

VAIN YKSI VOIMAHARJOITUS VIIKOSSA RIITTÄÄ TOIMINTAKYVYN YLLÄPITÄMISEEN IKÄÄNTYNEILLÄ

Jaakko Forssell, LitM, Jyväskylän yliopisto/Liikuntatieteellinen tiedekunta. Seminaarinkatu 15, 40014 Jyväskylän yliopisto. P. 045-1823 525. Sähköposti: jaakko.j.forssell@gmail.com (yhteyshenkilö).
Simon Walker, LitT, Jyväskylän yliopisto.

TIIVISTELMÄ

Forssell, J. & Walker, S. 2018. Vain yksi voimaharjoitus viikossa riittää toimintakyvyn ylläpitämiseen ikääntyneillä. Liikunta & Tiede 55 (1), 98–104.

■ Tutkimuksella selvitimme, parantaako voimaharjoittelu iäkkäiden toimintakykyä, ja onko harjoitusmäärillä vaikutusta toimintakyvyn muutoksiin. Tutkimukseen osallistui 106 koehenkilöä (65–75 v.), jotka satunnaistettiin neljään ryhmään: 1x/vko (H1, n=26), 2x/vko (H2, n=27) ja 3x/vko (H3, n=28) harjoitteleviin ja kontrolliryhmään (K, n=25). Ensimmäisen kolmen kuukauden ajan kaikki harjoitteluryhmät voimaharjoittelivat valvotusti kahdesti viikossa (H, n=81), jonka jälkeen ryhmät harjoittelivat kuusi kuukautta (3 kk–9 kk) nimensä mukaisesti kerran, kahdesti tai kolmesti viikossa. Koehenkilöille suoritettiin testit 0 kk, 3 kk ja 9 kk. Toimintakykyä testattiin etuperinkävelyllä (E), takaperinkävelyllä (T), penkiltä nousulla (TUG), sekä porrassousulla (P). Jalkojen voimantuottoa mitattiin dynaamisessa jalkaprässissä yhden toiston maksimitestillä (IRM).

Ensimmäisen 3kk aikana sekä H- että K-ryhmä paransivat tuloksiaan lähes kaikissa kävelytesteissä, mutta kävelyn kokonaisajan muutos oli suurempaa H-ryhmällä (H: $-6,9 \pm 5,4\%$, K: $-4,0 \pm 4,9\%$, $p < 0,05$). Ensimmäisen 3kk aikana vain H-ryhmä paransi IRM tulostaan (H: $12,2 \pm 8,3\%$, K: $1,1 \pm 4,7\%$, $p < 0,05$). Aikavälillä 3 kk–9 kk kävelytesteissä havaittiin parannusta kävelyn kokonaisajassa H1- ($-4,3 \pm 4,7\%$), H2- ($-2,9 \pm 3,4\%$), ja H3- ($-4,9 \pm 5,1\%$) -ryhmissä kontrolliryhmään nähden ($0,3 \pm 5,1\%$, $p < 0,05$). IRM-testin 0 kk–9 kk välisen muutoksen havaittiin negatiivisesti korreloivan TUG-testin muutosprosentin kanssa tarkasteltaessa kaikkia harjoitteluryhmiin kuuluneita henkilöitä ($r = -0,256$, $p = 0,025$).

Keskeisin löydös oli, että vain yksi voimaharjoitus viikossa riitti ylläpitämään toimintakykyä ikääntyvillä. Voimaharjoittelun positiivinen vaikutus toimintakykyyn selittyi todennäköisesti useilla fyysisillä, psyykkisillä ja sosiaalisilla tekijöillä. Jalkojen maksimivoiman itsenäisen selitysosuus toimintakyvyn parantumisesta voimaharjoittelussa oli verrattain pieni, mutta harjoitusfrekvenssi oli yhteydessä lihasvoiman parantumiseen. Näin ollen jopa yksi jalkoihin kohdistuva voimaharjoitus viikossa auttaa ylläpitämään ikääntyneiden toimintakykyä.

Avainsanat: ikääntyminen, kävelytesti, TUG, suorituskyky, voima, harjoitusfrekvenssi

ABSTRACT

Forssell, J. & Walker, S. 2018. Only once a week performed strength training session is enough to maintain the functional capacity in older individuals. Liikunta & Tiede 55 (1), 98–104.

■ The study determined whether functional capacity can be enhanced by strength training in older adults, and if training frequency affects the adaptations in functional capacity. The current study involved 106 subjects (65–75y), who were randomized into four groups: 1x/wk (H1, n=26), 2x/wk (H2, n=27) and 3x/wk (H3, n=28) training groups, and control group (K, n=25). For first three months all training groups performed supervised strength training twice a week (H, n=81). After that, all training groups continued training with the amount they were initially assigned to, once, twice, or three times a week, for six months (from month 3 to 9). Measurements were conducted at months 0, 3 and 9. Functional capacity tests were forward walking (E), backward walking (T), timed-up-and-go (TUG), and loaded stair climbing (P). Leg strength was measured by a dynamic leg press one-repetition maximum test (IRM).

After 3 months, both H- and K-group improved in almost every walking test, but the change in total walking time was greater in H-group (H: $-6,9 \pm 5,4\%$, K: $-4,0 \pm 4,9\%$, $p < 0,05$). After 3 months, only H-group had improved in IRM (H: $12,2 \pm 8,3\%$, K: $1,1 \pm 4,7\%$, $p < 0,05$). From month 3 to 9 there were improvements in total walking time in H1- ($-4,3 \pm 4,7\%$), H2- ($-2,9 \pm 3,4\%$), and H3- ($-5,0 \pm 5,1\%$) -groups, compared to K-group ($0,3 \pm 5,1\%$, $p < 0,05$). The changes in IRM from month 0 to 9 negatively correlated with the changes in TUG-test when combining all training groups ($r = -0,256$, $p = 0,025$).

The main finding in the study was that only once a week performed strength training session was enough to maintain the functional capacity in older individuals. The positive effect of strength training was probably explained by multiple physical, mental and social factors. Individually maximum strength explained only a minimal part of the improvements in functional capacity due to strength training, but the training frequency seems to be related to improvements in strength levels. Thus, it seems that only once a week performed strength training session for legs helps to maintain the functional capacity in older individuals.

Keywords: aging, walking test, TUG, physical performance, strength, training frequency

JOHDANTO

Ikääntyminen aiheuttaa niin rakenteellisia kuin toiminnallisia muutoksia ihmisessä, jotka voimistuvat 50:stä ikävuodesta lähtien (von Haehling ym. 2010). Nämä fysiologiset muutokset saavat aikaan mm. lihaskatoa, rasvamassan lisääntymistä, luuntiheyden laskua, maksimaalisen voiman ja hapenottokyvyn laskua (Palmer ym. 2006; Chodzko-Zajko ym. 2009; Saini ym. 2009; Keller & Engelhardt 2013). Näistä tekijöistä johtuen ikääntyessään ihmisen toimintakyky laskee ja mm. kaatumisista aiheutuva loukkaantumisriski kasvaa (Fiatarone ym. 1990; Chodzko-Zajko ym. 2009; Cadore ym. 2013).

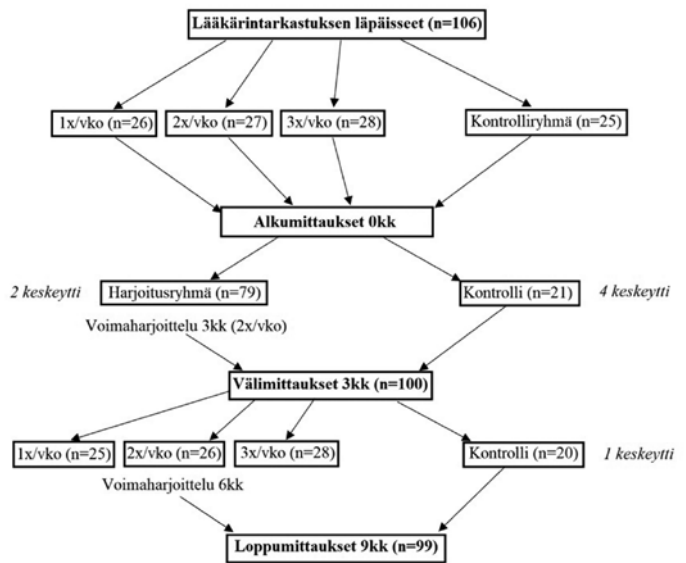
Yksi suurimmista ikääntymisen aiheuttamista ongelmista on voiman ja lihasmassan väheneminen (Proctor ym. 1998; Cadore ym. 2013; Saini ym. 2009). Lisäksi vähentynyt lihasmassa useimmiten korvaantuu rasvamassalla (Proctor ym. 1998; Cadore ym. 2013). Ikääntymisestä johtuva lihaskato, sarkopenia, johtaa sekä lihasyyden määrän, että koon laskuun, mikä edelleen johtaa heikentyneeseen maksimaaliseen voimaan, tehoon ja voimantuottonopeuteen (Saini ym. 2009; Aagaard ym. 2010). Jalkojen lihasmassan onkin raportoitu laskevan 50 ikävuodesta lähtien vuosittain 1–2 prosenttia ja maksimaalisen voiman 1,5–5 prosenttia (Goodpaster ym. 2006; Frontera ym. 2000; von Haehling ym. 2010; Marcell ym. 2014). Tämä näkyy pidemmällä aikavälillä huomattavana muutoksena, sillä jalkojen lihasmassan on raportoitu pienentyneen ikävuosien 20 ja 80 välillä jopa 35–40 prosenttia (Proctor ym. 1998), ja maksimaalisen voiman 20–40 prosenttia (Doherty 2003). Lihasen poikkipinta-alan lasku voi johtua osittain liikunta-aktiivisuuden laskusta (Cadore ym. 2013), mutta jo ikääntyminen itsessään aiheuttaa lihaskatoa ja suorituskyvyn laskua (Ojanen ym. 2007).

Ikääntyneiden toimintakyvyn seurannassa erilaisten askellus- ja kävelytestien on todettu toimivan kohtalaisen hyvin toimintakyvyn ja eliniän ennustajana (Maki 1997; Hausdorff ym. 2001; Vergheze ym. 2006; Vergheze ym. 2007; Abellan van Kan ym. 2009; Vergheze ym. 2009; Studenski ym. 2011; Donoghue ym. 2014; Studenski 2009), ja kyseisten testitulosten heikkenevän ikääntymisen myötä (Vergheze ym. 2006; Callisaya ym. 2008; Callisaya ym. 2010; Ko ym. 2011). Tämän estämiseksi voimaharjoittelun vaikutuksia ikääntyneiden toimintakykyyn on tutkittu paljon. Voimaharjoittelulla voidaan parantaa maksimaalista (Fiatarone ym. 1990; Verfaillie ym. 1997; Cadore ym. 2013) ja nopeaa voimantuottoa (Caserotti ym. 2008). Jalkojen ojentajalihasvoiman on todettu korreloivan toimintakyvyn kanssa (Fiatarone ym. 1990; Bassey ym. 1992), ja voimaharjoittelulla on saavutettu merkittäviä parannuksia iäkkäiden toimintakyvyssä (Fiatarone ym. 1990; Verfaillie ym. 1997; Raso ym. 2012; Cadore ym. 2013; Taaffe ym. 1999; Silva ym. 2014).

ACSM:n mukaan (Garber ym. 2011) ikääntyneiden tulisi lihas- ja keuhko- ja sydänharjoitella ainakin kahdesti viikossa. Harjoitusmäärien vaikutusta toimintakykyyn on kuitenkin tutkittu varsin vähän. Silva ym. (2014) esittävät meta-analyyssissään, että ikääntyneillä ainut voimaharjoittelusta johtuvan kehityksen suuruuteen vaikuttava tekijä olisi harjoituskauden kesto. Lisäksi Taaffe ym. (1999) esittävät tutkimuksessaan, ettei viikottaisella harjoitusmäärällä olisi vaikutusta kehityksen suuruuteen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena olikin selvittää, voidaanko voimaharjoittelulla parantaa iäkkäiden toimintakykyä, ja ennen kaikkea, onko voimaharjoittelun useudella vaikutusta toimintakyvyn muutoksiin.

TUTKIMUSAINESTO JA -MENETELMÄT

Tutkimuksen kulku. Tutkimukseen rekrytoitiin 65–75 vuotiaita perusterveitä vapaaehtoisia miehiä ja naisia Jyväskylältä. Lääkärin- tarkastuksen jälkeen otanta oli 106 koehenkilöä, joista 103 aloitti intervention. Interventiojakson suoritti loppuun 99 koehenkilöä.



KUVA 1. Tutkimuksen kulku. *Toisissa välimittauksissa ei toteutettu kävelytestejä. Ensimmäisen kolmen harjoittelukuukauden aikana projektista putosi kuusi koehenkilöä, ja viimeisen kuuden harjoittelukuukauden aikana yksi.

Koehenkilöillä ei ollut entuudestaan voimaharjoittelutaustaa. Lisäksi heidät luokiteltiin vähän liikkujiin, viikottaisen kestävyysliikunnan määrän jäädessä alle 150 minuuttia.

Alussa koehenkilöt arvottiin tietokoneohjelmistolla satunnaisesti neljään ryhmään: kerran viikossa harjoitteleviin (H1, n=26), kahdesti viikossa harjoitteleviin (H2, n=27), kolmesti harjoitteleviin (H3, n=28), ja kontrolliryhmään (K, n=25), jotka eivät toteuttaneet voimaharjoittelua vaan jatkoivat arkeaan normaalisti. Kuvassa 1 on esitetty tutkimuksen kulkukaavio. Kaikille koehenkilöille suoritettiin samat alkutestit (0 kk), jonka jälkeen kaikki harjoitteluryhmät (H, n=81) toteuttivat voimaharjoittelua kolmen kuukauden ajan kahdesti viikossa. Harjoitusjakson jälkeen kaikille koehenkilöille suoritettiin samat testit kuin tutkimuksen alussa (3 kk). Näiden testien jälkeen harjoitteluryhmät jatkoivat harjoittelua alkuperäisen jaon mukaisesti, kerran, kahdesti tai kolmesti viikossa. Kontrolliryhmä pysyi muuttumattomana. Kuvaukset koehenkilöryhmistä on esitetty taulukossa 1. Tutkimuksen päätyttyä koehenkilöt suorittivat kaikki samat testit kuin alussa (9 kk). Kaikki testit suoritettiin samaan vuorokaudenaikaan (± 2 tuntia).

Henkilökohtaisista syistä tai loukkaantumisista johtuen seitsemän koehenkilöä joutui keskeyttämään tutkimuksen, eikä kaikilta koehenkilöiltä ei kyetty mittaamaan kaikkia muuttujia kaikissa testeissä. Kerätty aineisto on osa laajempaa tutkimusta, ja keskittyy vain edellä mainittuihin muuttujiin. Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on antanut tutkimukselle puoltavan lausunnon.

Toimintakyvyn testit. Toimintakyvyn testit sisälsivät neljä kävelytestiä: 1) Etuperin 7,5 m kävely (E), 2) Takaperin 7,5 m kävely (T), 3) Penkiltä ylösnousu, 3 m edestakaisin kävely ja takaisin istumaan (Timed-Up-and-Go, TUG), sekä 4) Porrasnousu lisäpainoilla (P). Kaikki kävelytestit suoritettiin mahdollisimman nopeasti, ja niistä kellotettiin valokennojen avulla suoriutuksiin kuluneet ajat. Koehenkilöt saivat ensin harjoitella kaikkia kävelytestejä (etu- ja takaperin kolmesti,

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden sukupuolijakauma, ikä, pituus ja paino ryhmittäin.

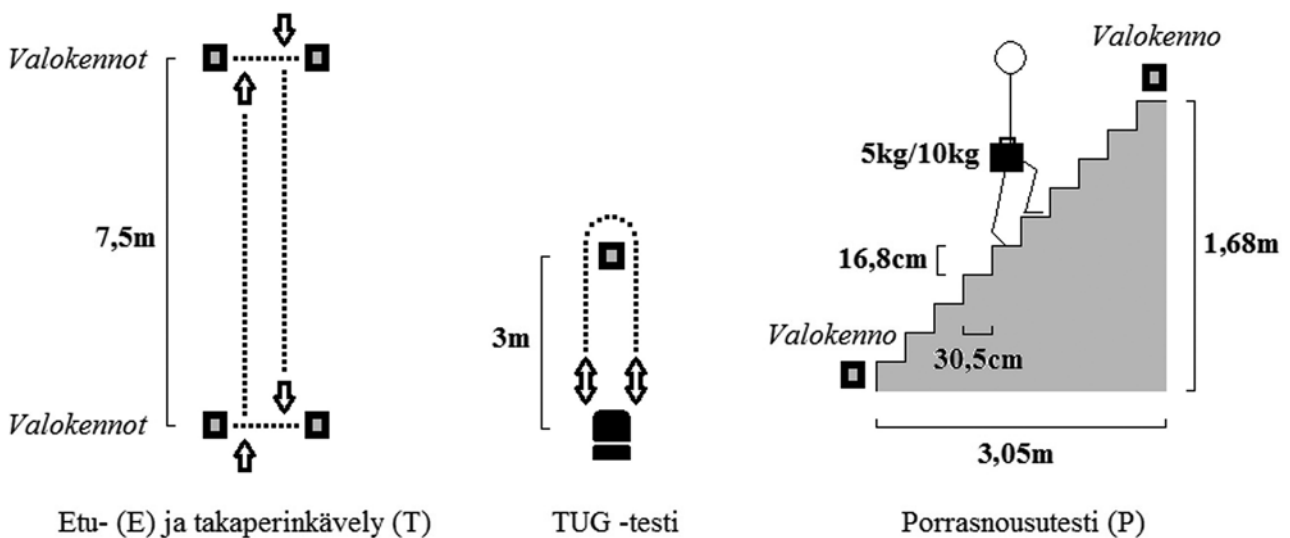
Koehenkilöt ryhmittäin					
Ryhmä	Miehiä (n)	Naisia (n)	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)
H1	11	14	69,8 (±2,5)	166,8 (±8,6)	76,5 (±14,2)
H2	11	15	68,9 (±3,0)	167,9 (±7,2)	80,6 (±13,9)
H3	12	16	69,5 (±2,7)	167,4 (±9,1)	81,5 (±14,5)
K	11	9	69,4 (±2,2)	167,7 (±8,3)	74,3 (±11,0)

TUG ja porrasmous kahdesti), jonka jälkeen he suorittivat viralliset testisuoritukset (etu- ja takaperin, sekä porrasmous kolmesti, TUG kahdesti), joista paras valittiin myöhempää analyysiä varten. Etu- ja takaperinkävelyssä valokennot olivat asetettu 7,5 m etäisyydelle toisistaan, joiden välistä koehenkilöiden tuli kulkea, lähdön tapahtuessa paikaltaan ensimmäisen kennon takaa. Penkiltä nousun yhteydessä koehenkilöt kiersivät 3 m etäisyydellä olevan tolpan ja palasivat istumaan penkille. Penkkiin oli asennettu ajastin, joka käynnistyi koehenkilöiden noustessa penkiltä, ja pysähtyi heidän istuessa takaisin penkille istuma-asentoon selkä kiinni selkänojaan. Penkiltä noustessaan koehenkilöt eivät saaneet ottaa mistään tukea käsillään. Molempien kulkusuuntien parhaat tulokset laskettiin yhteen myöhempää analyysiä varten. Porrasmousussa koehenkilöiden käsistä riippuivat laukunmuotoiset punnuksset, jotka heidän täytyi kantaa mukanaan portaita ylös. Miehillä punnuksset painoivat 10 kg/käsi ja naisilla 5 kg/käsi. Käsivarsien täytyi pysyä suorana koko suorituksen ajan, eli käsillä ei saanut nostaa punnuksia tai ottaa vauhtia. Testin ensimmäinen askel otettiin tasamaalla, jonka jälkeen koehenkilöt nousivat 10 porrasta. Ajat mitattiin valokennojen avulla, ja paras suoritus valittiin myöhempää analyysiä varten. Neljän kävelytestin parhaat ajat laskettiin yhteen kuvastamaan toimintakykyä (kokonaisaika). Kuvassa 2 on havainnollistettu kävelytestien toteutusta.

Jalkojen voimantuotto. Jalkojen ojentajalihasten maksimaalista voimantuottoa (1RM) mitattiin horisontaalisella dynaamisella bilateraalilla jalkaprässillä. Jalkaprässissä mitattiin konsentrista maksimaalista voimantuottoa, koehenkilöiden polvikulman ollessa aloitusasennossa oli noin 70 (68,4±3,5) astetta, joka määritettiin ensimmäisellä testikerralla. Koehenkilöt käyttivät samoja asetuksia

jokaisella testikerralla. Koehenkilöt lämmittelivät jalkaprässissä submaksimaalisilla kuormilla, jonka jälkeen pyrittiin löytämään suurin kuorma, jonka koehenkilö sai vielä nostettua. Kuormaa nostettiin aina onnistuneen noston jälkeen, kunnes koehenkilö ei enää kyennyt nostamaan kuormaa. Nostojen välissä pidettiin puolentoista minuutin (1,5 min) tauot, ja ylös kirjattiin suurin noussut kuorma 1,25 kg:n tarkkuudella.

Harjoittelu. Jokainen harjoituskerta oli valvottu koulutetun ohjaajan toimesta. Koehenkilöt harjoittelivat noin 10 hengen ryhmissä. Kehityksen varmistamiseksi ohjaajat kannustivat koehenkilöitä, ja harjoittelun etenemistä seurattiin harjoituspäiväkirjojen avulla. Harjoittelu sisälsi voimaharjoittelua koko vartalolle, pääpainon ollessa jalkojen, erityisesti jalkojen ojentajalihasten, harjoittelussa. Ensimmäisen kolmen kuukauden tavoitteena oli kehittää koehenkilöiden lihaskestävyyttä ja totuttaa heitä voimaharjoitteluun yleisesti, jolloin harjoittelu koostui pääosin laitteilla suoritettavista liikkeistä. Jalkojen voimaharjoitteluliikkeinä tällä jaksolla toimivat mm. jalkaprässi, polven ojennus, polven koukistus, ja pohjenousu -laitteet. Viimeisen kuuden kuukauden harjoittelu tähtäsi lihaskasvun, maksimivoiman ja nopeusvoiman kehittämiseen. Viimeisen kolmen kuukauden aikana harjoitusohjelma sisälsi myös vapailla painoilla suoritettavia liikkeitä. Tällä jaksolla koehenkilöt mm. tekivät jakokykyä, pohjenousua suurin jaloin, maastavetoa käsipainoilla, sekä kyykkäsivät smith-laitteessa. Sarjojen toistomäärät vaihtelivat 4–20 välillä, ja harjoituskaudet olivat lineaariset jaksotettu siten, että harjoituskauden edetessä sarjojen toistomäärät laskivat ja kuormat nousivat. Yhden harjoituskerran kesto oli noin tunti. Voimaharjoittelun jaksottamista on havainnollistettu taulukossa 2.



KUVA 2. Kävelytestit: Etuperinkävely (E), Takaperinkävely (T), TUG-testi ja porrasmousutesti (P).

TAULUKKO 2. Harjoittelun ohjelmointi. Taulukossa on kuvattu kunkin harjoituskauden harjoittelun tavoitteet, sarja- ja toistomäärät, harjoittelussa käytetty kuorma, sekä sarjojen väliset palautukset. *Kuorma kuvastaa harjoittelussa käytetyn kuorman tavoitteellista prosentuaalista osuutta yksilön yhden toiston maksimista (1RM). **Palautukset kuvastavat sarjojen välisiä palautusaikoja. Liikkeiden vaihtuessa ei pidetty taukoja.

Kuukausi	Harjoittelun päätaavoite	Sarjat	Toistot	Kuorma (%1RM)*	Palautukset**
1	Kestovoima	2	16–20	40–60	1 min
2	Kestovoima	2–3	14–16	40–60	30s/2–4 min
3	Kestovoima	2–3	15	40–60	Ei lepoa/1 min
4	Hypertrofia	2–3	10–12	60–75	2 min
5	Hypertrofia	2–4	8–10	75–85	1–2 min
6	Maksimivoima	2–4	4–6	85–90	2–3 min
7	Hypertrofia	3–4	8–12	60–85	1–2 min
8	Maksimivoima	3–5	4–6	85–90	2–4 min
9	Nopeusvoima	4	6–8	30–80	3 min

Tilastolliset menetelmät. Tulosten keskiarvot- ja hajonnat laskettiin perinteisin tilastollisin menetelmin. Datan normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro-Wilk -testillä. Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin sekä toistomittausten varianssianalyysillä että yksisuuntaisella varianssianalyysillä bonferroni-korjausta käyttäen, sekä riippumattomien otosten T-testillä. Tulosten väliset korrelaatiot tarkastettiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Tilastollisen merkitsevyyden raja asetettiin $p < 0,05$. Kaikki tilastoajat suoritettiin IBM SPSS Statistics v.20 -tilastoanalyysiohjelmalla.

TULOKSET

Ensimmäisen 3 kuukauden tulokset:

Alkutesteissä kontrolliryhmän (K) etuperinkävely- ja TUG-testien sekä kävelyn kokonaisajat olivat merkitsevästi nopeammat kuin harjoitusryhmän (H). Ensimmäisen kolmen kuukauden aikana sekä harjoitusryhmä (H) että kontrolliryhmä (K) paransivat toimintakykyään merkitsevästi. Myös kontrolliryhmän (K) 3 kk testien kävelyn kokonaisaika oli merkitsevästi nopeampi kuin harjoitusryhmän (H). Yksittäisten kävelytestien muutoksissa ei havaittu tilastollisesti mer-

kitseviä eroja ryhmien välillä. Kuitenkin kävelytestien kokonaisajan muutos oli tilastollisesti merkitsevästi suurempaa harjoitusryhmällä. Lisäksi harjoitusryhmän havaittiin kehittyneen merkitsevästi dynaamisen jalkaprässin 1RM-testissä kontrolliryhmään verrattuna. (Taulukko 3.)

Tulokset aikavälillä 3 kuukautta–9 kuukautta:

Kerran viikossa harjoittelua jatkanut harjoitusryhmä (H1) paransi tilastollisesti merkitsevästi TUG-testissä ja kävelyn kokonaisajassa ensimmäisten välimittausten (3 kk) ja loppumittausten (9 kk) välillä kontrolliryhmään nähden. Kahdesti viikossa harjoittelua jatkanut harjoitusryhmä (H2) paransi tilastollisesti merkitsevästi porrasnousutestissä ja kävelyn kokonaisajassa kontrolliryhmään nähden. Myös kolmesti viikossa harjoittelua jatkanut harjoitusryhmä (H3) paransi tilastollisesti merkitsevästi takaperinkävely- ja porrasnousutestissä, sekä kävelyn kokonaisajassa kontrolliryhmään nähden. (Taulukko 4.)

Ensimmäisen välimittauksen (3 kk) ja loppumittausten (9 kk) välillä kaikki harjoitusryhmät (H1, H2 ja H3) paransivat dynaamisen jalkaprässin 1RM-testissä kontrolliryhmään nähden. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 3. Harjoitus- (H) ja kontrolliryhmän (K) kävelytestien aikojen ja dynaamisen jalkaprässin 1RM-testien keskiarvot ja -hajonnat alku- (0 kk) ja ensimmäisissä välimittauksissa (3 kk), sekä kyseisten mittausten välisen muutosprosentin keskiarvot ja -hajonnat.

	Etuperin (s)	Takaperin (s)	TUG (s)	Porrasnousu (s)	Kokonaisaika (s)	1RM (kg)
H						
0 kk	3,00 ± 0,52*	4,31 ± 1,38	9,36 ± 1,48*	3,42 ± 0,75	20,04 ± 3,83*	111 ± 35
3 kk	2,86 ± 0,47	3,78 ± 1,05	8,74 ± 1,21	3,22 ± 0,64	18,55 ± 3,14*	123 ± 34
Muutos (%)	-4,2 ± 7,5	-10,8 ± 10,7	-6,2 ± 6,0	-5,2 ± 6,5	-6,9 ± 5,4*	12,2 ± 8,3*
K						
0 kk	2,73 ± 0,41	3,66 ± 0,81	8,63 ± 0,77	3,09 ± 0,43	17,49 ± 3,50	121 ± 29
3 kk	2,68 ± 0,40	3,46 ± 0,69	8,39 ± 0,79	3,03 ± 0,43	16,93 ± 3,44	122 ± 30
Muutos (%)	-2,8 ± 8,4	-5,6 ± 9,9	-3,9 ± 4,1	-2,6 ± 4,3	-4,0 ± 4,9	1,1 ± 4,7

TAULUKKO 4. Harjoitusryhmien (H1, H2, H3) kävelytestien aikojen keskiarvot ja -hajonnat ensimmäisissä välimittauksissa (3 kk) ja loppumittauksissa (9 kk), sekä kyseisten mittausten välisen muutosprosentin keskiarvot ja -hajonnat.

		Etuperin (s)	Takaperin (s)	TUG (s)	Porrasnousu (s)	Kokonaisaika (s)
H1	3 kk	2,91 ± 0,50	3,60 ± 0,91	8,82 ± 1,18	3,24 ± 0,70	18,57 ± 3,02
	9 kk	2,73 ± 0,54	3,45 ± 0,90	8,48 ± 1,30	3,16 ± 0,76	17,82 ± 3,32
	Muutos (%)	-6,5 ± 8,0	-3,9 ± 11,6	-4,0 ± 4,1*	-2,5 ± 5,6	-4,3 ± 4,7*
H2	3 kk	2,69 ± 0,46	3,66 ± 1,16	8,61 ± 1,42	3,17 ± 0,66	18,13 ± 3,55
	9 kk	2,58 ± 0,38	3,53 ± 0,99	8,56 ± 1,19	3,05 ± 0,59	17,73 ± 3,02
	Muutos (%)	-4,3 ± 5,8	-3,8 ± 8,2	-1,3 ± 4,1	-4,3 ± 4,5*	-2,9 ± 3,4*
H3	3 kk	2,97 ± 0,43	4,06 ± 1,05	8,79 ± 1,08	3,25 ± 0,59	18,92 ± 2,95
	9 kk	2,82 ± 0,42	3,76 ± 1,03	8,54 ± 1,06	3,04 ± 0,46	17,92 ± 2,45
	Muutos (%)	-4,8 ± 6,3	-7,1 ± 9,1*	-2,7 ± 6,1	-4,1 ± 5,1*	-4,9 ± 5,1*
K	3 kk	2,68 ± 0,41	3,46 ± 0,71	8,39 ± 0,82	3,03 ± 0,44	16,93 ± 3,54
	9 kk	2,56 ± 0,43	3,48 ± 0,85	8,33 ± 0,84	3,02 ± 0,49	16,81 ± 3,58
	Muutos (%)	-2,0 ± 7,7	2,5 ± 17,1	0,3 ± 4,5	0,4 ± 5,2	0,3 ± 5,1

TAULUKKO 5. Harjoitusryhmien (H1, H2 ja H3) ja kontrolliryhmän (K) dynaamisen jalkaprässin 1RM -testien tulosten keskiarvot ja -hajonnat ensimmäisissä (3 kk) ja toisissa välimittauksissa (6 kk), sekä loppumittauksissa (9kk), ja kyseisten mittauskertojen välisten muutosprosenttien keskiarvot ja -hajonnat.

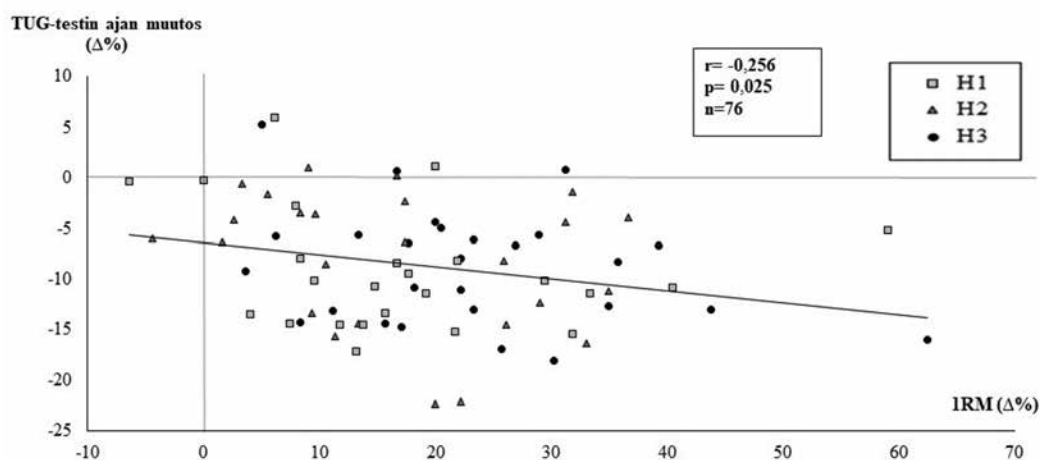
	3 kk (kg)	9 kk (kg)	3-9 kk (Δ%)
H1	116 ± 35	119 ± 36	2,6 ± 7,8*
H2	126 ± 33	132 ± 32	5,4 ± 5,3***
H3	125 ± 32	135 ± 34	8,5 ± 6,8***
K	122 ± 30	119 ± 30	-3,1 ± 6,2

Jalkojen voimantuoton ja toimintakyvyn muutosten suhde:

Dynaamisen jalkaprässin alku- (0 kk) ja loppumittauksien (9 kk) välisen muutosprosentin havaittiin korreloivan käänteisesti TUG-testin muutosprosentin kanssa harjoitteluryhmiin kuuluvilla henkilöillä. Kuvassa 3 on kuvattu edellä mainittujen muutosprosenttien välistä korrelaatioita.

POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen keskeisin löydös oli, että vain yksi voimaharjoitus viikossa riitti ylläpitämään toimintakykyä ikääntyvillä. Voimaharjoittelun positiivinen vaikutus selittyi todennäköisesti useilla fyysisillä, psyykkisillä ja sosiaalisilla tekijöillä. Jalkojen maksimivoiman itsenäi-



KUVA 3. Dynaamisen jalkaprässin 1RM -testien muutosten ja TUG -testien muutosten välinen korrelaatio alku- (0 kk) ja loppumittauksien (9 kk) välillä kaikilla voimaharjoitteluryhmiin kuuluneilla henkilöillä (n=76).

nen selitysosuus toimintakyvyn parantumisesta voimaharjoittelussa oli verrattain pieni, mutta harjoitusfrekvenssi oli yhteydessä lihasvoiman parantumiseen.

Kontrolliryhmä oli alussa toimintakyvyllisesti merkitsevästi harjoitusryhmää paremmassa kunnossa. Harjoittelu- ja kontrolliryhmät jaettiin satunnaisesti ennen alkutestejä, joten ryhmien välinen ero toimintakyvyssä on epäonnekas sattuma. Tällä on kuitenkin voinut olla hieman vaikutusta saatuihin tuloksiin. Myös kontrolliryhmän suhteellisesti hieman suurempi osuus miehiä on voinut vaikuttaa kontrolliryhmän hieman parempaan toimintakykyyn alkutesteissä. Harjoitteluryhmä paransi odotetusti jalkojen voimatasoja ensimmäisen kolmen kuukauden aikana. Lisäksi harjoitteluryhmän kehitys toimintakyvyn testeissä todettiin tilastollisesti merkitsevästi suuremmaksi kuin kontrolliryhmän, ja ryhmien välinen ero toimintakyvyssä kaventui jo ensimmäisen kolmen kuukauden aikana. Parannus toimintakyvyn testeissä johtuneen ainakin osittain aktiivisuuden noususta, ja harjoitusryhmässä myös parantuneista jalkojen voimatasoista. Myös oppimisella saattaa olla vaikutusta testien tuloksiin. Tulokset tukevat aikaisempaa näyttöä siitä, että voimaharjoittelulla voidaan parantaa ikääntyneiden toimintakykyä ja voimaa (Fiatarone ym. 1990; Verfaillie ym. 1997; Cadore ym. 2013).

Dynaamisen jalkaprässin ja TUG-testin korrelaatioista voidaan kuitenkin huomata, että yksilölliset erot harjoitusvasteissa ovat varsin suuret. Tämä tarkoittaa, että harjoittelu kerran viikossa on ollut toisille riittävää jopa aikaansaamaan kehitystä myös jalkojen voimatasoissa, ja kyseinen kehitys on ollut yhteydessä parantuneeseen toimintakykyyn. Toisaalta kerran viikossa suoritettu voimaharjoittelu taas ei tuottanut systemaattista kehitystä voimatasoissa kaikilla yksilöillä. Sama näyttäisi pätevän suuremmillakin harjoitusmäärillä.

ACSM:n mukaan (Garber ym. 2011) iäkkäiden tulisi harrastaa lihaskuntoharjoittelua kahdesti viikossa ja ylläpitää lihasvoimaa yhdellä harjoituksella viikossa. Tämä tutkimus tukee ACSM:n suosituksia. Tämä kuitenkin poikkeaa Taaffen ym. (1999) tuloksista, heidän tutkimuksen esittäessä samansuuruisia kehitystä toimintakyvyssä kerran, kahdesti ja kolmesti viikossa harjoitelleilla ikääntyneillä. Taaffen ym. tutkimuksessa kuitenkin kaikki koehenkilöt aloittivat suoraan kyseisissä ryhmissä, mikä on voinut osaltaan selittää eroa, sillä kerran viikossa toteutettu voimaharjoittelu on jo lisäys aikaisempaan aktiivisuuteen, kun taas tässä tutkimuksessa harjoitusmäärä laski kahdesta kerrasta yhteen kertaan viikossa.

Jatkunut voimaharjoittelu näyttäisi parantavan iäkkäiden toimintakykyä harjoitusmäärästä riippumatta. Tämä on varsin positiivinen löydös, ja osoittaakin, että varsin vähäinenkin säännöllinen voimaharjoittelu voi jopa kehittää iäkkäiden toimintakykyä. Holviala ym. (2014) havaitsivat tasapainon ja kävelysuorituksen pysyvän yllä vähäisemmällä voimaharjoittelulla. Heidän tutkimuksessaan koehenkilöt harjoittelivat ensin kahdesti viikossa 21 viikon ajan, jonka jälkeen he jatkoivat harjoittelua joko kerran tai kahdesti viikossa toiset 21 viikkoa. Tutkimuksemme tukee tätä tutkimusta, vain kerran viikossa toteutetun voimaharjoittelun jopa parantaessa kävelytestien kokonaisaikaa suhteessa kontrolliryhmään.

Studenski ym. (2011) toteavat meta-analyysissään eliniänodotuksen olevan keskimääräistä pidempi, kun etuperinkävelynopeus on yli 1,0 m/s. Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden keskimääräisen maksimaalinen etuperinkävelynopeus oli jo tutkimuksen alussa 3,50 m/s. Tulee kuitenkin huomioida, että Studenskin ym. meta-analyysissä, kuten useimmissa muissakin tutkimuksissa, koehenkilöitä on pyydetty kävelemään normaalia kävelynopeuttaan, kun taas tässä tutkimuksessa koehenkilöitä ohjeistettiin kävelemään niin nopeasti kuin mahdollista. Bohannonin (1997) tutkimuksessa yli 60-vuotiaiden keskimääräinen maksimaalinen kävelynopeus miehillä oli 1,93 m/s ja naisilla 1,77 m/s. Tämän perusteella tutkimuksen koehenkilöt näyttäisivät olleen jo lähtötasoltaan keskimääräisen hyvässä kunnossa toimintakyvyn osalta.

Tutkimukssessamme myös koehenkilöiden vapaaehtoisuus on voinut johtaa keskimääräistä ikääntyntyttä väestöä toimintakykyisempään aineistoon. Ero on kuitenkin niin suuri, että todennäköisesti suoritustekniikoissa tai kannustuksessa on ollut eroja. Schoene ym. (2013) taas esittivät meta-analyysissään ikääntyneiden mahdollisimman nopeasti suoritettun TUG-testin keskimääräisten kävelyaikojen asettuvan välille 11,0–13,5 s. Tämän tutkimuksen kaikkien ryhmien, myös kontrolliryhmän, alkutestienkin keskimääräiset ajat olivat alle 10 sekuntia. Näyttäisikin siltä, että tutkimukssessamme havaittiin merkittävää parannusta jo ennalta toimintakykyisten ikääntyneiden toimintakyvyssä.

Muutokset jalkojen voimantuotossa korreloivat TUG-testin muutosten kanssa, mikä osoittaa jalkojen maksimivoiman selittävän pieneltä osin toimintakyvyn parantumista myös hyväkuntoisten ikääntyvien keskuudessa. Vastaavaa on havaittu aiemmin huonokuntoisempien ikääntyvien tutkimuksissa (Fiatarone ym. 1990; Bassey ym. 1992). Toisaalta voimantuoton muutos ei korreloinut muiden toimintakyvyn testien muutosten kanssa, joten näyttäisi siltä, että muutokset maksimivoimassa eivät välttämättä ole kovinkaan merkittävä tekijä toimintakyvyn kannalta. Näin ollen voimaharjoittelun toimintakykyä parantavat vaikutukset välittynevät niin fyysisten, psyykkisten kuin sosiaalistenkin tekijöiden välityksellä. Vaikka maksimivoiman ja toimintakyvyn välinen yhteys ei näyttäisi olevan kovinkaan merkitsevä näin hyväkuntoisella otannalla, voi sen merkitys korostua ikääntymisestä johtuvan voiman laskun myötä. Onkin mahdollista, että riittävän maksimivoiman omaavilla ikääntyneillä ei voiman kehitys enää paranna toimintakykyä, mutta heikomman maksimivoiman omaavilla siitä voisi olla hyötyä myös toimintakyvylle.

Näyttäisi siltä, että harjoitusmäärien laskeminen kertaan viikossa riittää ylläpitämään saavutetut voimatasot. Tämä on varsin positiivinen löydös, ja osoittaakin, että varsin vähäisellä harjoittelumäärällä kyetään ylläpitämään hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksia ikääntymisestä huolimatta, ainakin lyhyellä aikavälillä. Tässä tapauksessa tuleekin huomioida tutkimuksen kesto, sillä voimantuoton on todettu laskevan sitä nopeammin, mitä enemmän ikää kertyy (von Haehling ym. 2010), joten tutkimuksen puolen vuoden interventiojako saattaa olla liian lyhyt kertomaan, riittääkö kerta viikossa ylläpitämään voimaominaisuuksia vielä vuosiksi eteenpäin.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että jopa vain yksi voimaharjoitus viikossa riitti ylläpitämään toimintakykyä ikääntyvillä. Jalkojen maksimivoima yksinään selittää kuitenkin vain pienen osan toimintakyvyn parantumisesta hyväkuntoisilla ikääntyvillä. Voimaharjoittelun positiiviset vaikutukset toimintakykyyn ovat monitekijäisiä sisältäen fyysisiä, psyykkisiä ja sosiaalisia ulottuvuuksia. Säännöllisen voimaharjoittelun aloittaminen parantaa iäkkäiden jalkojen ojentajalihas-ten voimatasoja, ja kerran viikossa toteutettu voimaharjoittelu riittää ylläpitämään saavutetun kehityksen. Kuitenkin harjoitusfrekvenssiä nostamalla voidaan edelleen parantaa iäkkäidenkin voimatasoja. Tutkimusten löydökset tukevat aikaisempaa näyttöä voimaharjoittelun hyödyllisyydestä ikäihmisten toimintakyvylle. Tulevaisuudessa olisi tärkeää tutkia, riittääkö kerran viikossa toteutettu voimaharjoittelu ylläpitämään ikäihmisten toimintakykyä pidemmällä aikajaksolla. Lisäksi tärkeää on selvittää, mistä voimaharjoittelun tuoma hyöty toimintakyvylle johtuu, ja miten ikääntyneiden kannattaisi toteuttaa voimaharjoittelua toimintakyvyn optimoimiseksi.

- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson S. P. & Kjaer, M.** 2010. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20, 49–64.
- Abellan van Kan, G., Rolland, Y., Andrieu, S., Bauer, J., Beauchet, O., Bonnefoy, M., Cesari, M., Donini, L.M., Gillette Guyonnet, S., Inzitari, M., Nourhashemi, F., Onder, G., Ritz, P., Salva, A., Visser, M. & Vellas, B.** 2009. Gait speed at usual pace as a predictor of adverse outcomes in community-dwelling older people: an international academy on nutrition and aging (IANA) Task Force. *The Journal of Nutrition, Health and Aging* 13 (10), 881–889.
- Bassey, E.J., Fiatarone, M.A., O'Neill, E.F., Kelly, M., Evans, W.J. & Lipsitz, L.A.** 1992. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science* 82 (3), 321–327.
- Bohannon, R.W.** 1997. Comfortable and maximum walking speed of adults Aged 20–79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing* 26 (1), 15–19.
- Cadore, E.L., Rodríguez-Mañas, L., Sinclair, A. & Izquierdo, M.** 2013. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: A systematic review. *Rejuvenation Research* 16 (2), 105–114.
- Callisaya, M.L., Blizzard, L., Schmidt, M.D., McGinley, J.L. & Srikanth, V.K.** 2008. Sex modifies the relationship between age and gait: A population-based study of older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 63 (2), 165–170.
- Callisaya, M.L., Blizzard, L., Schmidt, M.D., McGinley, J.L. & Skikant, V.K.** 2010. Ageing and gait variability – A population-based study of older people. *Age and Ageing* 39 (2), 191–197.
- Caserotti, P., Aagaard, P., Larsen, J.B. & Puggaard, L.** 2008. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: Changes in rapid muscle force, strength and power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 18 (6), 773–782.
- Chodzko-Zajko, W.J., Proctor, D.N., Fiatarone Singh, M.A., Minson, C.T., Nigg, C.R., Salem, G.J. & Skinner, J.S.** 2009. Exercise and physical activity for older adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (7), 1510–1530.
- Doherty, T.J.** 2003. Invited review: Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology* 95 (4), 1717–1727.
- Donoghue, O.A., Savva, G.M., Cronin, H., Kenny, R.A. & Horgan, N.F.** 2013. Using timed up and go and usual gait speed to predict incident disability in daily activities among community-dwelling adults aged 65 and older. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 95 (10), 1954–1961.
- Fiatarone, M.A., Marks, E.C., Ryan, N.D., Meredith, C.N., Lipsitz, L.A. & Evans, W.J.** 1990. High intensity strength training in nonagenarians. *JAMA* 263 (22), 3029–3034.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatarone, M.A., Evans, W.J. & Roubenoff, R.** 2000. Aging of skeletal muscle: A 12-yr longitudinal study. *Journal of Applied Physiology* 88 (4), 1321–1326.
- Garber, C.E., Blissmer, B., Deschenes, M.R., Franklin, B.A., Lamonte, M.J., Lee, I-M., Nieman, D.C. & Swain, D.P.** 2011. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuro-motor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (7), 1334–1359.
- Goodpaster, B.H., Park, S.W. & Harris, T.B.** 2006. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 61 (10), 1059–1064.
- Hausdorff, J.M., Rios, D.A. & Edelberg, H.K.** 2001. Gait variability and fall risk in community-living older adults: A 1-year prospective study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82 (8), 1050–1056.
- Holviaala, J., Häkkinen, A., Alen, M., Sallinen, J., Kraemer, W. & Häkkinen, K.** 2014. Effects of prolonged and maintenance strength training on force production, walking, and balance in aging women and men. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 24 (1), 224–233.
- Keller, K. & Engelhardt, M.** 2013. Strength and muscle mass loss with aging process. *Age and Strength Loss. Muscle, Ligaments and Tendons Journal* 3 (4), 346–350.
- Ko, S.U., Tolea, M.I., Hausdorff, J.M. & Ferrucci, L.** 2011. Sex-specific differences in gait patterns of healthy older adults: Results from the Baltimore longitudinal study of ageing. *Journal of Biomechanics* 44 (10), 1974–1979.
- Maki, B.E.** 1997. Gait changes in older adults: Predictors of falls or indicators of fear. *Journal of The American Geriatrics Society* 45 (3), 313–320.
- Marcell, T.J., Hawkins, S.A. & Wiswell, R.A.** 2014. Leg strength declines with advancing age despite habitual endurance exercise in active older adults. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (2), 504–513.
- Ojanen, T., Rauhalta, T. & Häkkinen, K.** 2007. Strength and power profiles of the lower and upper extremities in master throwers at different ages. *Journal of Strength & Conditioning Research* 21 (1), 216–222.
- Palmer, I.J., Runnels, E.D., Bemben, M.G. & Bemben, D.A.** 2006. Muscle-bone interactions across age in men. *Journal of Sports Science and Medicine* 5 (1), 43–51.
- Proctor, D.N., Balagopal, P. & Nair, K.S.** 1998. Age-related sarcopenia in humans is associated with reduced synthetic rates of specific muscle proteins. *The Journal of Nutrition* 128 (2), 351–355.
- Raso, V. & D'Andrea Greve, J.M.** 2012. Aerobic or resistance exercise improves performance in activities of daily living in elderly women. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 18 (2), 87–90.
- Saini, A., Faulkner, S., Al-Shanti, N. & Stewart, C.** 2009. Powerful signals for weak muscles. *Ageing Research Reviews* 8 (4), 251–267.
- Schoene, D., Wu, S.M., Mikolaizak, A.S., Menant, J.C., Smith, S.T., Delbaere, K. & Lord, S.R.** 2013. Discriminative ability and predictive validity of the timed up and go test in identifying older people who fall: Systematic review and meta-analysis. *Journal of American Geriatrics Society* 61 (2), 202–208.
- Silva, N.L., Oliveira, R.B., Fleck, S.J., Leon, A.C.M.P. & Farinatti, P.** 2014. Influence of strength training variables on strength gains in adults over 55 years-old: A meta-analysis of dose-response relationships. *Journal of Science & Medicine in Sport* 17 (3), 337–344.
- Studenski, S.** 2009. Bradypedia: is gait speed ready for clinical use? *Journal of Nutrition, Health & Aging* 13 (10), 878–80.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., Brach, J., Chandler, J., Cawthon, P., Connor, E.B., Nevitt, M., Visser, M., Kritchevsky, S., Badinelli, S., Harris, T., Newman, A.B., Cauley, J., Ferrucci, L. & Guralnik, J.** 2011. Gait speed and survival in older adults. *The Journal of the American Medical Association* 305 (1), 50–58.
- Taaffe, D.R., Duret, C., Wheeler, S. & Marcus, R.** 1999. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *Journal of American Geriatrics Society* 47 (10), 1208–1214.
- Verfaillie, D.F., Nichols, J.F., Turkel, E. & Hovell, M.F.** 1997. Effects of resistance, balance, and gait training on reduction of risk factors leading to falls in elders. *Journal of Aging and Physical Activity* 5, 213–228.
- Verghese, J., LeValley, A., Hall, C.B., Katz, M.J., Ambrose, A.F. & Lipton, R.B.** 2006. Epidemiology of gait disorders in community-residing older adults. *Journal of The American Geriatrics Society* 54 (2), 255–261.
- Verghese, J., Wang, C., Lipton, R.B., Holtzer, R. & Xue, X.** 2007. Quantitative gait dysfunction and risk of cognitive decline and dementia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* 78 (9), 929–935.
- Verghese, J., Holtzer, R., Lipton, R.B. & Wang, C.** 2009. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 64 (8), 896–901.
- von Haehling, S., Morley, J.E. & Anker, S.D.** 2010. An overview of sarcopenia: Facts and numbers on prevalence and clinical impact. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 1 (2), 129–133.