



Matevž Arčon¹,
Nejc Šarabon^{2,3}

Učinki telesne dejavnosti na zdrav življenjski slog

Izvleček

Telesna dejavnost ima ključno vlogo pri zagotavljanju zdravja, njene učinke ločimo na kratkoročne in dolgoročne. Kratkoročno telesna dejavnost vpliva na uravnavo presnove in apetita. Po drugi strani lahko telesna dejavnost dolgoročno spodbudi tudi blagodejne fiziološke prilagoditve, kot sta izboljšana zmogljivost srca in ožilja ter povišana masa skeletnih mišic, kar je odvisno predvsem od oblike telesne vadbe. Vzdržljiva vadba lahko poveča srčno-dihhalno zmogljivost, medtem ko lahko vadba proti uporu poveča maso skeletnih mišic in mišično zmogljivost. In čeprav sta to najprimernejši obliki vadbe za optimalno zdravje, je še vedno težko zagotoviti njuno upoštevanje na populacijski ravni. Hoja je najbolj razširjena oblika telesne vadbe in je lahko uspešna vadbena alternativa pri uravnavanju telesne mase in sarkopenije. Kljub temu se tudi ta oblika telesne vadbe pri staranju in izgubi telesne mase zmanjša, kar se izraža v dnevni koraki in porabi energije, ki jo ti prinesejo. V tej recenziji želimo predstaviti vpliv hujšanja in biološkega staranja na zmanjšanje telesne aktivnosti, recenzijo pa zaključiti s praktičnimi priporočili, ki pripomorejo k zdravemu staranju ter uspešni izgubi telesne mase in njenemu vzdrževanju.

Ključne besede: telesna dejavnost, staranje, uravnavanje telesne mase.



Vir slike: dailymtimes.com

The effects of physical activity on healthspan

Abstract

In the short term, physical activity plays a key role in human health by acutely regulating metabolism and appetite. In the longer term, however, physical activity can also elicit benign physiological adaptations such as improved cardiovascular health and skeletal muscle mass, depending mainly on the exercise modality. Endurance exercise can increase cardiorespiratory capacity, whereas resistance exercise can augment skeletal muscle mass and muscle strength. And although these are preferable exercise modalities for optimal health, adherence on a populational level is still difficult to ensure. Walking is the most widely adopted form of physical exercise and can be a viable exercise strategy in weight management and sarcopenia. Nevertheless, even this form of physical exercise is subject to age-related and weight loss-related reductions which are represented in daily steps and the energy expenditure they yield. In this review, we aim to elucidate the effects of weight loss and biological aging on physical activity and physical activity energy expenditure. In addition, we present general guidelines for physical activity that can contribute to healthy aging and successful weight management.

Keywords: physical activity, aging, weight management.

¹ University of Aberdeen, The Rowett Institute, Aberdeen, Združeno kraljestvo

² Univerza na Primorskem, Fakulteta za vede o zdravju, Izola

³ 2 S2P, Znanost v prakso, d. o. o., Ljubljana

Uvod

Telesna aktivnost je bistvena za izboljšanje zdravja in dolgoživosti ljudi v vseh starostnih skupinah in populacijah (Marquez idr., 2020). Prepričljivi dokazi kažejo, da ima višja raven telesne dejavnosti zaščitno vlogo pred pridobivanjem telesne mase in debelostjo ter pred izgubo mišic, do katere lahko pride pri poskusih uravnavanja telesne teže in biološkem staranju (Dziura idr., 2004; Langhammer idr., 2018). Izkazalo se je, da izguba telesne mase v obsegu 3–10 % izboljša zdravstvene kazalnike, kot sta homeostaza glukoze in občutljivost na inzulin, ter zmanjša hipertenzijo pri bolnikih z debelostjo (Arcon idr., 2023; Ryan idr., 2017). Kljub temu se lahko prostovoljna izguba telesne mase pri zdravih posameznikih pojavi le v stanju negativnega energijskega ravnovesja, ki zahteva, da poraba energije v daljšem časovnem obdobju presega vnos energije (Hill idr., 2013). V kontekstu debelosti se na primer zdi, da sedentarno vedenje in telesna nedejavnost prispevata k okvarjenemu nadzoru apetita, saj spodbujata pozitivno energijsko ravnovesje, torej stanje, v katerem vnos energije presega njeno porabo, kar povzroči neželjeno povečanje telesne mase (Shook idr., 2015). Poleg tega je telesna dejavnost močan regulator presnove hranil, saj lahko telesna dejavnost po mešanem obroku omili odziv inzulina in izboljša regulacijo krvnih maščob ter s tem takoj izboljša presnovno zdravje (Bittel idr., 2021; Larsen idr., 1999).

Poleg tega je telesna dejavnost tudi najmočnejši regulator mase in kakovosti skeletnih mišic, ki sta nadvse pomembni komponenti zdravega staranja (Escriche-Escuder idr., 2021). Skeletna mišična masa namreč pomeni približno 40 % telesne mase posameznika in ima ključno vlogo pri gibanju, vzdrževanju drže in dihanju ter hkrati deluje kot pomembno mesto za oksidacijo in shranjevanje hranil (Frontera idr., 2015). To postane še posebej pomembno, ker starajoči se posamezniki do 80. leta starosti izgubijo skoraj 30 % svoje največje mišične mase zaradi sarkopenije (starostne bolezni, za katero je značilno pospešeno zmanjševanje mase skeletnih mišic) (Larsen idr., 2019). To s starostjo povezano izgubo mišične mase dodatno poslabša hospitalizacija ali prisilni počitek v postelji zaradi bolezni, ki pospešita izgubo moči in mišic, kar pri starejših povzroči zmanjšano mobilnost in kakovost življenja (Volpi idr., 2004). V takšnih primerih lahko celo s hojo ublažimo izgubo mase skeletnih mišic za-

radi popolnega ležanja v postelji (English idr., 2010).

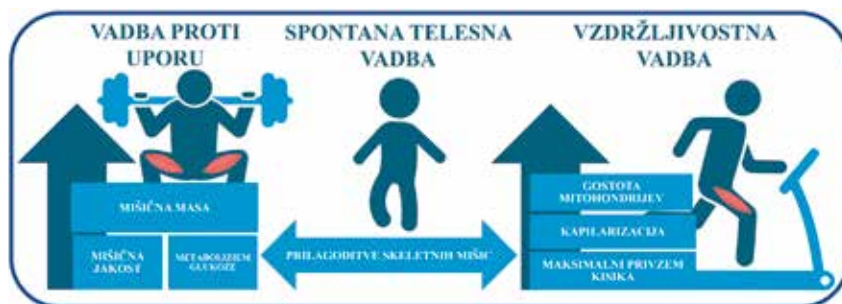
Tako pri zdravem staranju kot pri uravnavanju telesne teže je lahko telesna dejavnost odločilen dejavnik. Poleg tega različne oblike vadbe povzročajo različne fiziološke odzive, ki lahko na koncu prispevajo k optimalnemu zdravju. Kljub temu je lahko hoja podcenjena telesna vadba pri netreniranih posameznikih vseh starosti. V tej recenziji najprej raziskujemo močnejše in bolj specifične fiziološke prilagoditve različnih vrst vadbe v primerjavi s hojo. Raziskujemo tudi, kako lahko izguba telesne mase in biološko staranje prispevata k zmanjšanju števila dnevnih korakov in njihove energijske komponente. Nazadnje podajamo splošne smernice za telesno dejavnost, ki so količinsko izražene v dnevni korakih in prilagode starosti, spolu in cilju posameznikov.

■ Vrste telesne dejavnosti

Voljne in strukturirane vrste telesne dejavnosti, kot sta vadba proti uporju in za vzdržljivost, so splošno priznane kot namenski načini vadbe, ki povzročajo različne fiziološke prilagoditve (Hughes idr., 2018). Dokazano je, da vadba proti uporju (tj. vadba za mišično zmogljivost – mišično moč, mišično jakost, mišično vzdržljivost) izboljša maso in kakovost skeletnih mišic s povečanjem površine prečnega prereza mišičnih vlaken, peresnega kota vlaken in radiološke gostote, s čimer se povečata zmogljivost ustvarjanja sile in mišična zmogljivost (Bandy idr., 1990; Phillips idr., 2017). To se lahko izraža v izboljšani gibljivosti in presnovni zmogljivosti pri starajočih se posameznikih in tistih z debelostjo (Tallis idr., 2021). Dokazano je bilo tudi, da vadba proti uporju omili povečano kontraktilno učinko-

vitost skeletnih mišic kot odziv na negativno energijsko ravnovesje (Trexler idr., 2014). Ta pojav, znan kot adaptivna termogeneza, lahko ovira hujšanje in vzdrževanje telesne mase, saj zmanjša energijske stroške mišičnega krčenja in posledično zmanjša porabo energije (Rosenbaum idr., 2012).

V nasprotju z vadbo proti uporju se je izkazalo, da vzdržljivostna vadba (tek, kolesarjenje, plavanje ipd.) poveča gostoto mitohondrijev in kapilarizacijo ter s tem povzroči večjo maksimalno porabo kisika, ki je zanesljiv pokazatelj umrljivosti zaradi vseh vzrokov (Hughes idr., 2018). Vzdržljivostno vadbo lahko izvajamo pri nižjih intenzivnostih v daljšem trajanju v kratkih intervalih kot visoko intenzivno intervalno vadbo ali sočasno z vadbo proti uporju (Joyner idr., 2008). Zaradi tega Svetovna zdravstvena organizacija za boj proti debelosti in sarkopeniji priporoča kombinacijo vzdržljivostne vadbe in vadbe za moč (Oliveira idr., 2020). Kljub potrjeni učinkovitosti teh oblik vadbe sta udeležba in upoštevanje na populacijski ravni še vedno razmeroma nizka, saj le 16 % posameznikov izpolnjuje priporočene smernice vadbe (Barreira idr., 2014; Loprinzi idr., 2014). Zato spontana telesna dejavnost (tj. hoja, hitra hoja, hoja po stopnicah) postane edina oblika telesne vadbe pri telesno nedejavnih posameznikih in lahko povzroči podobne – sicer ublažene – fiziološke prilagoditve kot vadba proti uporju ali ciklična vzdržljivostna vadba (Murphy idr., 1998; Stensel idr., 1994). Prav tako je spontano telesno vadbo mogoče preprosto kvantificirati v dnevni koraki s triosno pospeškometrijo, ki je dandanes vgrajena v sledilnike dejavnosti, pametne ure in mobilne telefone ter lahko zagotovi veljavno in zanesljivo kvantifikacijo telesne dejavnosti in porabe energije zunaj laboratorijskega okolja (El-Amrawy idr., 2015; Nishida idr., 2020).



Slika 1. Fiziološke prilagoditve skeletnih mišic pri različnih vrstah telesne vadbe

Opomba. Vadba proti uporju in vzdržljivostna vadba se razlikujeta predvsem na podlagi fizioloških prilagoditev. Spontana telesna vadba vključuje podobne prilagoditve pri precej manjši jakosti.

■ Spontana telesna dejavnost in uravnavanje telesne mase

Kadar strukturirane telesne dejavnosti zaradi slabe udeležbe in/ali neprilagojenosti ni, postanejo edina oblika telesne vadbe spontane telesne dejavnosti, kot so hoja, hitra hoja in hoja po stopnicah ter vse druge telesne dejavnosti, ki se izvajajo v prostem času ali v službi. Pri posameznikih, ki se ne ukvarjajo z vadbo, lahko te dejavnosti pomenijo večino porabe energije ter se med osebami podobne telesne velikosti, telesne sestave, spola in starosti razlikujejo tudi do 2000 kilokalorij na dan (kcal/dan) (Kotz idr., 2005; Villablanca idr., 2015). Kljub temu je pri negativnem energijskem ravnovesju, ki se ustvari s prehrano, pogosto opaziti zmanjšanje porabe energije pri telesni dejavnosti (Leibel, idr., 1995; Levine, 2004; Levine, 2002). Pri intervencijah, pri katerih se negativno energijsko ravnovesje ustvari samo z dieto, so poročali o izgubi telesne mase, ki je bila za 12–44 % nižja od predvidene (Yoo, 2018). Razlog za to je, da je energijska bilanca nelinearen (dinamičen) proces, medtem ko poskus zmanjšanja vnosa energije pogosto povzroči presnovne in vedenjske spremembe, ki se izrazijo predvsem v zmanjšanju telesne dejavnosti in njenega donosa porabe energije, kar povzroči zmanjšano razliko med vnosom in porabo energije (Piaggi, 2019; Romieu idr., 2017). De Groot in sodelavci (1989) so na primer pokazali, da je 4 tedne trajajoča 50-odstotna energijska omejitev, povzročena z dieto, zmanjšala porabo energije pri telesni dejavnosti, kar je skoraj v celoti pojasnilo skupni upad porabe energije (–274 kcal/dan). Podobno so Heyman in sodelavci (1992) z dieto povzročili 20-odstotno energijsko omejitev, ki je po 20 dneh povzročila zmanjšanje porabe energije pri telesni dejavnosti za 198 kcal/dan. Poleg tega so Liebel in sodelavci (1995) v svojem poskusu »pripenjanja telesne mase« opazili 15-odstotno zmanjšanje porabe energije za telesno dejavnost zaradi diete, medtem ko je energijski presežek povečal energijsko porabo v podobnem obsegu. Te študije kažejo, da sta spontana telesna dejavnost in njena energijska komponenta občutljivi na premembe pri vnosu energije, ki jih povzroča prehrana. In čeprav so te spremembe izrazitejše v prvih tednih diete (Yoo, 2018), se zdi, da to večinoma narekuje fenotip posameznika (Piaggi, 2019). Piaggi (2019) je namreč pokazal, da »potratni«

fenotipi kažejo večje povečanje porabe energije med prenašanjem in doživijo manjše zmanjšanje porabe energije med stradanjem. Nasprotno so »varčni« fenotipi bolj nagnjeni k povečanju telesne mase in debelosti, saj se upirajo povečanju porabe energije zaradi prekomernega hranjenja in hitro zmanjšajo porabo energije kot odziv na postenje (Piaggi, 2019). Kljub tem fenotipom dolgoročne študije kažejo, da je višja raven telesne aktivnosti ključen dejavnik pri dolgoročnem uravnavanju telesne mase (Paixão idr., 2020; Varkevisser idr., 2019).

■ Telesna dejavnost in staranje

Biološko staranje pogosto spremlja od 40- do 80-odstotno zmanjšanje telesne dejavnosti v celotnem življenjskem obdobju, kar prispeva k pospešeni izgubi mišične mase (Suryadinata idr., 2020). To je še posebej pomembno, ker telesna dejavnost s starostjo ohranja maso in kakovost skeletnih mišic ter zmanjša kronično vnetje nizke stopnje in inzulinsko rezistenco. Zato ni presenetljivo, da Svetovna zdravstvena organizacija za starejše odrasle (65 let ali več) priporoča najmanj 150 minut visoko zmerno intenzivne telesne dejavnosti (ZITD) na teden, kot sta hitra hoja in hoja po stopnicah, ali 75 minut intenzivne vadbe na teden, kot je vadba proti uporu, ki najučinkoviteje pripomore k pridobivanju mišične mase (Bull idr., 2020; Oliveira idr., 2020). Ta je namreč zaradi posebnih prilagoditev, ki jih lahko ustvari, predvsem priporočena oblika vadbe za izboljšanje telesne sestave in presnovnega zdravja pri starejših (Phillips idr., 2017; Bandy idr., 1990). Vendar se trenutno ocenjuje, da se te oblike vadbe drži le 13 % starejših (Picorelli idr., 2014). Po drugi strani je hoja na populacijski ravni najbolj razširjena oblika telesne vadbe in jo je mogoče uporabiti kot učinkovito – sicer nekoliko manj – alternativo vadbi za izboljšanje telesne sestave in presnovnega zdravja (Bai idr., 2021). Lexell (1995) je v svoji prelomni študiji z magnetno resonanco izmeril mišice kvadricepsa pri mlajših in starejših odraslih. Njegove ugotovitve so pokazale, da imajo mlajši posamezniki več mišične mase in manj telesne maščobe kot starejši. Opazil je tudi, da so aktivnejši starejši posamezniki (12.455 dnevnih korakov) pokazali bolj mladosten profil skeletnih mišic v primerjavi z manj aktivnimi starejšimi odraslimi (3141 dnevnih korakov). Scott, Blizzard in Jones (2011) so v študiji, v kateri je sodelovalo 697

starejših moških in žensk, prav tako ugotovili močno povezavo med večjim številom dnevnih korakov in mišično maso kvadricepsa. Podobno so Aoyagi in sodelavci (2010) pokazali pozitivne učinke povečanja števila dnevnih korakov na mišično maso kvadricepsa pri starejših odraslih. Vendar je ista skupina raziskovalcev opazila tudi prag platoja teh povečanj pri približno 8000 oziroma 6900 dnevnih korakih pri moških oziroma ženskah (Aoyagi idr., 2010). Obe študiji sta, zanimivo, pokazali, da je zmerna do intenzivna telesna dejavnost bolj povezana z mišično maso kvadricepsa kot število dnevnih korakov (Aoyagi idr., 2010; Scott, Blizzard in Jones, 2011). To so pokazali tudi Aggio in sodelavci (2016), ki so raziskovali povezave med ZITD in sarkopenijo pri 1286 starejših moških in ugotovili, da je bila sarkopenija bolj razširjena med udeleženci, ki so imeli manj ZITD v obsegu 20–33 minut na dan (Aggio idr., 2016). Avtorji so poudarili, da je bila resnost sarkopenije obratno sorazmerna s časom, porabljenim za ZITD. Raziskovalci so namreč poročali, da se je po povečanju zmerne do intenzivne telesne dejavnosti za 30 minut na dan zaradi dodatnega časa ZITD tveganje za hudo sarkopenijo zmanjšalo za skoraj polovico (Aggio idr., 2016). Podobne rezultate so opazili tudi Abe in sodelavci (2020), ki so ugotovili, da je zmerna do intenzivna telesna dejavnost, in ne dnevni koraki, pozitivno povezana z mišično maso kvadricepsa pri starejših ženskah.

■ Praktična priporočila

Svetovna zdravstvena organizacija priporoča, da bi morali odrasli v starosti 18–64 let za znatne koristi za zdravje izvajati tedensko najmanj 150–300 minut aerobne telesne dejavnosti zmerne intenzivnosti ali najmanj 75–150 minut aerobne telesne dejavnosti močne intenzivnosti ali enakovredno kombinacijo zmerne in močne intenzivnosti. V idealnem kontekstu trening proti uporu v kombinaciji z vzdržljivostnim treningom omogoča najučinkovitejši pristop pri uravnavanju telesne mase in zdravem staranju (Hughes idr., 2018). Starejši odrasli (65+ let) bi morali v okviru tedenske telesne dejavnosti tri ali več dni na teden izvajati raznovrstno večkomponentno telesno dejavnost, ki poudarja funkcionalno vadbo ravnotežja in moči z zmerno ali večjo intenzivnostjo, da bi izboljšali funkcionalno zmogljivost in preprečili padce.

Čeprav je v javnem zdravstvu sprejeto mnenje, da bi morali posamezniki opraviti 10.000 korakov na dan, ta arbitrarna vrednost ne more učinkovito nadomestiti priporočil Svetovne zdravstvene organizacije, kjer se poudarek nanaša predvsem na trening proti uporabi in na trening za vzdržljivost (Choi idr., 2007). Zato bi si morali posamezniki prizadevati za sodelovanje pri teh vrstah strukturirane vadbe. A v primerih, ko to ni mogoče, lahko delno zadostuje tudi spontana telesna dejavnost. V sistematičnem pregledu, ki ga je opravil Hall s sodelavci (2020), je bilo namreč večje število korakov na dan povezano z manjšim tveganjem za bolezni srca in ožilja ter umrljivostjo zaradi vseh vzrokov. V primerjavi z ljudmi, ki opravijo 16.000 korakov na dan, je bil obseg le 2700 opravljenih korakov na dan povezan s skoraj dvakrat višjo stopnjo umrljivosti zaradi vseh vzrokov. V nedavni metaanalizi 15 mednarodnih kohort, ki so vključevale 47.471 odraslih, so Paluch in sodelavci (2022) ocenili optimalno dnevno število korakov za optimalno zdravje. Skupina raziskovalcev je ugotovila, da je več korakov na dan povezano s postopno nižjim tveganjem umrljivosti, pri čemer se tveganje pri starejših odraslih izenači pri približno 6000–8000 korakih na dan, pri mlajših odraslih pa pri približno 8000–10.000 korakih na dan (Paluch idr., 2022). Čeprav ta priporočila pri zdravih posameznikih morda zadoščajo, je za dosego 10-odstotne izgube telesne mase in njeno dolgoročno vzdrževanje potrebnih približno 10.000 korakov na dan, od tega 3500 kot ZITD (Pozo-Cruz idr., 2022; Creasy idr., 2019). Dokazano je namreč, da zamenjava časa sedentarne-

ga vedenja s stojo porabo energije poveča za trikrat, hoja po stopnicah pa za več kot 40-krat v primerjavi s porabo energije v mirovanju (Elton idr., 1998; Levine idr., 2000). Pri tem je ključno omeniti, da hitrost hoje pri starejših pomembno prispeva k času, porabljenemu za ZITD, in se lahko uporablja kot pozitiven kazalnik splošne telesne pripravljenosti (Karavirta idr., 2020; Wu idr., 2021). In ker je med intenzivnostjo telesne dejavnosti in maso skeletnih mišic močna pozitivna povezava, je lahko več časa, porabljenega za takšne dejavnosti, boljša možnost za zagotavljanje zdravega staranja in uspešnega uravnavanja telesne mase (Jiang idr., 2017; Straight idr., 2016).

Zaključek

Sočasno zmanjšanje telesne dejavnosti in skeletnih mišic pogosto opazimo pri redukciji telesne mase in biološkem staranju. Zaradi tega so posamezniki bolj dovzetni za slabše presnovno zdravje in neuspešno uravnavanje telesne mase pozneje v življenju ter tudi krhkost in izgubo mobilnosti. Večina dokazov kaže, da je spontana telesna dejavnost spremenljivka, ki se odziva na motnje energijskega ravnovesja in staranje. Z biološkim staranjem in uravnavanjem telesne mase se spontana telesna dejavnost in njena energijska poraba običajno zmanjšata. To lahko poveča verjetnost neuspešnega uravnavanja telesne mase pri posameznikih z debelostjo. Podobno lahko s starostjo povezano zmanjšanje telesne dejavnosti in ZITD pospeši sarkopenijo, kar lahko pri starejših povzroči slabšo gibljivost in slabšo kakovost življenja.

nja. Čeprav je biološko staranje neizogibno, se lahko šteje, da je preprečevanje nezdravega staranja izvedljivo z zadostno količino ustreznih dnevnih korakov in zlasti s povečanjem časa, porabljenega za ZITD. In čeprav lahko vadba proti uporabi ali vzdržljivostna vadba zagotovi večje koristi za zdravje kot le spontana telesna aktivnost, bi moralo biti zagotavljanje osebnega pristopa k vadbi najpomembnejša komponenta za uspešno vzdrževanje zdravega življenjskega sloga pri teh specifičnih populacijah.

Literatura

1. Abe, T., Kitayuguchi, J., Okada, S., Okuyama, K., Gomi, T., Kamada, M., Ueta, K., Nabika, T. in Tanaka, C. (2020). Prevalence and Correlates of Physical Activity Among Children and Adolescents: A Cross-Sectional Population-Based Study of a Rural City in Japan. *J Epidemiol*, 30(9), 404–411. <https://doi.org/10.2188/jea.JE20190047>
2. Arcon, M., Malone, J., Barton, Karen, L. in Rocha, J. (2023). The acute effects of diet-induced energy restriction on physical activity energy expenditure and basal metabolic rate in men and women with overweight and obesity. *Human Nutrition & Metabolism*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2023.200185>
3. Aggio, D., Sartini, C., Papacosta, O., Lennon, L., Ash, S., Whincup, P., Wannamethee, S. in Jefferis, B. (2016). Cross-sectional associations of objectively measured physical activity and sedentary time with sarcopenia and sarcopenic obesity in older men. *Preventive Medicine*, 91, 264–272.
4. Aoyagi, Y. in Shephard, R. (2010). Habitual physical activity and health in the elderly:



Slika 2. Dnevno število korakov in zdravstveni izidi

Opomba. Spontana telesna aktivnost, izražena v dnevni korakih, je potencialno primerna alternativa pri zagotavljanju zdravega staranja in uspešnega uravnavanja telesne mase.

- The Nakanajo Study. *Geriatrics & Gerontology International*, 10, pp. S236–S243.
5. Bittel, A., Bittel, D., Mittendorfer, B., Patterson, B., Okunade, A., Abumrad, N., Reeds, D. in Cade, W. (2021). A Single Bout of Premeal Resistance Exercise Improves Postprandial Glucose Metabolism in Obese Men with Prediabetes. *Med Sci Sports Exerc*, 53(4), 694–703. 10.1249/MSS.0000000000002538
 6. Bandy, W., Lovelace-Chandler, V. in McKittrick-Bandy, B. (1990). Adaptation of skeletal muscle to resistance training. *J Orthop Sports Phys Ther*, 12(6), <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1990.12.6.248>
 7. Bai, X., Soh, K., Dev, R., Talib, O., Xiao, W. in Cai, H. (2021). Effect of Brisk Walking on Health-Related Physical Fitness Balance and Life Satisfaction Among the Elderly: A Systematic Review. *Front Public Health*, 9(829367). <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.829367>
 8. Barreira, T., Harrington, D. in Katzmarzyk, P. (2014). Cardiovascular health metrics and accelerometer-measured physical activity levels: National Health and Nutrition Examination Survey, 2003–2006. *Mayo Clin Proc*, 89(1), <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.10.001>
 9. Bull, F., Al-Ansari, S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P., Lambert, E., Leitzmann, M., Milton, K., Ortega, F., Ranasinghe, C., Stamatakis, E., Tiedemann, A., Troiano, R., van der Ploeg, H., Wari, V. in Willumsen, J. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*, 54(24), 1451–1462. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
 10. Creasy, S., Lang, W., Tate, D., Davis, K. in Jakicic, J. (2019). Pattern of Daily Steps is Associated with Weight Loss: Secondary Analysis from the Step-Up Randomized Trial. *Obesity*, 26. <https://doi.org/10.1002/oby.22171>
 11. Choi, B., Pak, A. in Choi, J., 2007. Daily step goal of 10,000 steps: A literature review. *Clinical & Investigative Medicine*, 30(3), p. 146.
 12. de Groot, L., van Es, A., van Raaij, J., Vogt, J. in Hautvast, J. (1989). Adaptation of energy metabolism of overweight women to alternating and continuous low energy intake. *Am J Clin Nutr*, 50(6), <https://doi.org/10.1093/ajcn/50.6.1314>
 13. Donnelly, J., Blair, S., Jakicic, J., Manore, M., Rankin, J., Smith, B. in College, A. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(2), 459. DOI: 10.1249/MSS.0b013e3181949333
 14. Dziura, J., de Leon, C., Kasl, S. in DiPietro, L. (2004). Can physical activity attenuate aging-related weight loss in older people? The Yale Health and Aging Study, 1982–1994. *Am J Epidemiol*, 159(8), 759. <https://doi.org/10.1093/aje/kwh105>
 15. El-Amrawy, F., Pharm, B. in Nounou, M. (2015). Are Currently Available Wearable Devices for Activity Tracking and Heart Rate Monitoring Accurate, Precise, and Medically Beneficial? *Healthc Inform Res*, 21(4), 315–320. DOI: 10.4258/hir.2015.21.4.315
 16. Elton, S., Foley, R. in Uliaszek, S. (1998). Habitual energy expenditure of human climbing and clambering. *Hum Biol*, 25(6), 523. <https://doi.org/10.1080/03014469800006762>
 17. English, Kirk L. in Paddon-Jones, D. (2010). Protecting muscle mass and function in older adults during bed rest. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 13(1), 34–39. DOI: 10.1097/MCO.0b013e328333aa66
 18. Escriche-Escuder, A., Fuentes-Abolafio, I., Roldán-Jiménez, C. in Cuesta-Vargas, A. (2021). Effects of exercise on muscle mass, strength, and physical performance in older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis according to the EWGSOP criteria. *Exp Gerontol*, 151(111420). doi: 10.1016/j.exger.2021.111420
 19. Frontera, W. in Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue Int*, 96(3), 183. doi: 10.1007/s00223-014-9915-y
 20. Genton, L., Karsegard, V., Chevalley, T., Kossovsky, M., Darmon, P. in Pichard, C., 2011. Body composition changes over 9 years in healthy elderly subjects and impact of physical activity. *Clinical Nutrition*, 30(4), pp. 436–442.
 21. Hall, K., Hyde, E., Bassett, D., Carlson, S., Carnethon, M., Ekelund, U., Evenson, K., Galuska, D., Kraus, W., Lee, I., Matthews, C., Omura, J., Paluch, A., Thomas, W. in Fulton, J., 2020. Systematic review of the prospective association of daily step counts with risk of mortality, cardiovascular disease, and dysglycemia. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1).
 22. Heyman, M., Young, V., Fuss, P., Tsay, R., Joseph, L. in Roberts, S. (1992). Underfeeding and body weight regulation in normal-weight young men. *Am J Physiol*. DOI: 10.1152/ajpregu.1992.263.2.R250
 23. Hill, J., Wyatt, H. in Peters, J. (2013). The Importance of Energy Balance. *Eur Endocrinol*, 9(2), 111–115. DOI: 10.17925/EE.2013.09.02.111
 24. Hughes, D., Ellefsen, S. in Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harb Perspect Med*, 8(6). DOI: 10.1101/cshperspect.a029769
 25. Joyner, M. in Coyle, E. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*, 586(1), 35–44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
 26. Jiang, C., Ranganathan, V., Siemionow, V. in Yue, G. (2017). The level of effort, rather than muscle exercise intensity determines strength gain following a six-week training. *Life Sci*, 178, 30–34. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2017.04.003>
 27. Karavirta, L., Rantalainen, T., Skantz, H., Lisko, I., Portegijs, E. in Rantanen, T. (2020). Individual Scaling of Accelerometry to Preferred Walking Speed in the Assessment of Physical Activity in Older Adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 75(9). DOI: 10.1093/gerona/glaa142
 28. Kotz, C. in Levine, J. (2005). Role of nonexercise activity thermogenesis (NEAT) in obesity. *Minnesota Medicine*, 88(9), 54–57.
 29. Langhammer, B., Bergland, A. in Rydwick, E. (2018). The Importance of Physical Activity Exercise among Older People. *Biomed Res Int*. <https://doi.org/10.1155/2018/7856823>
 30. Larsen, J., Dela, F., Madsbad, S. in Galbo, H. (1999). The effect of intense exercise on postprandial glucose homeostasis in type II diabetic patients. *Diabetologia*, 42(11), 1282. <https://doi.org/10.1007/s001250051440>
 31. Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salvati, L., Lee, Y., Thompson, W., Kirkland, J. in Sandri, M. (2019). Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function. *Physiol Rev*, 99(1), 427–511. <https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017>
 32. Levine, J., Schleusner, S. in Jensen, M. (2000). Energy expenditure of nonexercise activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(6), 1451–1454. <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.6.1451>
 33. Levine, J. (2002). 'Non-exercise activity thermogenesis (NEAT). *Best Practice & Research, Clinical Endocrinology & Metabolism*, 16, (4), pp. 679–702.
 34. Levine, J. (2004). 'Nonexercise activity thermogenesis (NEAT): environment and biology'. *AJP: Endocrinology and Metabolism*, 286, (5), pp. E675–E685.
 35. Leibel, R., Rosenbaum, M. in Hirsch, J. (1995). 'Changes in Energy Expenditure Resulting from Altered Body Weight'. *New England Journal of Medicine*, 332, (10), pp. 621–628.
 36. Lexell, J. (1995). Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 10.1093/gerona/50a.special_issue.11
 37. Loprinzi, P., Smit, E. in Mahoney, S. (2014). Physical activity and dietary behavior in US adults and their combined influence on health. *Mayo Clin Proc*, 89(2), 190. DOI: 10.1016/j.mayocp.2013.09.018
 38. Hardman, A. (1998). Training effects of short and long bouts of brisk walking in sedentary women. *Med Sci Sports Exerc*, 30(1), 152. DOI: 10.1097/00005768-199801000-00021
 39. Nishida, Y., Tanaka, S., Nakae, S., Yamada, Y., Morino, K., Kondo, K., Nishida, K., Ohji, A., Kurihara, M., Sasaki, M., Ugi, S., Maegawa, H.,

- Ebine, N., Sasaki, S. in Katsukawa, F. (2020). Validity of the Use of a Triaxial Accelerometer and a Physical Activity Questionnaire for Estimating Total Energy Expenditure and Physical Activity Level among Elderly Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: CLEVER-DM Study. *Nutr Metab*, 76(1), 62–72. <https://doi.org/10.1159/000506223>
40. Marquez, D., Aguiñaga, S., Vázquez, P., Connroy, D., Erickson, K., Hillman, C., Stillman, C., Ballard, R., Sheppard, B., Petruzzello, S., King, A. in Powell, K. (2020). A systematic review of physical activity and quality of life and well-being. *Transl Behav Med*, 10(5), 1098–1109. DOI: 10.1093/tbm/ibz198
41. Oliveira, J., Pinheiro, M., Fairhall, N., Walsh, S., Franks, T., Kwok, W., Bauman, A. in Sherrington, C. (2020). Evidence on Physical Activity and the Prevention of Frailty and Sarcopenia Among Older People: A Systematic Review to Inform the World Health Organization Physical Activity Guidelines. *J Phys Act Health*, 17(12), 1247–1258. DOI: 10.1123/jpah.2020-0323
42. Paixão, C., Dias, C. M., Jorge, R., Carraça, E. V., Yannakoulia, M., de Zwaan, M., Soini, S., Hill, J. O., Teixeira, P. J. in Santos, I. (2020). Successful weight loss maintenance: A systematic review of weight control registries. *Obes Rev*, 21(5). DOI: 10.1111/obr.13003
43. Paluch, A., Bajpai, S., Bassett, D., Carnethon, M., Ekelund, U., Evenson, K., Galuska, D., Jefferis, B., Kraus, W., Lee, I., Matthews, C., Omura, J., Patel, A., Pieper, C., Rees-Punia, E., Dallmeier, D., Klenk, J., Whincup, P., Dooley, E., Pettee Gabriel, K., Palta, P., Pompeii, L., Chernofsky, A., Larson, M., Vasani, R., Spartano, N., Ballin, M., Nordström, P., Nordström, A., Andersson, S., Hansen, B., Cochrane, J., Dwyer, T., Wang, J., Ferrucci, L., Liu, F., Schrack, J., Urbanek, J., Saint-Maurice, P., Yamamoto, N., Yoshitake, Y., Newton, R., Yang, S., Shiroma, E. in Fulton, J. (2022). Daily steps and all-cause mortality: a meta-analysis of 15 international cohorts. *The Lancet Public Health*, 7(3), pp. e219–e228.
44. Phillips, B., Williams, J., Greenhaff, P., Smith, K. in Atherton, P. (2017). Physiological adaptations to resistance exercise as a function of age. *JCI Insight*, 2(17). <https://doi.org/10.1172/jci.insight.95581>
45. Piaggi, P. (2019). 'Metabolic Determinants of Weight Gain in Humans', *Obesity*, 27, (5), pp. 691–699.
46. Picorelli, A., Pereira, L., Pereira, D., Felício, D. in Sherrington, C., 2014. Adherence to exercise programs for older people is influenced by program characteristics and personal factors: a systematic review. *Journal of Physiotherapy*, 60(3), pp. 151–156.
47. Pozo-Cruz, J., Irazusta, J., Rodriguez-Larrad, A., Alfonso-Rosa, R., Álvarez-Barbosa, F., Ramirez, A., Ferreira, S., Rezola-Pardo, C. in Del, B. (2022). Replacing Sedentary Behavior With Physical Activity of Different Intensities: Implications for Physical Function, Muscle Function, and Disability in Octogenarians Living in Long-Term Care Facilities. *J Phys Act Health*, 19(5), 329–338. DOI: 10.1123/jpah.2021-0186
48. Raguso, C., Kyle, U., Kossovsky, M., Roynette, C., Paoloni-Giacobino, A., Hans, D., Genton, L. in Pichard, C. (2006). A 3-year longitudinal study on body composition changes in the elderly: Role of physical exercise. *Clinical Nutrition*, 25(4), pp. 573–580.
49. Romieu, I., Dossus, L., Barquera, S., Blottière, H. M., Franks, P. W., Gunter, M., Hwalla, N., Hursting, S. D., Leitzmann, M., Margets, B., Nishida, C., Potischman, N., Seidell, J., Stepien, M., Wang, Y., Westterterp, K., Winichagoon, P., Wiseman, M. in Willett, W. C. (2017). Energy balance and obesity: what are the main drivers? *Cancer Causes Control*, 28(3), 247–258. DOI: 10.1007/s10552-017-0869-z
50. Rosenbaum, M. in Leibel, R. (2012). Adaptive thermogenesis in humans. *Dtsch Med Wochenschr*, 137(43), 2223. <https://doi.org/10.1038/dm.2010.184>
51. Ryan, D. H. in Yockey, S. (2017). Weight Loss and Improvement in Comorbidity: Differences at 5%, 10%, 15%, and Over. *Curr Obes Rep*, 6(2), 187–194. DOI: 10.1007/s13679-017-0262-y
52. Schosserer, M., Grillari, J., Wolfrum, C. in Scheideler, M., 2017. Age-Induced Changes in White, Brite, and Brown Adipose Depots: A Mini-Review. *Gerontology*, 64(3), pp. 229–236.
53. Scott, D., Blizzard, L., Fell, J. in Jones, G., 2011. The epidemiology of sarcopenia in community living older adults: what role does lifestyle play? *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 2(3), pp. 125–134.
54. Shook, R., Hand, G., Drenowatz, C., Hebert, J., Paluch, A., Blundell, J., Hill, J., Katzmarzyk, P., Church, T. in Blair, S. (2015). Low levels of physical activity are associated with dysregulation of energy intake and fat mass gain over 1 year. *Am J Clin Nutr*, 102(6), 1332–1338. <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.115360>
55. Suryadinata, R., Wirjatmadi, B., Adriani, M. in Lorensia, A. (2020). Effect of age and weight on physical activity. *J Public Health Res*, 9(2), 1840. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.18>
56. Straight, C., Brady, A. in Evans, E. (2016). Moderate-intensity physical activity is independently associated with lower-extremity muscle power in older women. *Women Health*, 56(8), 871. <https://doi.org/10.1080/03630242.2016.1141828>
57. Stensel, D., Brooke-Wavell, K., Hardman, A., Jones, P. in Norgan, N. (1994). The influence of a 1-year programme of brisk walking on endurance fitness and body composition in previously sedentary men aged 42–59 years. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 68(6), 531. <https://doi.org/10.1007/BF00599525>
58. Tallis, J., Shelley, S., Degens, H. in Hill, C. (2021). Age-Related Skeletal Muscle Dysfunction Is Aggravated by Obesity: An Investigation of Contractile Function, Implications and Treatment. *Biomolecules*, 11(3), 372. <https://doi.org/10.3390/biom11030372>
59. Trexler, E., Smith-Ryan, A. in Norton, L. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, volume 11 (Article number: 7).
60. Varkevisser, R., van Stralen, M., Kroeze, W., Ket, J. in Steenhuis, I. (2019). Determinants of weight loss maintenance: a systematic review. *Obes Rev*, 20(2), 171–211. DOI: 10.1111/obr.12772
61. Villablanca, P., Alegria, J., Mookadam, F., Holmes, D., Wright, R. in Levine, J. (2015). Nonexercise activity thermogenesis in obesity management. *Mayo Clin Proc*, 90(4). DOI: 10.1016/j.mayocp.2015.02.001
62. Volpi, E., Nazemi, R. in Fujita, S. (2004). Muscle tissue changes with aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 7(4), 405–410. doi: 10.1097/01.mco.0000134362.76653.b2
63. Warburton, D. in Bredin, S. (2017). Health benefits of physical activity: a systematic review of current systematic reviews. *Curr Opin Cardiol*, 32(5), 541–556. DOI: 10.1097/HCO.0000000000000437
64. Wu, T. in Zhao, Y. (2021). Associations between functional fitness and walking speed in older adults. *Geriatr Nurs*, 42(2), 540–543. <https://doi.org/10.1016/j.gerinurse.2020.10.003>
65. Yoo, S. (2018). 'Dynamic Energy Balance and Obesity Prevention', *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*, 27, (4), pp. 203–212.

prof. dr. Nejc Šarabon
Univerza na Primorskem,
Fakulteta za vede o zdravju
nejc.sarabon@fvz.upr.si