i in. (2016) wykazały, że stała wartość TUT może przedstawiać różne poziomy w aktywności mięśniowej, w zależności od tempa ruchu i w konsekwencji różnej liczbie REP. Ćwiczenie oporowe wykonywane z tempem (5/0/5/0) ruch oraz niskiej wartości 5 REP = 50 TUT. Taką samą wartość TUT można uzyskać w ćwiczeniu oporowym z tempem (1/0/1/0) ruchu oraz wysokiej wartości 25 REP. Jednakże ten sam TUT uzyskany w różnym tempie ruchu wywołuje inne poziomy reakcji metabolicznych oraz nerwowo-mięśniowych. Ćwiczenia oporowe wykonane w wolnym tempie ruchu uzyskują wyższe wartości TUT, ponieważ wydłuża się czas pracy mięśniowej w porównaniu do ćwiczeń oporowych wykonanych w tempie średnim bądź szybkim. Jeśli wzrasta wartość TUT, również wzrasta objętość treningowa niezależnie od liczby wykonanych REP (Wilk i in. 2018)

4. Tempo ruchu a poziom maksymalnej siły mięśniowej

Tempo ruchu jest nieodzownym elementem w programowaniu periodyzacji treningu siły mięśniowej. Największy i najszybszy wzrost siły mięśniowej występuje w treningu, w którym obciążenie zewnętrzne sięga powyżej 80% RM (Crewther i in. 2005). Liow and Hopkins (2003) porównali wpływ powolnego i eksplozywnego tempa ruchu w treningu siły mięśniowej na wyniki sprintu w kajakarstwie. Te dwa rodzaje treningu różniły się jedynie czasem trwania kadencji CON ruchu, tj. powolny (1,7 s) i eksplozywny (<0,85 s). Wzrost poziomu siły mięśniowej był widoczny dla obu wartości tempa ruchu, 3,4% (trening powolny) i 2,3% (trening eksplozywny), co przełożyło się na wynik sprintu w odległości 15m. Jednak nie było znaczących różnic międzygrupowych. Istnieją również badania, w których nie wykazano istotnej różnicy pomiędzy wolnym (5/0/5/0), a szybkim (2/0/3/0) w kontekście rozwoju siły mięśniowej. Berger i Harris (1966) porównał efekty szybkiego (1,8 s), pośredniego (2,8 s) i wolnego (6,3 s) tempa ruchu na wzrost poziomu siły mięśniowej w wyciskaniu sztangi leżąc. Wszystkie grupy odnotowały znaczny wzrost siły mięśniowej. Nie wykazano istotnych różnic między treningiem zawierającym różne tempo ruchu. Przeciwnie do wspomnianych badań Keeler i in. (2001) wykazali większy przyrost siły mięśniowej po zastosowaniu treningu z niską prędkością ruchu "super-slow" (10/0/5/0) w przeciwieństwie do tempa szybkiego. Podobne badania przeprowadził Westcott i in. (2001)

porównując trening z tempem SLO (4/0/10/0) oraz REG (4/1/2/0). Trening z tempem SLO wykazał 50% większy przyrost siły mięśniowej w porównaniu z treningiem wykorzystującym tempo REG. Westcott i in. (2001) wykazali, że trening z tempem SLO jest skuteczną metodą w celu zwiększenia siły mięśniowej, jednakże jest to sprzeczne z wcześniejszymi wynikami Berger i Harris (1966). Natomiast badanie Munn i in. (2005) wykazały dwukrotny wzrost siły mięśniowej w grupie, która wykonywała ćwiczenie z tempem (1/0/1/0) ruchu. Takiego samego wyniku nie odnotowano w grupie, która wykonywała ćwiczenie z tempem (3/0/3/0) ruchu. Farthing i Chilibeck (2003), którzy przedstawili wpływ wolnego i szybkiego tempa ruchu na poziom hipertrofii i siły mięśniowej. Wykazano istotny wpływ na poziom siły mięśniowej w treningu ECC z wolnym tempem ruchu w przeciwieństwie do treningu CON z szybkim tempem ruchu.

Większość badań dotyczących wpływu tempa ruchu w treningu oporowym na poziom maksymalnej siły mięśniowej, wykazuje istotny wzrost siły mięśniowej w treningu z wolnym tempem ruchu. Dłuższa faza ekscentryczna pobudza do pracy więcej jednostek motorycznych, co przekłada się na wzrost wartości maksymalnej siły mięśniowej.

5. Wpływ tempa ruchu na hipertrofię mięśniową

Dowodzono, iż ćwiczenia oporowe, w których stosowano wartość RM pomiędzy 60 a 80% z liczbą REP 8-12, wpływa na wzrost przekroju poprzecznego mięśni (Wernbom i in. 2007, Schoenfeld i in. 2016). Jednakże kryteria te nie odnoszą się do wartości stosowanego tempa ruchu. Pereira i in. (2016) udokumentowali, iż wolne tempo ruchu 1/0/4/0, gdzie pierwsza faza to faza CON, wpływa korzystniej na wzrost poziomu hipertrofii w przeciwieństwie do szybkiego tempa ruchu (1/0/1/0). Zastosowanie wolnego tempa ruchu przy wykonaniu tej samej liczby REP powoduje dłuższy czas wysiłku. Wyższa wartość TUT ma wpływ na zwiększenie syntezy białka miofibrilarnego, w porównaniu do niższej wartości TUT w następstwie treningu siły mięśniowej (Burd i in. 2012). Do podobnych wniosków doszli Schuenke i in. (2012), którzy wykazali, że trening siły mięśniowej z zastosowaniem tempa SLO z użyciem 80-85%RM wywołuje zwiększoną rekrutację włókien mięśniowych w porównaniu do treningu siły mięśniowej o podobnej wartości RM, lecz z tempem REG. Shepstone i in. (2005) porównali wpływ treningu oporowego w szybkim i wolnym tempem ruchu na wzrost poszczególnych typów włókien mięśniowych. Wykazali, że trening oporowy stosowany w szybkim oraz wolnym tempie ruchu wpływa na wzrost przekroju poprzecznego mięśni typu I. Natomiast istotny wzrost przekroju poprzecznego mięśni wykazano dla typu

IIA i IIB przy użyciu szybkiego tempa ruchu. Podobną konkluzję znajdziemy w badaniach Claflin i in. (2011), w których porównano wolne tempo ruchu i 3,5-krotnie szybsze tempo ruchu. Oba protokoły PRT wykazały wzrost przekroju poprzecznego mięśni typu II o 8-12%, niezależnie od płci czy wieku badanego. Obszerne badania na temat wpływu tempa na hipertrofię mięśniową przedstawił Tanimoto i in. (2008), który zbadał wpływ długotrwałego ćwiczenia oporowego o niskiej wartości RM w wolnym tempie ruchu na przekrój poprzeczny mięśnia oraz siłę mięśniową. Pierwsza grupa wykonywała ćwiczenie o wartości 50%RM w tempie SLO (3/1/3/0), gdzie pierwsza faza to faza ECC. Druga grupa wykonywała ćwiczenie o wartości 80%RM w tempie REG (1/1/1/0), natomiast trzecia grupa wykonywała ćwiczenie o wartości 50%RM w tempie REG (1/1/1/0). Ćwiczący wykonywali ćwiczenia 3 razy w tygodniu przez 3 miesiące. W grupie pierwszej oraz drugiej zaobserwowano znaczny wzrost przekroju poprzecznego mięśnia czworogłowego uda. Niestety takiej zmiany nie zaobserwowano w grupie trzeciej. Badanie wykazało, iż tempo SLO oraz duża intensywność może wpływać istotnie na poziom hipertrofii mięśniowej. Shepstone i in. (2005), Claflin i in. (2011) wykazali istotny wzrost hipertrofii mięśniowej włókien typu II w treningu siły mięśniowej z szybkim tempem ruchu. Jednak większość badań Westcott i in. (2001), Kraemer W.J. i in. (2004), Schuenke i in. (2012), Pereira i in. (2016) przedstawiają, że istotny wzrost poziomu hipertrofii mięśniowej występuje w treningu oporowym z wolnym tempem ruchu.

6. Wnioski

Dobór odpowiedniego tempa ruchu ma istotny wpływ na planowanie oraz efektywność treningu siły mięśniowej. Tempo ruchu według badań istotnie wpływa na proces bezpośredniej i długofalowej adaptacji. Jest to parametr treningowy, który w procesie zarówno planowania jak i realizowania treningu oporowego powinien być brany pod uwagę tak jak REP czy %RM. Większość badań naukowych wykazuje, że wolne tempo ruchu istotnie wpływa na wzrost poziomu hipertrofii oraz maksymalnej siły mięśniowej. Jednakże niektóre badania przedstawiają, że szybkie tempo ruchu w treningu oporowym wpływa na wzrost poziomu maksymalnej siły mięśniowej.

Literatura

1. Berger R., Harris M., 1966. Effects of various repetitive rates in weight training on improvements in strength and endurance. *J Assoc Phys Mental Rehabil.* 20: 205-207.

2. Bird S. P., Tarpenning, K. M., Marino, F. E., 2005. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: A review of the acute programme variables. *Sports Med.* 35: 841-851.
3. Burd N. A., West D. W., Moore D. R., Atherton P. J., Staples A. W., Prior T., Tang J. E., Rennie M. J., Baker S. K., Phillips S. M., 2011. Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J Nutr.* 141,4: 568-73.
4. Burd N. A., Andrews R. J., West D. W., Little J. P., Cochran A. J., Hector A. J., Cashaback, J. G. A., Gibala, M. J., Potvin, J. R., Baker S. K., Phillips S. M., 2012. Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *J Physiol.* 590: 351-362.
5. Claflin D. R., Larkin L. M., Cederna 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., 2011. Effects of high and low velocity resistance training on the contractile properties of skeletal muscle fibers from young and older humans. *J Appl Physiol.* 111(4):1021-30.
6. Crewther B, Cronin J, Koegh J., 2005. Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Med.* 35: 967-989.
7. Farthing J. P., Chilibeck P. D., 2003. The effect of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol.* 89,6: 578-86.
8. Fry A. C. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations., 2004. *Sports Med.* 34,10: 663-79.
9. Gołaś A., Maszczyk A., Pietraszewski P., Stastny P., Tufano J. J., Zajac A., 2017. Effects of pre-exhaustion on the patterns of muscular activity in the Flat bench Press. *J Strength Cond Res.* 31,7: 1919-1924.
10. Hatfield D. L., Kraemer W. J., Spiering B. A., Hakkinen K., Volek J. S., Shimano T., Spreuwenberg L. P. B., Silvestre R., Vingren J. L., Fragala M. S., Gomez A. L., Fleck S. J., Newton R. U., Maresch C. M., 2006. The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 20: 760-766.
11. Hickson R. C., Rosenkoetter M. A., Brown M. M., 1980. Strength training effects on aerobic power and short-term endurance. *Med Sci Sports Exerc.* 12: 336-339.
12. Hunter G. R., Seelhorst D., Snyder S., 2003. Comparison of metabolic and heart rate responses to super slow vs. traditional resistance training. *J Strength Cond Res.* 17:76-81.

13. Hutchins K., 1992. Super Slow: The Ultimate Exercise Protocol. Casselberry, FL: Media Support.
14. Ignjatović A., Stanković R., Herodek K., Radovanović D., 2009. Investigation of the relationship between different muscle strength assessments in bench press action. *Facta Universitatis series Physical Education and Sport*. 7,1: 17-26.
15. Keeler L. H., Finkelstein L. H., Miller W., Fernhall B., 2001. Early-phase adaptations of traditional-speed vs. superslow resistance training on strength and aerobic capacity in sedentary individuals. *J Strength Cond Res*. 15: 309-314.
16. Kim P., Mayhew J., Peterson F., 2002. A modified YMCA bench press test as a predictor of 1 repetition maximum bench press strength. *J. Strength Conditioning Res*. 16: 440-445.
17. Keogh J. W. L., Wilson G. J., Weatherby R. P., 1999. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *J Strength Cond Res*. 13: 247-258.
18. Kraemer W. J., Ratamess N. A., Duncan N., 2002. French MS. Resistance training for health and performance. *Curr Sport Med Rep*. 1: 165-171.
19. Kraemer W. J., Ratamess N. A., 2004. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36,4: 674-88.
20. Lacerda L. T., Martins-Costa H. C., Diniz R. C., Lima F. V., Andrade A. G., Tourino F. D., Bembem M. G., Chagas M. H., 2016. Variations in repetition duration and repetition numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. *JStrength Cond Res*. 30: 251-258.
21. LaChance P., Hortobagyi T., 1994. Influence of cadence on muscular performance during push up and pull up exercises. *J Strength Cond Res*. 8: 76-79.
22. Liow D., Hopkins W., 2003. Velocity Specificity of weight training for kayak sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 35,7: 1232-1237.
23. Mikesky A., Matthews W., Giddings C., Gonyea W., 1989. Muscle enlargement and exercise performance in the cat. *J App Sport Sci Res*. 3: 85-92
24. Munn J., Herbert R. D., Hancock M. J., Gandevia S. C., 2005. Resistance training for strength: effect of number of sets and contraction speed. *Med Sci Sports Exerc*. 37,9: 622-6.
25. Pereira M. I., Gomes P. S., 2003. Movement velocity in resistance training. *Sports Med*. 33: 427-438.

26. Pereira P. E., Motoyama Y. L., Quinelato W. L., Botter L., Tanaka K. H., 2016. Resistance training with slow speed of movement is better for hypertrophy and muscle strength gains than fast speed of movement. *International J Appl Exerc Physiol.* 5,2: 38-42.
27. Sakamoto A., Sinclair P., 2006. Effect of movement velocity on the relationship between training load and the number of repetitions of bench press. *J Strength Cond Res.* 20,3: 523-7.
28. Schuenke M. D., Herman J. R., Gliders R. M., 2012. Early-phase muscular adaptations in response to slow-speed versus traditional resistance-training regimens. *Eur J Appl Physiol.* 112,10: 3585-95.
29. Shepstone T. N., Tang J. E., Dallaire S., 2005. Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *J Appl Physiol.* 98,5: 1768-76.
30. Tanimoto M., Sanada K., Yamamoto K., 2008. 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.* 22,6: 1926-38.
31. Wernbom M., Augustsson J., Thomeé R., 2007. The influence of frequency, intensity and volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.* 37: 225-264.
32. Westcott W. L., Winett R. A., Anderson E. S., Wojcik J. R., Loud R. L., Cleggett E., Glover S., 2001. Effects of regular and slow speed resistance training on muscle strength. *J Sports Med Phys Fitness.* 41: 154-158.
33. Wilk M., Gołaś A., Stastny P., Nawrocka M., Krzysztofik M., Zając M., 2018. Does tempo of resistance exercise impact training volume? *Journal of Human Kinetics.* 62: 241-250.
34. Wilk M., Stastny P., Golas A., Nawrocka M., Jelen K., Zając A., Tufano J., 2018. Physiological responses to different neuromuscular movement task during eccentric bench press. *Neuro Endocrinol Lett.* 39,1: 26-32.