



Sara Kranjc,  
Žiga Kozinc

## Ali je raztezanje PNF učinkovitejše v primerjavi z drugimi tehnikami raztezanja?

### Izvleček

Raztezanje je pomemben del trenažnega procesa, saj pripomore k izboljšanju gibljivosti in zmanjšanju tveganja za poškodbe. Namen tega članka je bil pregledati dosedanje raziskave o akutnih in kroničnih učinkih raztezanja PNF v primerjavi s statičnim in dinamičnim raztezanjem, predvsem njihovega vpliva na gibljivost, togost mišic in zmogljivost pri športnih nalogah. Različne študije so primerjale učinke navedenih tehnik raztezanja. Pregled literature je pokazal, da so vse oblike raztezanja učinkovite pri akutnem povečanju obsega giba v sklepu (RoM), pri čemer ni statistično pomembnih razlik med PNF in statičnim raztezanjem, čeprav sta se v nekaterih raziskavah izkazala kot učinkovitejša pri izboljšanju RoM v primerjavi z dinamičnim raztezanjem. Kljub temu, da se raztezanje PNF pogosto predstavlja kot učinkovitejše, rezultati kažejo, da so njegovi učinki podobni tistim pri statičnem raztezanju. Ena izmed ključnih ugotovitev je, da je vpliv raztezanja odvisen od več dejavnikov, med drugim spola, specifičnosti mišičnih skupin ter trajanja in intenzivnosti raztezanja. Zato kljub številnim raziskavam ostaja veliko nejasnosti, ki poudarjajo potrebo po nadaljnjih raziskavah, zlasti v zvezi z razumevanjem živčno-mišičnih mehanizmov, ki vplivajo na rezultate raztezanja, in dolgoročni učinki teh tehnik na zmanjšanje mišične togosti in izboljšanje športne zmogljivosti.

*Ključne besede:* raztezanje, gibljivost, obseg giba, mišična togost, zmogljivost



## Is PNF stretching more effective than other stretching techniques?

### Abstract

Stretching is an important part of the training method, as it contributes to improving flexibility and reducing the risk of injury. The aim of this article was to review existing research on the acute and chronic effects of PNF stretching compared to static and dynamic stretching, focusing primarily on their impact on flexibility, muscle stiffness, and performance in athletic tasks. Various studies have compared the effects of these stretching techniques. The review showed that all forms of stretching are effective in acutely increasing range of motion, with no statistically significant differences between PNF and static stretching, although in some studies, both have proven to be more effective in improving range of motion compared to dynamic stretching. Despite PNF stretching often being presented as more effective, the results indicate that its effects are similar to those of static stretching. One of the key findings is that the impact of stretching depends on several factors, including gender, the specificity of muscle groups, and the duration and intensity of the stretching. Therefore, despite numerous studies, there are still many uncertainties, highlighting the need for further research, particularly in understanding the neuromuscular mechanisms that affect stretching outcomes and the long-term effects of these techniques on reducing muscle stiffness and improving athletic performance.

*Keywords:* stretching, flexibility, range of motion, muscle stiffness, performance

## Uvod

Raztezanje se v športu pogosto uporablja kot del ogrevanja, s ciljem povečanja obsega giba v sklepu (angl. *range of motion*; v nadaljevanju: RoM) in zmanjšanja bolečin (Behm idr., 2021; Konrad, Tilp, idr., 2022; Takeuchi idr., 2024). V literaturi so pogosto opisane tri tehnike raztezanja mišic: statično, dinamično in predkontrakcijsko raztezanje (Behm idr., 2023; Borges idr., 2018; Konrad idr., 2024). Vse naštetje tehnike povečajo gibljivost, ki se navadno ohrani do 30 minut. To povečanje naj bi bilo predvsem posledica živčnih prilagoditev, ki povečajo toleranco na razteg, deloma pa tudi akutnega zmanjšanja mišične in kitne togosti (Behm idr., 2016). Tradicionalna in najpogostejša tehnika je statično raztezanje, pri katerem se dlje časa zadrži raztegnjen položaj mišice. Raztezanje je lahko pasivno ob pomoči zunanjih sil ali aktivno z aktivacijo mišic. Dinamično raztezanje delimo na aktivno (počasno do zmerno hitro gibanje telesa s postopnim večanjem razpona giba in hitrosti gibanja) in balistično (hitri in sunkoviti gibi, ki lahko presežejo normalen obseg gibanja) (Page, 2012). Predkontrakcijsko raztezanje vključuje krčenje mišice, ki se razteza, ali njenega antagonista pred raztezanjem. Najpogostejša vrsta raztezanja pred kontrakcijo je raztezanje s tehnikami propioceptivne živčno-mišične facilitacije (angl. *proprioceptive neuromuscular facilitation*; v nadaljevanju: PNF) (Konrad, Seiberl idr., 2022; Medeiros idr., 2016; Page, 2012). Poznamo različne metode PNF, in sicer »napni in sprosti« (angl. *contract-relax*), »zadrži in sprosti« (angl. *hold-relax*) ter »napni, sprosti in napni antagonista« (angl. *contract-relax-antagonist contract*). Mišična kontrakcija, ki je del raztezanja, traja do 10 sekund in je običajno izvedena s 75 % do 100 % največje prostovoljne kontrakcije (Konrad, Tilp idr., 2022; Page, 2012; Reis idr., 2013). Učinki raztezanja PNF dosledno kažejo pozitiven akuten in kroničen vpliv na povečanje obsega giba. Učinki so primerljivi s tistimi pri statičnem raztezanju. Vendar pa vloga centralnih mehanizmov (npr. povečana toleranca na raztezanje) in perifernih mehanizmov (npr. zmanjšana togost mišic in kit) pri teh učinkih ni povsem jasna (Behm idr., 2023; Borges idr., 2018; Konrad idr., 2024). V literaturi se o povečani togosti mišic in tetiv poroča kot o potencialnih dejavnikih tveganja za športne poškodbe, kar nakazuje, da bi lahko bilo raztezanje PNF potencialna intervencija za zmanjševanje



Slika 1. Primer raztezanja PNF (metoda »napni in sprosti«) za zadnje stegenske mišice. Mišice postavimo v raztegnjen položaj (označeno modro). Nato vadeči izvede izometrično kontrakcijo (rdeče), čemur sledi dodaten razteg (zeleno).

takšnih tveganj (Konrad, Tilp idr., 2022; Place idr., 2013; Reis idr., 2013).

Namen tega članka je pregledati dosedanja literatura o akutnih in kroničnih učinkih raztezanja s tehnikami PNF (v primerjavi s statičnim in dinamičnim raztezanjem) na izbrane parametre, predvsem njihovega vpliva na obseg giba oziroma gibljivost, togost ter zmogljivost v izbranih nalogah. S tem je cilj članka ugotoviti, v kolikšni meri je vključevanje raztezanja PNF kot alternativo statičnemu ali dinamičnemu raztezanju smiselno v različnih kontekstih. Pregledali smo razpoložljive metaanalize na temo primerjave vplivov različnih tehnik raztezanja ter v članek dodatno vključili najpomembnejše posamezne raziskave.

## ■ Primerjava akutnih in kroničnih učinkov različnih tipov raztezanja na izbrane parametre

V prvem delu razprave v skladu z namenom predstavimo ugotovitve sistematičnega pregleda literature z metaanalizami, temu sledi še pregled ugotovitev posameznih raziskav.

### Ugotovitve sistematičnega pregleda literature z metaanalizo

Borges idr. (2018) so v svojem sistematičnem pregledu literature z metaanalizo primerjali vpliv statičnega raztezanja in raztezanja PNF na gibljivost zadnjih stegenjskih mišic pri zdravih mladih odraslih. Kljub ugotovitvam nekaterih vključenih študij, da raztezanje PNF povečuje toleranco na razteg, kar pripomore k občutnejšemu povečanju gibljivosti, so s pregledom metaanaliz in analiz na ravni posameznih študij hipotezo, da bi raztezanje PNF lahko imelo prednost pred statičnim raztezanjem, ovrgli. Ob tem so navedli, da sta oba tipa enako učinkovita pri izboljšanju gibljivosti tako akutno kot kronično. Avtorji poudarjajo, da je pomanjkanje živčnega odziva med raztezanjem PNF lahko razlog za podobne učinke tako PNF kot statičnega raztezanja, kar je bilo ugotovljeno v večini vključenih študij. Kot pravijo, domnevna prednost raztezanja PNF pred statičnim ni povezana s samo mišično sprostitevjo, temveč je morda izrazitejša povečanje RoM, ki ga včasih opažamo pri raztezanju PNF, povezano z običajno višjo intenzivnostjo med raztezanjem PNF. Dodajajo, da so resnični me-

hanizmi v ozadju izboljšanja fleksibilnosti po raztezanju še vedno predmet razprav (Borges idr., 2018).

Behm idr. (2023) so prek sistematičnega pregleda literature z metaanalizo raziskovali akutne učinke raztezanja na RoM. Ugotavljajo, da so vse oblike raztezanja podobno učinkovite pri spodbujanju akutnega povečanja RoM v splošni populaciji, saj ni bilo statistično pomembnih razlik med statičnim, dinamičnim, balističnim in raztezanjem PNF. Akutno povečanje RoM se je pojavilo pri vseh testiranih mišicah (troglava mečna mišica, zadnje stegenske mišice in mišice spodnjega dela hrbta), z izjemo primikalk kolka, kar avtorji pripisujejo anatomske in funkcionalno omejenim vzorcem gibanja. Ugotavljajo tudi, da ni pomembnih razlik v povečanju RoM z vidika intenzivnosti in trajanja raztezanja, prav tako ne po starosti ali spolu (Behm idr., 2023).

Učinke vseh tipov raztezanja na RoM so proučevali tudi Konrad idr. (2024) v svoji metaanalizi. V pregled so vključili vse sklepe. Kot so ugotovili, med statičnim raztezanjem in tehnikami PNF ni bilo razlik pri vplivu na RoM. Sta pa bila statično raztezanje in PNF v nasprotju z ugotovitvami prej omenjene metaanalize učinkovitejša v povečanju RoM v primerjavi z balističnim in dinamičnim raztezanjem. Prav tako so opazili pomembno razliko v učinkih z vidika spola preiskovancev, ki je v prej opisani metaanalizi niso zaznali, in sicer so se večje spremembe RoM pojavile pri ženskah. Kot mogoče razlago avtorji navajajo višjo občutljivost žensk za trening gibljivosti in dejstvo, da te v primerjavi z moškimi niso bolj gibljive v vseh sklepih. Pojasnilo za to, da balistične in dinamične tehnike raztezanja ne pokažejo tako velike spremembe v primerjavi s PNF ali statičnim raztezanjem, pa domnevajo v razlikah med trajanjem napetosti pri posameznih tehnikah. Medtem ko je pri PNF ali statičnem raztezanju sklep večinoma v raztegnjenem položaju skozi celoten protokol raztezanja, to ne drži za balistično in dinamično raztezanje (Konrad idr., 2024).

Medeiros in Martini (2018) sta raziskovala kronične vplive različnih tipov raztezanja na RoM dorsalne fleksije gležnja pri zdravih posameznikih. Sistematični pregled literature z metaanalizo je pokazal, da so vsi tipi raztezanja učinkoviti pri izboljšanju RoM, vendar je bilo izrazitejša povečanje RoM opaženo po izvajanju statičnega razteza-

nja in PNF v primerjavi z balističnim raztezanjem (Medeiros in Martini, 2018).

Namen sistematičnega pregleda z metaanalizo avtorjev Konrad idr. (2021) je bil ugotoviti učinke enkratnega raztezanja upogibalk kolka na parametre zmogljivosti. Izsledki kažejo, da lahko enkratno raztezanje upogibalk kolka, ki traja do 120 sekund, pozitivno vpliva na ravnotežje (po dinamičnem raztezanju ali PNF) in skalarno zmogljivost (po statičnem raztezanju). Poleg tega pri trajanju do 120 sekund ni bil opisan noben škodljiv učinek v študijah, ki so se ukvarjale s športno specifično zmogljivostjo, ravnotežjem ali izokinetičnimi parametri, ne glede na uporabljene tehnike raztezanja. Ti rezultati so v nasprotju z drugimi mišičnimi skupinami, npr. plantarnimi upogibalkami, pri katerih so bili učinki raztezanja na omenjene parametre negativni. Avtorji navajajo razlago, da je ta razlika lahko povezana s specifično funkcijo upogibalk kolka pri stabilizaciji ledvenega dela hrbtenice. Poudarjajo pa, da omejeno število študij o akutnih učinkih raztezanja PNF in dinamičnega raztezanja na zmogljivost ne omogoča jasnega sklepa o tem, katera tehnika bi bila prednostno uporabljena za preprečevanje poslabšanja zmogljivosti (Konrad idr., 2021).

Takeuchi idr. (2023) so v sistematičnem pregledu z metaanalizo proučevali kronične učinke statičnega raztezanja na spremembo togosti mišic pri zdravih mladih posameznikih. Avtorji poročajo o zmernem zmanjšanju togosti, ki pa ni bilo odvisno od spola in skupne dolžine trajanja raztezanja. Posebej omenjajo rezultate dveh opravljenih študij, ki sta proučevali učinke dolgoročnega PNF in dinamičnega raztezanja, pri čemer niso zaznali pomembnejših sprememb v togosti mišic. Ob tem poudarjajo, da so za primerjavo z učinki statičnega raztezanja potrebne dodatne raziskave dolgoročnih učinkov raztezanja prej omenjenih tehnik na togost mišic (Takeuchi idr., 2023).

### Ugotovitve posameznih raziskav

Place idr. (2013) so v svoji raziskavi ocenjevali vpliv raztezanja PNF na izbrane parametre. Rezultati so pokazali, da po raztezanju ni bilo pomembnih sprememb v aktivnem RoM in vertikalnem skoku. Poleg tega je bila tudi večina živčno-mišičnih prilagoditev primerljiva s kontrolno skupino. Avtorji domnevajo, da je razlog za nespremenjen aktivni RoM kratko trajanje skupnega PNF-raztega ali posameznih razteznih sekvenc.



Kljub neškodljivim učinkom raztezanja na delovanje štiriglave stegenske mišice tega avtorji ne priporočajo pri športnih dejavnostih (Place idr., 2013).

V raziskavi Reis idr. (2013) so primerjali učinke PNF in statičnega raztezanja na mišično jakost in aktivacijo mišic pri igralcih dvoranskega nogometa. Rezultati pa v nasprotju s pričakovanji avtorjev niso pokazali zmanjšanja živčno-mišične aktivnosti. Opazili so le minimalno zmanjšanje aktivacije m. rectus femoris in m. vastus lateralis po izvedbi statičnega raztezanja v kontrolni skupini s sedentarnimi posamezniki (Reis idr., 2013).

Vpliv enega cikla PNF-raztezanja štiriglave stegenske mišice in troglave mečne mišice z dinamično aktivnostjo po raztezanju na ekonomičnost teka so proučevali Konrad, Tilp idr. (2022). Rezultati niso pokazali razlik v primerjavi s kontrolno skupino, ki PNF-raztezanja ni izvajala. Kot ugotavljajo, PNF-raztezanje s sledečo aktivnostjo nima niti pozitivnega niti negativnega vpliva na ekonomičnost teka in povezane biomehanske spremenljivke (tj. čas stika s podlago, dolžina koraka, frekvenca koraka). Avtorji pa kot pomembno omejitev študije poudarjajo odsotnost intervencijske skupine, v kateri bi bil izveden samo raztezni protokol PNF. Skupaj z dodatno kontrolno skupino (tj. samo počitek brez aktivnosti po raztezanju) bi bilo mogoče dobiti jasnejšo sliko o specifičnem PNF-raztezanju mišic z aktivnostjo in brez te po raztezanju ter njegovem učinku na tekaško ekonomičnost (Konrad, Tilp idr., 2022).

Podoben protokol so Konrad, Seiberl idr. (2022) izvedli v svoji raziskavi o učinkih cikla PNF-raztezanja štiriglave stegenske mišice in troglave mečne mišice z dinamično aktivnostjo po raztezanju na zmogljivost pri skokih ter togost tkiv. Sprememb niso ugotovili pri izvedbi skoka z nasprotnim gibanjem, so se pa pojavile pri globinskem skoku (spremembe v višini skoka in indeksu reakcijske moči). Avtorji opažajo, da so spremembe po izvedbi globinskega skoka po raztegu troglave mečne mišice in temu sledeči aktivnosti povezane z zmanjšanjem togosti ahilove tetive, medtem ko so bile spremembe po raztegu štiriglave stegenske mišice in temu sledeči aktivnosti opazne v zmanjšanju povprečne togosti štiriglave stegenske mišice (Konrad, Seiberl idr., 2022).

Zaidi idr. (2023) so raziskovali akutne in kronične učinke PNF in statičnega raztezanja na RoM v kolenskem sklepu, gibljivost in

elektromiografsko aktivnost (angl. *electromyography*; v nadaljevanju: EMG) zadnjih stegenskih mišic pri starejših odraslih osebah. Rezultati kažejo, da ima raztezanje PNF akutni in kronični učinek na RoM in gibljivost ter samo kronični učinek na EMG-aktivnost mišic. Statično raztezanje pa je akutno in kronično vplivalo na RoM ter kronično na gibljivost, medtem ko na EMG-aktivnost mišic ni imelo učinka. Kljub temu, da sta obe tehniki raztezanja kronično vplivali na gibljivost, je statično raztezanje imelo večje učinke kot raztezanje PNF (Zaidi idr., 2023).

Konrad idr. (2017) so raziskovali akutne učinke statičnega, balističnega in raztezanja PNF na različne mišično-tetivne parametre spodnjega dela noge. Proučevani parametri so vključevali RoM, pasivni uporni navor, togost mišic in tetiv ter maksimalno prostovoljno kontrakcijo. Rezultati kažejo, da vse uporabljene metode raztezanja privedejo do znatnega povečanja RoM ter zmanjšanja togosti mišično-tetivnega sistema in pasivnega navora. Razlike med učinki različnih tipov raztezanja so se pojavile pri maksimalni prostovoljni kontrakciji. Statično in balistično raztezanje ni privedlo do spremembe omenjenega parametra, medtem ko je PNF raztezanje pokazalo negativen učinek (Konrad idr., 2017).

Kay idr. (2015) so proučevali učinke PNF-raztezanja, statičnega raztezanja in izometričnih kontrakcij na mišično-tetivne parametre pri zdravih posameznikih. Rezultati so pokazali povečanje RoM v skočnem sklepu pri vseh uporabljenih metodah, vendar je bilo povečanje omenjenega parametra po raztezanju PNF izrazitejše. Med različnimi metodami raztezanja so se razlikovale tudi spremembe togosti mišično-tetivnega kompleksa, in sicer je statično raztezanje bolj vplivalo na zmanjšanje togosti mišic, izometrična kontrakcija na zmanjšanje togosti tetiv, medtem ko je raztezanje PNF vplivalo na zmanjšano togost tako mišic kot tetiv (Kay idr., 2015).

Akutne učinke statičnega in PNF-raztezanja na togost zadnjih stegenskih mišic ter RoM med pasivnim dvigom ravne noge in aktivnim iztegom kolena pri rekreativno aktivnih mladih posameznikih so v svoji raziskavi primerjali Železnik idr. (2024). Rezultati kažejo, da oba tipa raztezanja učinkovito povečujeta aktivni in pasivni RoM, medtem ko le raztezanje PNF dodatno zmanjša strižni modul mišice biceps femoris in s tem tudi njeno togost. Enakih rezultatov

pa niso ugotovili za mišico semitendinosus (Železnik idr., 2024).

Beltrão idr. (2014) so v svoji raziskavi ugotavljali povezavo med akutnimi in kratkoročnimi spremembami RoM ob uporabi statičnega in PNF-raztezanja. Kot so ugotovili, med omenjenima tipoma raztezanja ni bilo statistično značilnih razlik, ob tem pa poudarjajo, da akutno povečanje RoM napove povečanje tega po kratkoročnem programu, kar velja za obe uporabljeni tehniki raztezanja (Beltrão idr., 2014).

## ■ Zaključek

Raztezanje je pomemben del trenažnega procesa, saj prispeva k izboljšanju gibljivosti in zmanjšanju tveganja za poškodbe. V članku smo primerjali učinke različnih tehnik raztezanja, vključno s PNF ter statičnim in dinamičnim raztezanjem, na različne parametre. Pregled raziskav in metaanaliz je pokazal, da so vse oblike raztezanja učinkovite pri akutnem povečanju RoM, pri čemer pa ni statistično pomembnih razlik med PNF in statičnim raztezanjem, čeprav se v nekaterih raziskavah izkažeta kot učinkovitejša pri izboljšanju RoM v primerjavi z dinamičnim in balističnim raztezanjem. Raztezanje PNF je pogosto uporabljeno zaradi domnevnih prednosti pri izboljšanju gibljivosti, a naš pregled literature nakazuje, da ni bistveno boljših rezultatov v primerjavi s statičnim raztezanjem. Poleg tega so avtorji nekaterih raziskav prišli do zaključka, da lahko raztezanje PNF škodljivo vpliva na mišično zmogljivost, to pa odpira vprašanje o smiselnosti njegovega izvajanja pred športno vadbo v športnem kontekstu.

## ■ Literatura

- Behm, D. G., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Culleton, R., Scharf, C., in Konrad, A. (2023). Acute Effects of Various Stretching Techniques on Range of Motion: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine – Open*, 9(1), 107. <https://doi.org/10.1186/s40798-023-00652-x>
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., in McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: A systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 41(1), 1–11. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0235>

3. Behm, D. G., Kay, A. D., Trajano, G. S., Alizadeh, S., in Blazevich, A. J. (2021). Effects of Stretching on Injury Risk Reduction and Balance. *Journal of Clinical Exercise Physiology*, 10(3), 106–116. <https://doi.org/10.31189/2165-6193-10.3.106>
4. Beltrão, N. B., Ritti-Dias, R. M., Pitangui, A. C. R., in De Araújo, R. C. (2014). Correlation between acute and short-term changes in flexibility using two stretching techniques. *International Journal of Sports Medicine*, 35(14), 1151–1154. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1382018>
5. Borges, M. O., Medeiros, D. M., Minotto, B. B., in Lima, C. S. (2018). Comparison between static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility: Systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physiotherapy*, 20(1), 12–19. <https://doi.org/10.1080/21679169.2017.1347708>
6. Kay, A. D., Husbands-Beasley, J., in Blazevich, A. J. (2015). Effects of Contract-Relax, Static Stretching, and Isometric Contractions on Muscle-Tendon Mechanics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(10), 2181–2190. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000632>
7. Konrad, A., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Anvar, S. H., Graham, A., Zahiri, A., Goudini, R., Edwards, C., Scharf, C., in Behm, D. G. (2024). Chronic effects of stretching on range of motion with consideration of potential moderating variables: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, 13(2), 186–194. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2023.06.002>
8. Konrad, A., Močnik, R., Titze, S., Nakamura, M., in Tilp, M. (2021). The Influence of Stretching the Hip Flexor Muscles on Performance Parameters. A Systematic Review with Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1936. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041936>
9. Konrad, A., Seiberl, W., Tilp, M., Holzer, D., in Paternoster, F. K. (2022). What to stretch? - Isolated proprioceptive neuromuscular facilitation stretching of either quadriceps or triceps surae followed by post-stretching activities alters tissue stiffness and jump performance. *Sports Biomechanics*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2058991>
10. Konrad, A., Stafiliadis, S., in Tilp, M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(10), 1070–1080. <https://doi.org/10.1111/sms.12725>
11. Konrad, A., Tilp, M., Stöcker, F., Mehmeti, L., Mahnič, N., Seiberl, W., Behm, D. G., in Paternoster, F. K. (2022). Quadriceps or triceps surae proprioceptive neuromuscular facilitation stretching with post-stretching dynamic activities does not induce acute changes in running economy. *Frontiers in Physiology*, 13, 981108. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.981108>
12. Medeiros, D. M., Cini, A., Sbruzzi, G., in Lima, C. S. (2016). Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(6), 438–445. <https://doi.org/10.1080/09593985.2016.1204401>
13. Medeiros, D. M., in Martini, T. F. (2018). Chronic effect of different types of stretching on ankle dorsiflexion range of motion: Systematic review and meta-analysis. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 34, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jfoot.2017.09.006>
14. Page, P. (2012). Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7(1), 109–119.
15. Place, N., Blum, Y., Armand, S., Maffiuletti, N. A., in Behm, D. G. (2013). Effects of a short proprioceptive neuromuscular facilitation stretching bout on quadriceps neuromuscular function, flexibility, and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(2), 463–470. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182576ffe>
16. Reis, E. da F. S., Pereira, G. B., de Sousa, N. M. F., Tibana, R. A., Silva, M. F., Araújo, M., Gomes, I., in Prestes, J. (2013). Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching on maximal voluntary contraction and muscle electromyographical activity in indoor soccer players. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 33(6), 418–422. <https://doi.org/10.1111/cpf.12047>
17. Takeuchi, K., Nakamura, M., Fukaya, T., Nakao, G., in Mizuno, T. (2024). Stretching intervention can prevent muscle injuries: A systematic review and meta-analysis. *Sport Sciences for Health*. <https://doi.org/10.1007/s11332-024-01213-9>
18. Takeuchi, K., Nakamura, M., Konrad, A., in Mizuno, T. (2023). Long-term static stretching can decrease muscle stiffness: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(8), 1294–1306. <https://doi.org/10.1111/sms.14402>
19. Zaidi, S., Ahamad, A., Fatima, A., Ahmad, I., Malhotra, D., Al Muslem, W. H., Abdulaziz, S., in Nuhmani, S. (2023). Immediate and Long-Term Effectiveness of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation and Static Stretching on Joint Range of Motion, Flexibility, and Electromyographic Activity of Knee Muscles in Older Adults. *Journal of Clinical Medicine*, 12(7), 2610. <https://doi.org/10.3390/jcm12072610>
20. Železnik, P., Jelen, A., Kalc, K., Behm, D. G., in Kozinc, Ž. (2024). Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on hamstrings muscle stiffness and range of motion: A randomized cross-over study. *European Journal of Applied Physiology*, 124(3), 1005–1014. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05325-x>

dr. Žiga Kozinc, doc.  
Univerza na Primorskem,  
Fakulteta za vede o zdravju  
ziga.kozinc@fvz.upr.si