



**Nejc Črnčič,  
Aljoša Flajšman, Žiga Kozinc**

## Vpliv raztezanja na hipertrofijo – kratek pregled literature

### Izvleček

Mišična hipertrofija je proces povečanja velikosti mišičnih vlaken. To je pogost cilj športnikov, bodibilderja in posameznikov, ki želijo izboljšati telesno zmogljivost ali spremeniti telesno sestavo. Vadbna proti uporu je najučinkovitejša metoda za povečanje mišične mase, ima pa še več drugih koristi za zdravje, denimo izboljša kardiovaskularno funkcijo, občutljivost za inzulin, vnetni odziv in kakovost mišic. Za ta članek smo pregledali, ali lahko hipertrofijo dosežemo tudi z raztezno vadbo. Nedavno so pri metaanalizi na živalih pokazali, da je najmanj 15 minut raztezanja na dan pripomoglo k statistično značilnemu povečanju mišične mase, površine mišičnega preseka in mišičnega prereza vlaken ter števila mišičnih vlaken. Ugotovitve kažejo velik in od trajanja odvisen pozitiven učinek dolgotrajnega raztezanja na našete parametre, zato domnevamo, da raztezni trening z ustrezno intenzivnostjo in trajanjem vodi do hipertrofije in hiperplazije. Dve metaanalizi na ljudeh sta pokazali hipertrofijo mišic, vendar sta bila volumen in intenzivnost raztezanja zelo visoka. Prav tako je bilo ugotovljeno, da je vzdolžna rast fasciklov pozitivno povezana z volumenom raztezanja in intenzivnostjo. Ena izmed metaanaliz je pokazala, da lahko raztezanje med serijami vadbe proti uporu pri mladih moških izboljša mišične prilagoditve v primerjavi s tradicionalnimi programi treninga proti uporu, in to brez povečanja časa, porabljenega za vadbo.

*Ključne besede:* raztezanje, hipertrofija, vadba proti uporu, volumen, intenzivnost



## Effect of stretching on hypertrophy: a brief review of the literature

### Abstract

Muscle hypertrophy is the process of increasing the size of muscle fibers. It is a common goal for athletes, bodybuilders, and individuals aiming to enhance their physical performance or alter their body composition. Resistance training is the most effective method for increasing muscle mass, also promoting various health benefits such as improved cardiovascular function, insulin sensitivity, inflammatory response, and muscle quality. In this paper, we review the existing evidence on effects of stretching exercise on muscle hypertrophy. A recent meta-analysis on animals, involving at least 15 minutes of stretching per day, demonstrated a statistically significant increase in muscle mass, muscle cross-sectional area, muscle fiber cross-sectional area, and the number of muscle fibers. The findings indicate a strong and duration-dependent positive effect of prolonged stretching on the mentioned parameters, suggesting that stretching training with appropriate intensity and duration leads to hypertrophy and hyperplasia, at least in animal studies. Two meta-analyses on humans have demonstrated muscle hypertrophy when stretching volume and intensity were high. It was also found that the longitudinal growth of fascicles is positively correlated with stretching volume and intensity. One meta-analysis showed that stretching between sets of resistance training can improve muscle adaptations compared to traditional resistance training programs without increasing the time spent exercising in young men.

*Keywords:* stretching, hypertrophy, resistance training, volume, intensity

## ■ Uvod

Pri mišični hipertrofiji se velikost mišičnih vlaken poveča. To je pogost cilj športnikov, bodibilderjev in posameznikov, ki želijo izboljšati telesno zmogljivost ali spremeniti telesno sestavo. Mišična hipertrofija se pojavi, ko sinteza mišičnih beljakovin presega njihovo razgradnjo in vodi do pozitivnega neto ravnovesja beljakovin v kumulativnih obdobjih (Damas idr., 2018). Vadba proti uporabi je najučinkovitejša metoda za povečanje mišične mase. Običajno je predpisana za povečanje mišične mase in moči, ima pa še več drugih koristi za zdravje, kot so izboljšanje kardiovaskularne funkcije, občutljivosti za inzulin, vnetnega odziva in kakovosti mišic (You, 2013; Ibanez, 2005; Brooks, 2006; Hagerman, 2000). Vadba proti uporabi je tudi varna in učinkovita metoda za preprečevanje napredovanja sarkopenije, saj pripomore k spremembam v sestavi telesa (povečanje mišične mase) in izboljšanju funkcionalnosti, poslabšanih zaradi staranja (Cannataro, 2022). Za sarkopenijo je značilno zmanjšanje mišične mase za 1–2 % na leto po 50. letu starosti, tako se do osmega desetletja življenja lahko izgubi do približno 30 % mišične mase (Kim in Choi, 2013). Tudi pri neaktivnih odraslih je po 30. letu zaznati izgubo mišične mase v obsegu 3–8 % na desetletje, to pa spremljata znižanje bazalnega metabolizma in kopičenje maščobe (Westcott, 2012).

Hipertrofija se doseže z vadbo proti uporabi ne glede na velikost bremena, zadostuje vrednosti nad 30 % največjega bremena, ki ga je oseba sposobna enkrat premakniti (angl. 1-repetition maximum; 1RM), to pomeni izvedbo 6–30 ponovitev na serijo. Idealnega »območja hipertrofije« ni, s praktičnega vidika pa velja, da je zmerne količina ponovitev (~ 8–12 ponovitev pri 60–80 % 1RM) najučinkovitejša metoda, saj trening z zmernimi in težjimi bremenami povzroči tudi večje povečanje mišične jakosti kot trening z nizkimi bremenami (Schoenfeld idr., 2021). Literatura kaže, da pogostost (število treningov na teden) vadbe proti uporabi ob enakem volumnu treninga ne vpliva pomembno na mišično hipertrofijo. Torej lahko to spremenljivko uporabimo kot orodje za prerazporeditev volumna treninga čez teden po želji posameznika (Schoenfeld idr., 2019). Glede intenzivnosti se priporoča izvajanje vaj z do največ 4 ponovitvami v rezervi (tj. 0–4 ponovitve pred odpovedjo), odvisno od faze treninga (Helms idr., 2016). Skupni volumen treninga za trenirane naj bi obsegal 12–20 delovnih

serij na mišično skupino na teden (Baz-Valle, 2022). Najnovejša literatura poudarja tudi pomen skupnega časa trajanja ponovitve v obsegu 2–8 sekund (Korakakis idr., 2024) ter izvajanje vadbe z obremenitvijo v celotnem obsegu, saj je ta učinkovitejša od vadbe z delnim obsegom (Pallares idr., 2021). Zato se zdi povezava s celotnim obsegom izvedbe vaje in raztezanjem zanimiva. V tem prispevku se bomo lotili do zdaj razmeroma neraziskanega področja v povezavi s hipertrofijo. Cilj je bil pregledati dosedanje članke o vplivu raztezne vadbe na hipertrofijo pri ljudeh. Čeprav je vadba proti uporabi nedvomno najučinkovitejša za ta namen, bi raztezanje lahko predstavljalo učinkovito alternativo v nekaterih kliničnih kontekstih.

## ■ Študije na živalih

V prvem sklopu povzemamo ključne izsledke študij na živalih. Lowe in Alway (1999) sta pri odraslih prepelchah izmerila povišane relativne ravni markerjev MRF4, MyoD in mRNA miogenina za 100–400 % v anteriornih mišicah latissimus dorsi (ALD) že po treh dneh preobremenitve z raztezanjem, prav tako se je mišična masa približno podvojila ( $+104 \pm 15$  %) po sedmih dneh raztezanja. Dvig ravni različnih beljakovin v mišicah so potrdile tudi druge študije (Peviani, 2007; Yang, 1997; Kamikawa, 2013; Wang, 2021). Peviani idr. so izvedli intervencijo raztezanja na živalih in pri tem ugotovili, da so se že po enem treningu raztezanja zvišale ravni MyoD (po 24 urah), miostatina (tako po 168 ur pozneje) in atrogin-1 (po 24 urah). Torej lahko kratki treningi pasivnega raztezanja povečajo izražanje markerjev, povezanih z rastjo mišic (MyoD), negativno regulacijo mišične mase (miostatin) in atrofijo (atrogin-1) (Peviani idr., 2007). Coutinho idr. so v okviru tritedenske raziskave na podganah ugotovili, da je vsakodnevno kratko raztezanje po imobilizaciji povzročilo molekularno reorganizacijo kolagenskih snopov in hipertrofijo mišičnih vlaken ( $10 \pm 2$  %) v m. soleus (Coutinho idr., 2006).

Ugotovitve iz študij na živalih torej kažejo alternativne poti za doseganje mehanske napetosti, ki pripomorejo k povečanju sinteze beljakovin in posledično hipertrofiji mišic z visokim volumnom raztezanja (Warneke idr., 2023a). Podobno raziskavo v povezavi z mišico latissimus dorsi sta opravila Antonio in Gonyea (1985). V okviru intervencije sta sedmim prepelcham na

krilo pritrdila utež. Ta je bila v obdobju 15 dni pritrdjena pet dni po 24 ur. Mišična masa in dolžina sta se znatno povečali, in sicer za  $53,1 \pm 9,0$  % oziroma za  $26,1 \pm 7,3$  % v raztegnjeni mišici. Občutno večji je bil tudi presek počasnih vlaken (za  $28,6 \pm 5,7$  %), medtem ko je bilo pri preseku hitrih mišičnih vlaken zaznati nekoliko manjšo rast (za  $18,5 \pm 8,4$  %). Po drugi strani pa se število vlaken ni povečalo, kar kaže, da petdnevno prekinjeno raztezanje v nasprotju s kroničnim raztezanjem povzroči hipertrofijo mišičnih vlaken brez njihove hiperplazije (Antonio in Gonyea, 1985).

Povečanje preseka vlaken so potrdili tudi v študiji Wang idr. (2021), v kateri so izvedli dvotedensko intervencijo pasivnega ponavljanja raztezanja (15 minut na dan, petkrat na teden) na m. gastrocnemius pri miših. Ugotovili so povečano raven izražanja mRNA za Akt (250 %), p70S6K (490 %), 4E-BP1 (570 %), Myf5 (38 0%), miogenin (270 %) in MuRF1 (210 %). Avtorji so predlagali, da bi ugotovitve lahko prenesli na klinično krepitev mišic pri ljudeh in preprečevanje sarkopenije ter za vzdrževanje mase in delovanja skeletnih mišic pri nezvestnih ali paraliziranih bolnikih (Wang idr., 2021). Sasa idr. so pri intervenciji raztezanja m. gastrocnemius na podganah ugotovili, da je bilo neprekinjeno intenzivno raztezanje učinkovito pri preprečevanju atrofije mišic zaradi neuporabe in njihovega funkcionalnega poslabšanja, vendar pa njegovi učinki niso trajali dolgo (Sasa idr., 2004).

Nedavno so Warneke idr. (2023a) opravili metaanalizo 16 študij na živalih, ki so vključevale vsaj 15 minut raztezanja na dan. Ugotovili so statistično značilno povečanje mišične mase ( $d = 8,51$ ), površine mišičnega preseka ( $d = 7,91$ ), površine mišičnega prereza vlaken ( $d = 5,81$ ) in števila mišičnih vlaken ( $d = 4,62$ ). Izsledki potrjujejo velik in od trajanja odvisen pozitiven učinek dolgotrajnega raztezanja na našete parametre, zato lahko domnevamo, da raztezni trening z ustrežno intenzivnostjo in trajanjem vodi do hipertrofije in hiperplazije, vsaj pri študijah na živalih.

## ■ Študije na ljudeh

### Ugotovitve posameznih raziskav

Wohlann idr. so izvedli osemtedensko raziskavo, v kateri so primerjali intervencijo statičnega raztezanja (15 minut na dan, štirikrat na teden) ter vadbe proti uporabi

(pet serij po 12 ponovitev, trikrat na teden) na maksimalno jakost, mišično debelino in gibljivost m. pectoralis major. Ugotovili so, da je vpliv raztezanja primerljiv z vadbo proti upor: debelina mišic se je po prvem povečala za 6,46 % (leva stran) in 5,65 % (desna stran) ter po drugi za 7,25 % in 5,35 %, maksimalna moč pa je po raztezanju zrasla za 10,16 %, po vadbi proti upor pa za 10,30 %. Gibljivost se je povečala samo po raztezanju (za 8,86 % proti 2,38 %). Zaradi posebne opreme je praktična uporaba raztezanja omejena na posebne okoliščine (Wohlann idr., 2024).

Warneke idr. so izvedli šesttedensko intervencijo, pri čemer so primerjali dolgotrajno statično raztezanje (ena ura na dan, točka nelagodja pri stopnji 8 od 10) z uporabo ortoze in klasičen trening proti upor za hipertrofijo (pet serij po 10–12 ponovitev, trikrat na teden). Pri tem so želeli preveriti vpliv na maksimalno jakost, mišično debelino in obseg gibljivosti v m. triceps surae. Ugotovili so statistično značilno izboljšanje mišične debeline lateralnega dela m. gastrocnemius pri obeh skupinah (po raztezanju za 4,7 % in po vadbi proti upor za 8,5 %). Statistično značilno izboljšanje mišične debeline medialnega dela m. gastrocnemius je bilo prav tako zaznati v obeh skupinah (za 7,72 % oziroma za 8,42 %) (Warneke idr., 2022a).

Warneke idr. so v okviru raziskave primerjali tudi enourno in dvourno dnevno statično raztezanje (stopnja bolečine 8 od 10) z uporabo ortoze v obdobju šestih tednov ter ugotavljali vpliv na maksimalno jakost iztegovalk gležnja. Analiza je pokazala povečanje povprečne vrednosti maksimalne jakosti v prvi skupini za 14,2 %, v drugi skupini pa za 22,3 %. Avtorji menijo, da lahko vplive dolgotrajnega raztezanja na povečanje maksimalne jakosti pripišemo predvsem nevronske prilagoditvam (Warneke idr., 2022b).

Warneke idr. so v šesttedenski raziskavi, v kateri so preiskovanci z iztegnjenim kolenskim sklepom izvajali raztezanje m. triceps surae eno uro na dan (vsak dan, točka nelagodja 8 od 10), ugotavljali vpliv na jakost in obseg gibljivosti. Jakost iztegovalk gležnja se je pri iztegnjenem kolenu povečala za 19,9 %, ob meritvi z upognjenim kolonom pa za 9,6 %. Kot raztezanja (gleženjski sklep) se je med študijo povečal za 22,4 % (Warneke idr., 2022c).

Warneke idr. so v šesttedenski raziskavi dolgotrajnega statičnega raztezanja ugo-

tavljali vpliv na maksimalno jakost, mišično debelino in obseg gibljivosti. Raztezanje iztegovalk gležnja je potekalo eno uro na dan, vsak dan z uporabo ortoze na dominantni nogi, stopnja bolečine 8 od 10. V intervencijski skupini se je maksimalna izometrična jakost iztegovalk gležnja povečala za 16,8 %, mišična debelina pa za 15,3 %. Povečanje obsega gibanja upogiba gležnja je bilo izmerjeno z napravo na ortozi, in sicer se je ta v intervencijski skupini povečala za 27,3 % (Warneke idr., 2023c).

Simpson idr. so izvedli raziskavo o statičnem pasivnem raztezanju iztegovalk gležnja, izvajali so ga šest tednov po petkrat na teden. Zaznali so statistično značilno povečanje obsega giba v smeri upogiba gležnja (11,5°) in statistično značilno podaljšanje fasciklov ter zmanjšanje penacijskega kota m. gastrocnemius za 8,69 %. Debelina mišic se je statistično povečala za 5,6 %, medtem ko pri jakosti plantarne fleksije ni bilo sprememb (Simpson idr., 2017).

Yahata idr. so izvedli pettedensko intervencijo statičnega raztezanja (dvakrat na teden po 30 minut) m. triceps surae, pri čemer so ugotavljali mišično moč in arhitekturo mišic. Zaznali so pozitivne spremembe pri nekaterih merilih mišične jakosti (izometrično:  $+6,4 \pm 9,9$  %; koncentrično:  $+7,8 \pm 9,1$  %), ni pa prišlo do hipertrofije mišic (Yahata idr., 2021).

### Ugotovitve preglednih člankov in metaanaliz

Prve metaanalize na področju raztezanja za hipertrofijo so poročale o omejenih učinkih. Medeiros in Lima sta pregledala članke (14 študij) o kroničnih učinkih raztezanja na mišično zmogljivost. Izboljšanje so opazili le pri funkcionalnih testih in izotoničnih kontrakcijah, medtem ko trening raztezanja ni vplival na zmogljivost v izometričnih kontrakcijah (Medeiros in Lima, 2017). Podobno so poročali Nunes idr., ki so prav tako opravili pregled literature in ugotovili, da so tri od desetih študij opazile pomembne pozitivne učinke raztezne vadbe na strukturo mišic. V teh študijah so raztezanje izvajali s pripomočki ali dodatnim bremenom. Pasivno raztezanje z nizko intenzivnostjo tako po ugotovitvah teh avtorjev ne prinaša koristnih sprememb v velikosti in strukturi mišic. Omejeni dokazi pa so že v teh metaanalizah nakazovali, da lahko visoko intenzivno raztezanje povzroči hipertrofijo mišic (Nunes idr., 2018).

Po izsledkih novejših metaanaliz Warneke idr. študije poročajo o morfoloških in funkcionalnih spremembah iztegovalk gležnja pri ljudeh, kadar je raztezanje trajalo več kot 30 minut na trening. To kaže na pomembnost velike količine raztezanja, če je cilj povečati mišično maso in največjo jakost. Zato se zdi, da je praktična uporabnost omejena na okolja brez možnosti za vadbo z utežmi (na primer v nepremičnem stanju na začetku rehabilitacije), saj se ta kaže kot časovno učinkovitejša (Warneke idr., 2023b). Prav tako je metaanaliza Panidi idr. pokazala hipertrofijo mišic, kadar sta bila volumen in intenzivnost raztezanja visoka. Ugotovljeno je bilo tudi, da je vzdolžna rast fasciklov pozitivno povezana z volumnom raztezanja in intenzivnostjo (Panidi idr., 2023). Nedavno so tudi Arntz idr. izvedli pregled literature in pri tem ugotovili, da ima dolgoročno izvajanje statičnega raztezanja potencial za izboljšanje mišične jakosti in moči (Arntz idr., 2023).

Zanimiva je metaanaliza Schoenfeld idr. Ti so v študiji na mladih moških ugotovili, da lahko raztezanje (20–30 sekund) med serijami vadbe proti upor pri stopnji nelagodja vsaj 8 od 10 izboljša mišične prilagoditve v primerjavi s samo vadbo proti upor, in to brez povečanja časa, porabljenega za vadbo (Schoenfeld idr., 2022). Potrebne so nadaljnje študije za pridobitev trdnjših sklepov o optimalnem trajanju raztezanja med serijami ter o tem, ali ima raztezanje enak učinek tudi pri drugih populacijah. Zanimivo bi bilo preučiti domnevo, da je ta vpliv specifičen samo za mišična vlakna tipa 1 (Every idr., 2022). Evangelista idr. so v raziskavi med netreniranimi posamezniki ugotavljali vpliv na mišično moč in hipertrofijo pri raztezanju med serijami v primerjavi s tradicionalno vadbo proti upor. Pri skupini, ki je izvajala raztezanje med serijami (10,5 %), se je debelina mišic v povprečju povečala izraziteje kot pri skupini s tradicionalnim treningom moči (6,7 %) (Evangelista idr., 2019).

## Zaključek in praktična implikacija

Čeprav je vseh osem študij na živalih, vključenih v naš pregled, pokazalo spodbudne rezultate v zvezi s povečanjem hipertrofije po treningu raztezanja, je treba opozoriti, da te ugotovitve niso nujno prenosljive na ljudi, ki izvajajo običajno pasivno raztezanje. Potrebne so nadaljnje raziskave, da bi bolje preučili mehanizme v ozadju opa-

ženih učinkov. Trenutno velja, da je visoka mehanska napetost mišic, značilna tako za vadbo proti uporu kot tudi intenzivno raztezanje, ključen dejavnik za fiziološke odzive, ki vodijo v hipertrofijo. Kot dodaten možen dejavnik se omenja omejevanje krvnega obtoka (Warneke idr., 2023b). Kot kaže, sta za doseganje hipertrofije pri ljudeh ključna velik volumen (več kot 30 minut na trening in več kot trikrat na teden) in visoka intenzivnost raztezanja (občutek nelagodja vsaj 8 od 10). Ugotovljeno je bilo tudi, da je vzdolžna rast fasciklov pozitivno povezana z volumnom raztezanja in intenzivnostjo. Zato je pri raztezanju, katerega cilj je hipertrofija, ključno upoštevati optimalen volumen in intenzivnost. Kljub temu se zdi, da je praktična uporabnost omejena na okolje brez možnosti za vadbo z utežmi (npr. na začetku rehabilitacije), saj je ta časovno učinkovitejša. Prav tako se raztezanje (20–30 sekund) lahko izvaja med vadbo z utežmi – raztezne vaje delamo med serijami –, s čimer dodatno spodbudimo hipertrofijo trenirane mišice. Vadba proti uporu tako ostaja temeljni način za doseganje hipertrofije. Raztezno vadbo kot samostojno intervencijo lahko svetujemo za primere, ko izvajanje vadbe proti uporu ni mogoče.

## Literatura

- Androulakis Korakakis, P., Wolf, M., Coleman, M., Burke, R., Piñero, A., Nippard, J. in Schoenfeld, B. J. (2023). Optimizing Resistance Training Technique to Maximize Muscle Hypertrophy: A Narrative Review. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 9(1), 9. <https://doi.org/10.3390/jfmk9010009>
- Antonio, J. in Gonyea, W. J. (1993). Role of muscle fiber hypertrophy and hyperplasia in intermittently stretched avian muscle. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 74(4), 1893–1898. <https://doi.org/10.1152/jap.1993.74.4.1893>
- Arntz, F., Markov, A., Behm, D. G., Behrens, M., Negra, Y., Nakamura, M., Moran, J. in Chaabene, H. (2023). Chronic Effects of Static Stretching Exercises on Muscle Strength and Power in Healthy Individuals Across the Lifespan: A Systematic Review with Multi-level Meta-analysis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(3), 723–745. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01806-9>
- Van Every, D. W., Coleman, M., Rosa, A., Zambrano, H., Plotkin, D., Torres, X., Mercado, M., De Souza, E. O., Alto, A., Oberlin, D. J., Vigotsky, A. D. in Schoenfeld, B. J. (2022). Loaded inter-set stretch may selectively enhance muscular adaptations of the plantar flexors. *PLOS ONE* 17(9): e0273451. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0273451>
- Baz-Valle, E., Balsalobre-Fernández, C., Alix-Fages, C. in Santos-Concejero, J. (2022). A Systematic Review of The Effects of Different Resistance Training Volumes on Muscle Hypertrophy. *Journal of human kinetics*, 81, 199–210. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0017>
- Brooks, N., Layne, J. E., Gordon, P. L., Roubenoff, R., Nelson, M. E. in Castaneda-Sceppa, C. (2006). Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *International journal of medical sciences*, 4(1), 19–27. <https://doi.org/10.7150/ijms.4.19>
- Cannataro, R., Cione, E., Bonilla, D. A., Cerullo, G., Angelini, F. in D'Antona, G. (2022). Strength training in elderly: An useful tool against sarcopenia. *Frontiers in sports and active living*, 4, 950949. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.950949>
- Coutinho, E. L., DeLuca, C., Salvini, T. F. in Vidal, B. C. (2006). Bouts of passive stretching after immobilization of the rat soleus muscle increase collagen macromolecular organization and muscle fiber area. *Connective tissue research*, 47(5), 278–286. <https://doi.org/10.1080/03008200600995940>
- Damas, F., Libardi, C. A. in Ugrinowitsch, C. (2018). The development of skeletal muscle hypertrophy through resistance training: the role of muscle damage and muscle protein synthesis. *European journal of applied physiology*, 118(3), 485–500. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3792-9>
- Hagerman, F. C., Walsh, S. J., Staron, R. S., Hikida, R. S., Gilders, R. M., Murray, T. F., Toma, K. in Ragg, K. E. (2000). Effects of high-intensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 55(7), B336–B346. <https://doi.org/10.1093/gerona/55.7.b336>
- Helms, E. R., Cronin, J., Storey, A. in Zourdos, M. C. (2016). Application of the Repetitions in Reserve-Based Rating of Perceived Exertion Scale for Resistance Training. *Strength and conditioning journal*, 38(4), 42–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.00000000000000218>
- Ibañez, J., Izquierdo, M., Argüelles, I., Forga, L., Larrión, J. L., García-Unciti, M., Idoate, F. in Gorostiaga, E. M. (2005). Twice-weekly progressive resistance training decreases abdominal fat and improves insulin sensitivity in older men with type 2 diabetes. *Diabetes care*, 28(3), 662–667. <https://doi.org/10.2337/diacare.28.3.662>
- Kamikawa, Y., Ikeda, S., Harada, K., Ohwata-shi, A. in Yoshida, A. (2013). Passive repetitive stretching for a short duration within a week increases myogenic regulatory factors and myosin heavy chain mRNA in rats' skeletal muscles. *TheScientificWorldJournal*, 2013, 493656. <https://doi.org/10.1155/2013/493656>
- Kim, T. N. in Choi, K. M. (2013). Sarcopenia: definition, epidemiology, and pathophysiology. *Journal of bone metabolism*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.11005/jbm.2013.20.1.1>
- Lowe, D. A. in Alway, S. E. (1999). Stretch-induced myogenin, MyoD, and MRF4 expression and acute hypertrophy in quail slow-tonic muscle are not dependent upon satellite cell proliferation. *Cell and tissue research*, 296(3), 531–539. <https://doi.org/10.1007/s004410051314>
- Medeiros, D. M. in Lima, C. S. (2017). Influence of chronic stretching on muscle performance: Systematic review. *Human movement science*, 54, 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2017.05.006>
- Nunes, J. P., Schoenfeld, B. J., Nakamura, M., Ribeiro, A. S., Cunha, P. M. in Cyrino, E. S. (2020). Does stretch training induce muscle hypertrophy in humans? A review of the literature. *Clinical physiology and functional imaging*, 40(3), 148–156. <https://doi.org/10.1111/cpf.12622>
- Pallarés, J. G., Hernández-Belmonte, A., Martínez-Cava, A., Vetrovsky, T., Steffl, M. in Courel-Ibáñez, J. (2021). Effects of range of motion on resistance training adaptations: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 31(10), 1866–1881. <https://doi.org/10.1111/sms.14006>
- Panidi, I., Donti, O., Konrad, A., Dinas, P. C., Terzis, G., Mouratidis, A., Gaspari, V., Donti, A. in Bogdanis, G. C. (2023). Muscle Architecture Adaptations to Static Stretching Training: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports medicine - open*, 9(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00591-7>
- Peviani, S. M., Gomes, A. R., Moreira, R. F., Moriscot, A. S. in Salvini, T. F. (2007). Short bouts of stretching increase myo-D, myostatin and atrogen-1 in rat soleus muscle. *Muscle & nerve*, 35(3), 363–370. <https://doi.org/10.1002/mus.20695>
- Rader, E. P., Naimo, M. A., Layner, K. N., Triscuit, A. M., Chetlin, R. D., Ensey, J. in Baker, B. A. (2017). Enhancement of Skeletal Muscle in Aged Rats Following High-Intensity Stretch-Shortening Contraction Training. *Rejuvenation research*, 20(2), 93–102. <https://doi.org/10.1089/rej.2016.1816>
- Sasa, T., Sairoy, K., Yoshida, N., Fukunaga, M., Koga, K., Ishikawa, M. in Yasui, N. (2004). Continuous muscle stretch prevents disuse muscle atrophy and deterioration of its oxidative capacity in rat tail-suspension models. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 83(11), 851–856. <https://doi.org/10.1097/01.phm.0000140803.48932.90>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J. in Krieger, J. (2019). How many times per week should a muscle be trained to maximize muscle hypertrophy? A systematic review and meta-analysis of studies examining the effects of resistance

- training frequency. *Journal of sports sciences*, 37(11), 1286–1295. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1555906>
24. Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Van Every, D. W. in Plotkin, D. L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports (Basel, Switzerland)*, 9(2), 32. <https://doi.org/10.3390/sports9020032>
  25. Schoenfeld, B. J., Wackerhage, H. in De Souza, E. (2022). Inter-set stretch: A potential time-efficient strategy for enhancing skeletal muscle adaptations. *Frontiers in sports and active living*, 4, 1035190. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1035190>
  26. Simpson, C. L., Kim, B. D. H., Bourcet, M. R., Jones, G. R. in Jakobi, J. M. (2017). Stretch training induces unequal adaptation in muscle fascicles and thickness in medial and lateral gastrocnemii. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(12), 1597–1604. <https://doi.org/10.1111/sms.12822>
  27. Van Every, D. W., Coleman, M., Rosa, A., Zambrano, H., Plotkin, D., Torres, X., Mercado, M., De Souza, E. O., Alto, A., Oberlin, D. J., Vigotsky, A. D., & Schoenfeld, Evangelista, A. L., De Souza, E. O., Moreira, D. C. B., Alonso, A. C., Teixeira, C. V. S., Wadhi, T., Rauch, J., Bocalini, D. S., Pereira, P. E. A. in Greve, J. M. D. (2019). Interset Stretching vs. Traditional Strength Training: Effects on Muscle Strength and Size in Untrained Individuals. *Journal of strength and conditioning research*, 33 Suppl 1, S159–S166. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003036>
  28. Wang, Y., Ikeda, S. in Ikoma, K. (2021). Passive repetitive stretching is associated with greater muscle mass and cross-sectional area in the sarcopenic muscle. *Scientific reports*, 11(1), 15302. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94709-0>
  29. Warneke, K., Brinkmann, A., Hillebrecht, M. in Schiemann, S. (2022a). Influence of Long-Lasting Static Stretching on Maximal Strength, Muscle Thickness and Flexibility. *Frontiers in physiology*, 13, 878955. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.878955>
  30. Warneke, K., Keiner, M., Hillebrecht, M. in Schiemann, S. (2022b). Influence of One Hour versus Two Hours of Daily Static Stretching for Six Weeks Using a Calf-Muscle-Stretching Orthosis on Maximal Strength. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11621. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811621>
  31. Warneke, K., Lohmann, L. H., Keiner, M., Wagner, C. M., Schmidt, T., Wirth, K., Zech, A., Schiemann, S. in Behm, D. (2022c). Using Long-Duration Static Stretch Training to Counteract Strength and Flexibility Deficits in Moderately Trained Participants. *International journal of environmental research and public health*, 19(20), 13254. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013254>
  32. Warneke, K., Freund, P. A. in Schiemann, S. (2023a). Long-Lasting Stretching Induces Muscle Hypertrophy: A Meta-Analysis of Animal Studies. *J. of SCI. IN SPORT AND EXERCISE*, 5, 289–301. <https://doi.org/10.1007/s42978-022-00191-z>
  33. Warneke, K., Lohmann, L. H., Lima, C. D., Holander, K., Konrad, A., Zech, A., Nakamura, M., Wirth, K., Keiner, M. in Behm, D. G. (2023b). Physiology of Stretch-Mediated Hypertrophy and Strength Increases: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(11), 2055–2075. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01898-x>
  34. Warneke, K., Wirth, K., Keiner, M., Lohmann, L. H., Hillebrecht, M., Brinkmann, A., Wohllann, T. in Schiemann, S. (2023c). Comparison of the effects of long-lasting static stretching and hypertrophy training on maximal strength, muscle thickness and flexibility in the plantar flexors. *European journal of applied physiology*, 123(8), 1773–1787. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05184-6>
  35. Westcott, W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>
  36. Wohllann, T., Warneke, K., Kalder, V., Behm, D. G., Schmidt, T. in Schiemann, S. (2024). Influence of 8-weeks of supervised static stretching or resistance training of pectoral major muscles on maximal strength, muscle thickness and range of motion. *European journal of applied physiology*, 10. 1007/s00421-023-05413-y. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05413-y>
  37. Yahata, K., Konrad, A., Sato, S., Kiyono, R., Yoshida, R., Fukaya, T., Nunes, J. P. in Nakamura, M. (2021). Effects of a high-volume static stretching programme on plantar-flexor muscle strength and architecture. *European journal of applied physiology*, 121(4), 1159–1166. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04608-5>
  38. Yang, H., Alnaqeeb, M., Simpson, H. in Goldspink, G. (1997). Changes in muscle fibre type, muscle mass and IGF-I gene expression in rabbit skeletal muscle subjected to stretch. *Journal of anatomy*, 190 (Pt 4), 613–622. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1997.19040613.x>
  39. You, T., Arsenis, N. C., Disanzo, B. L. in Lamonthe, M. J. (2013). Effects of exercise training on chronic inflammation in obesity : current evidence and potential mechanisms. *Sports medicine (Auckland, N. Z.)*, 43(4), 243–256. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0023-3>

dr. Žiga Kozinc, doc.  
Univerza na Primorskem  
Fakulteta za vede o zdravju  
[ziga.kozinc@fvz.upr.si](mailto:ziga.kozinc@fvz.upr.si)