

JYX



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Heinonen, Ari; Karinkanta, Saija

Title: Liikunta osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien ehkäisyssä

Year: 2003

Version: Published version

Copyright: © Suo-men Lää-kä-ri-liit-to, 2003

Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Heinonen, A., & Karinkanta, S. (2003). Liikunta osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien ehkäisyssä. Suomen Lääkärilehti, 58(38), 3755-3752.

<https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/katsausartikkeli/liikunta-osteoporoosin-ja-osteoporoottisten-murtumien-ehkaisyssa/>

Liikunta osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien ehkäisyssä

ARI HEINONEN ■ SAIJA KARINKANTA

Osteoporoosissa alentunut luun mineraalimassa ja luukudoksen mikroarkkitehtuurin heikentyminen johtavat murtumariskin lisääntymiseen. Joihinkin osteoporoottisten murtumien riskitekijöihin, kuten alaraajojen lihasvoimaan sekä luun mineraalimassaan ja rakenteeseen voidaan kuitenkin vaikuttaa. Säännöllinen liikunta saattaa olla ainoa keino ehkäistä osteoporoottisia murtumia, sillä se vaikuttaa sekä luun lujuuteen että vähentää kaatumisia. Kriittinen vaihe on 10–12-vuotiaana, jolloin luusto on herkin fyysiselle kuormitukselle. Kehon painoa kantavaa ja iskutyypistä kuormitusta sekä voimaharjoittelua suositellaan lapsuudesta vanhuuteen. Ikääntyneiden harrastaman liikunnan tulisi parantaa tasapainoa, alaraajojen lihasvoimaa, joustavuutta ja koordinaatiota.

Osteoporoosille on tunnusomaista alentunut luun mineraalimassa ja heikentynyt luukudoksen mikroarkkitehtuuri, jotka johtavat luun heikkenemiseen ja murtumariskin kohoamiseen. Yleisin osteoporoosin kliininen ilmenemismuoto on murtuma lonkassa, lannerangassa tai ranteessa. Osteoporoottisten luunmurtumien määrä on lisääntynyt ja ikävakiointu esiintymistäajuus on kasvanut viime vuosikymmeninä niin Suomessa kuin muissakin länsimaissa (1,2). Esimerkiksi Suomessa lonkkamurtumien määrä yli kolminkertaistui 1970-luvun alusta 1990-luvun loppuun mennessä (3). Yli 90 %:ssa tapauksista murtuman syynä on kaatuminen (4,5). Yli 65-vuotiaista joka kolmas kaatuu ainakin kerran vuodessa (6,7) ja näistä noin puolet toistuvasti (8).

Lääkkeillä voidaan vähentää murtumariskiä n. 40–50 %:a erityisesti korkean riskin naisilla (9) eli niillä, joiden luun mineraalimassa (ns. luuntiheys tai mineraalimäärä) on pienentynyt 2,5 keskihajontaa (SD) tai enemmän verrattuna terveiden 20–40-vuotiaiden naisten huippumineraalimassan keskiarvoon kaksinergeisellä röntgenabsorptiometrialla (DXA) mitattuna (10). Murtumista suurin osa (50–75 %) tapahtuu muille kuin korkean riskin ryhmään kuuluville (11). Osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien todellinen terveydenhuolto kuormittava vaikutus aiheutuukin pääasiassa muista suurista väestöryhmistä eikä niinkään määrältään selvästi pienemmästä korkean riskin ryhmästä (9,11).

Väestön ikääntyessä osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien

ehkäisyn merkitys korostuu entisestään. Ennalta ehkäisevien interventioiden tulee olla vaikuttavia, turvallisia, kaikkien saatavilla olevia sekä helposti ja edullisesti toteutettavia. Muutettavissa olevista elämäntapatekijöistä (esim. ravinto, tupakka ja alkoholi) liikunta näyttäisi olevan lupaavin (1), koska sillä voidaan vaikuttaa useaan osteoporoottisten murtumien riskitekijään, kuten luuston kuntoon, alaraajojen lihasvoimaan, tasapainoon ja kaatumisten ehkäisyyn. Tässä katsauksessa tarkastellaan liikunnan merkitystä osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien ehkäisyssä UKK-instituutin tutkimusohjelman pohjalta.

LUUN ADAPTOITUMINEN MEKAANISEEN KUORMITUKSEEN

Luiden muoto ja kehitys ovat geneettisesti säädeltyjä, mutta niiden lopullisen massan, geometrian ja arkkitehtuurin määrää mekaaninen kuormitus. Saksalainen ortopedi Julius Wolff havaitsi jo yli 100 vuotta sitten luiden mukautuvan niihin kohdistuvaan kuormitukseen joko vahvistumalla tai heikentymällä. Myöhemmin Frost (12) selitti luun adaptoitumista mekaaniseen kuormitukseen "mekanostaattiteoriaansa" avulla. Mekaaninen kuormitus saa luussa aikaan pieniä muodonmuutoksia (lyhentymistä, venymistä tai kiertymistä), jotka fyysikaalisten ja kemiallisten tapahtumien kautta vaikuttavat luun metaboliaan ja siten luun rakenteeseen. Tavanomaisessa kuormitustilanteessa "mekanostaatti" on tasapainossa, mutta kuormituksen lisääntyessä muodostuu uutta luuta. Sen sijaan kuormituksen vä-

hentyessä luun uudismuodostus hidastuu (12). Tämä selittää miksi joidenkin tiettyjen lajien urheilijoilla on poikkeavan vahvat luut (13,14).

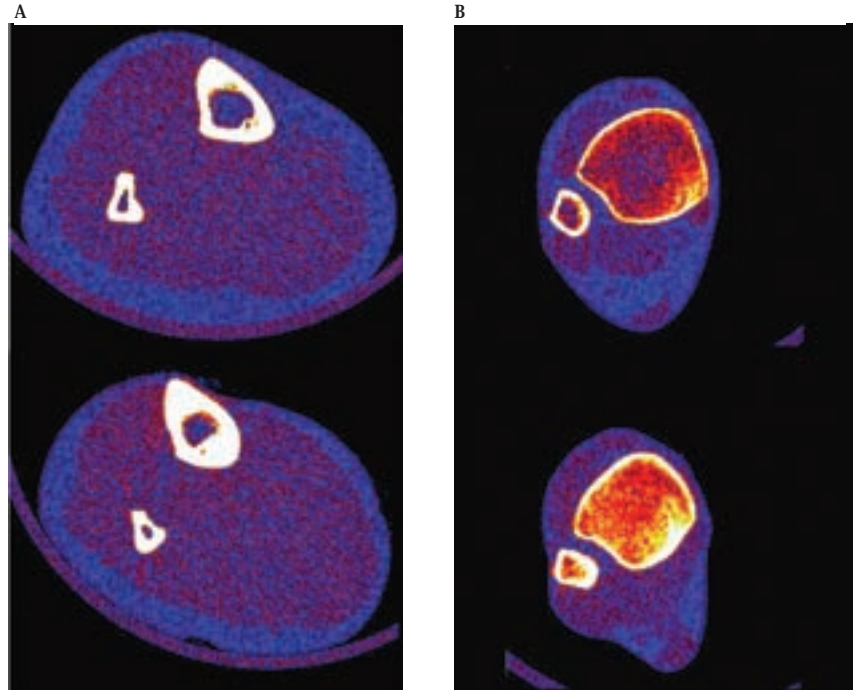
Fyysinen aktiivisuus saa luussa aikaan puristus-, venytys-, vääntö- tai kierto kuormitusta, aiheuttaen luun uudismuodostusta stimuloivan hetkellisen muodonmuutoksen. Rasituksen seurauksena massa kasvaa ja luusta tulee vahvempi. Luun lujuus voi kuitenkin parantua myös ilman massan lisäystä (15). Tällöin on tärkeää, että luumassa jakautuu lujuuden kannalta tarkoituksenmukaisemmin. Massan uudelleen jakautuminen muuttaa joko luun geometriaa tai hohkaluun arkkitehtuuria tai molempia lujuuden kannalta edullisempaan suuntaan.

Luuston vaste kuormitukseen riippuu muodonmuutoksen suuruudesta sekä muutoksen nopeudesta, jakautumisesta ja toistumisesta (16). Eläinkokeilla on osoitettu, että kuormituksen pitää olla dynaamista. Silloin kun kuormitus saa aikaan suhteellisen suuren ja nopean muodonmuutoksen, toistojen määrän ei tarvitse olla suuri (16). Luusolut myös tottuvat kuormitukseen nopeasti (16) ja siksi kuormituksen tulisi olla monipuolista.

LIIKUNTA JA LUUSTO

Luusto reagoi mekaaniseen rasitukseen, etenkin kuormituksen väheneemiseen, suhteellisen herkästi. Esimerkiksi täydellisessä vuodelevossa luukato on n. 1 %:n verran viikossa (17,18). Polven ristisidevamma ja siihen ainakin osittain liittyvä immobilitaatio voivat 15 viikossa aiheuttaa jopa 20 %:n laskun luun mineraalimassassa verrattuna terveeseen raajaan (19,20). Vammasta johtuvat muutokset korjaantuvat huonosti ja hitaasti. Vielä vuoden kuluttua traumasta raajojen mineraalimassassa voi olla 10 %:n ero huolimatta tehokkaasta fysioterapiasta ja polven toiminnan palautumisesta normaaliksi (20). Vasta noin kahden vuoden kuluttua vammautumisesta polven seudun mineraalimassa on palautunut terveen raajan tasolle (19).

Luuston kyky sopeutua mekaaniseen kuormituksen lisääntymiseen on suuri. Esimerkiksi urheilijoilta on mitattu yli 30 %:a suurempia mineraalimassa-arvoja kuin urheilemattomilta verrokeilta (13,14). Suurimmat



Kuva 1. Kolmiloikkaajan (kuvissa alla) kortikaaliluun poikkipinta-ala (CoA) ja hohkaluun tiheys (TrD) ovat huomattavasti suuremmat kuin hänen iän, painon ja pituuden mukaan kaltaistetun verrokkinsa (ylä-kuvat) sekä sääriluun keskellä (kuva A) (CoA, cm²: 30 %:n ero) että sääriluun distaalipäässä (kuva B) (CoA, cm²: 102 %:n ero, TrD, g/cm³: 67 %:n ero).

erot urheilijoiden ja verrokkien välillä on havaittu putkiluiden geometriassa. Putkiluun seinämän vahvuus tai kortikaalisen eli tiiviin luun poikkipinta-ala voi olla urheilijoilla yli 50 % suurempi kuin verrokeilla (21). Kuvassa 1 on esimerkki naispuolisen kolmiloikkaajan sääriluun keskikohdasta ja distaalipäästä verrattuna iän, painon ja pituuden suhteen kaltaistettuun verrokkiin. Perifeerisellä tomografialla otettuja poikkileikkauskuvia verrattaessa ero on selvästi nähtävissä: kolmiloikkaajan kortikaaliluun poikkipinta-ala on huomattavasti suurempi sekä sääriluun keskellä että sääriluun distaalipäässä.

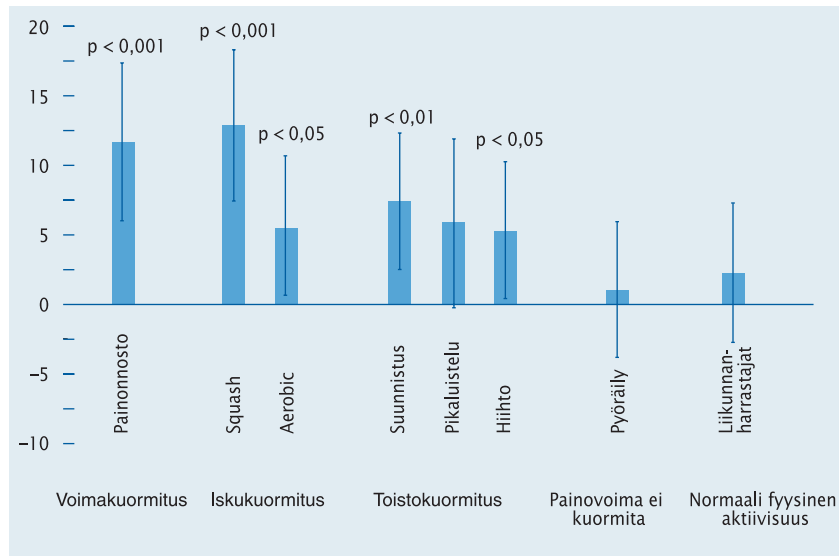
Fyysinen aktiivisuus vaikuttaa vain kuormitettuihin luihin. Esimerkiksi tennispelaajan pelikäden mine-

raalimassa on jopa 30 % suurempi verrattuna toiseen käteen (22). Liikunnan aiheuttama kuormitus vaikuttaa sekä luun ulkoiseen (periosteaaliseen) että sisäpuoliseen (endosteaaliseen) pintaan. Vaikutus voi vaihdella sen mukaan onko kyseessä anteriorinen, posteriorinen, mediaalinen vai lateraalinen pinta ja onko kyseessä putkiluun keskikohdasta, proksimaalinen pää vai distaalinen pää (11,23). Liikunnan vaste luussa riippuu siis kuormituksen kohdistumisesta. Lisäksi luustolla on kyky mukautua kuormitustyyppiin siten, että vääntökuormitus vaikuttaa luun geometriaan, kun taas puristava kuormitus on yhteydessä luun mineraalimassaan (24). Esimerkiksi painonnostossa kyynärvarsi altistuu etupäässä vääntökuormitukselle, kun taas säari altistuu puristavalle (kompressiiviselle) kuormitukselle.

Milloin ja minkä tyyppistä liikuntaa?

Tehokkainta liikunta näyttäisi olevan sekä tytöillä että pojilla nopean kasvun aikana, ja tytöillä erityisesti ennen kuukautisten alkamista. Kan-

Iskutyyppisesti luustoa rasittava liikunta ja voimakuumittavat lajit ovat luustolle edullisimmat.



Kuvio 1. Kehon painolla vakioituneen luun mineraalimassan suhteellinen ero (keskiarvo ja 95 %:n luottamusväli) luustoa eri tavoin kuormittavien urheilulajien edustajien ja liikunnanharrastajien (n = 18–30) sekä 0-tasoa edustavien vähän liikkuvien verrokkien (n = 30) välillä. Luuston mineraalimassa on mitattu kaksiennergisellä röntgenabsorptiometrialla sääriluun proximaalipäästä.

nus ym. (25) osoittivat, että tennispelaajilla, jotka olivat aloittaneet pelaamisen ennen kuukautisten alkamista, oli pelikäden ja toisen käden välinen luuston mineraalimassan ero kaksinkertainen verrattuna kuukautisten alkamisen jälkeen aloittaneiden pelaajien yläraajojen puolieroon. Junioritennispelaajia tutkimalla havaittiin, että ero alkaa näkyä selvästi varhaispuberteetissa (26). Nämä havainnot on myös osoitettu interventiotutkimuksissa, joissa fyysisen aktiivisuuden nettovaste (2–5 %) lannerangassa ja reisiluun kaulassa oli selvin varhaispuberteetissa tai ennen kuukautisten alkamista (27–29). Aikuisilla ja iäkkäämmillä liikunnan vaikutus luustoon (n. 1 %) on myös merkitsevä, mutta selvästi vähäisempi kuin puberteetissa (30,31).

Positiivinen luustovaste edellyttää siis normaalin päivittäisen kuormituksen ylittävää rasitusta. Myös fyysisen aktiivisuuden tyypillä on merkitystä; iskutyypin kuormitus, jossa luuhun kohdistuvat voimat muuttuvat nopeasti, on osoittautunut luuston kannalta tehokkaimmaksi (kuvio 1). Hyppely ja painonnosto näyttäisivät olevan tehokkaimpia liikuntamuotoja (32–34). Esimerkiksi kolmiloikkaajilla, joiden alaraajoihin kohdistuu jopa 22 kertaa kehon painon suuruisia voimia

(esim. 70 kg:n painoisella hyppääjällä alaraajaan kohdistuva voima on n. 1,5 tonnia), on todettu yli 50 % vahvempaa alaraajan luut kuin heidän kaltaistelluillaan verrokeillaan (21). Myös voimistelijoilla, joiden alaraajat voivat altistua 18 kertaa kehon painon suuruisille voimille, on mitattu 30–40 % korkeampia luun mineraalimassa-arvoja kuin juoksijoilla (35). Kävelyssä sen sijaan alaraajaan kohdistuu vain 1–1,5 kertaa kehon painon suuruisia voimia (36), ja todennäköisesti tästä syystä kävelyn vaikutus luun mineraalimassaan on vähäinen tai olematon. Uinnin ja pyöräilyn kaltaisissa urheilulajeissa, joissa painovoiman vaikutus on eliminoitu, ei myöskään ole havaittu eroja luun mineraalimassassa urheilijoiden ja verrokkien välillä (32,37).

Kliinisissä satunnaistetuissa kokeissa on osoitettu iskutyypin kuormituksen olevan tehokasta eri ikäisillä tytöillä ja naisilla. Ennen kuukautisten alkamista aloitettu, 8–9 kuukauden kestoinen, hyppelytyyppinen (kuormitus 2–5 x kehon paino) liikuntainterventio lisäsi merkittävästi reisiluun kaulan (5–10%) ja lannerangan (5–10 %) mineraalimassaa (27–29) ja vahvasti kortikalisen luun seinämää murrosikäisillä tytöillä (38). Noin puolet em. mineraalimassan muutoksista johtuu kas-

vusta.

Aikuisilla liikunnan vaikutus ei ole aivan yhtä selvä kuin lapsilla. Satunnaistetuissa kontrolloiduissa kokeissa hyppelyharjoittelu lisäsi mineraalimassaa kuormitetuissa luustopisteissä 1–4 % (39,40). Sekä matalatehoinen että intensiivinen iskutyypin kuormitus voivat estää tai hidastaa lonkan seudun ja lannerangan iänmukaista luun menetystä vaihdevuosi-ikässä tai sen jälkeen (41–43). Myös voimaharjoittelu ja intensiivinen aerobinen liikunta ovat luuston kannalta tehokkaita vaihdevuodet ohittaneilla naisilla (43–45). Itse asiassa tässä ikäryhmässä ei ole havaittu selvää eroa eri liikuntatyyppien välillä (30). Pelkkä matalaintensiteettinen kestävyysliikunta ei vaikuttaisi olevan tehokasta. Sen sijaan intensiivisellä kävelyllä, jossa anaerobinen kynnyks ylittyy, näyttäisi olevan positiivinen vaikutus vaihdevuodet ohittaneiden naisten lannerangan mineraalimassaan (46).

Liikunnan aikaansaamien luostomuutosten pysyvyys on tärkeä kysymys. Aikaisemmissa tutkimuksissa osoitettiin, että intensiivisellä liikuntainterventiolla hankittu luulisä häviää, kun harjoittelu lopetetaan (47,48). Uusimmista tutkimuksista on kuitenkin havaittu, että liikunnan aikaansaama luustohyöty säilyy, jos liikuntaharjoittelua jatketaan alhaisemmalla intensiteetillä ja vähäisemmällä määrällä (49,50). Epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että intensiivinen liikunnan harrastaminen kasvuiässä ja kohtuullisesti kuormittava liikunta aikuisiässä vähentävät murtumariskiä ikääntyneenä (51–54). Murtumien monista ehkäisykeinoista vain liikunnasta on myös muita selviä terveyshyötyjä.

MURTUMIEN EHKÄISY LIKUNNAN AVULLA

Iskutyypistä liikuntaa (hyppyjä, nopeita liikkeitä, suunnanmuutoksia, liikkeen pysäytyksiä ja uudelleen kiihdytyksiä) suositellaan lasten, nuorten, aikuisten, vaihdevuosi-ikäisten ja sovellettuna vanhempienkin luuliikunnaksi. Tämäntyyppinen liikunta voi kuitenkin olla liian rajua iäkkäimmille naisille. Ikääntyneiden liikunnan tavoitteeksi onkin tärkeämpää asettaa tasapainon ja alaraajojen lihasvoiman lisääminen sekä kaatumisten ehkäisy. Voimahar-

joittelu on sopiva ja turvallinen liikuntamuoto ikääntyneille, sillä sen on osoitettu hidastavan iän mukaista luuston menetystä (43,45) sekä kasvattavan lihasvoimaa ja parantavan tasapainoa (1,8).

Useimmat lonkkamurtumat syntyvät kaatumisen seurauksena (5). Kliiniset tutkimukset ovat osoittaneet, että säännöllinen liikunta voi vähentää kaatumisia (55–57). Tämän ovat todenneet myös Carter ym. (58) systemaattisessa katsauksessaan. Esimerkiksi alaraajojen heikko lihasvoima nostaa kaatumisen suhteellisen riskin 0.5–10.3-kertaiseksi (58). Samoin alaraajojen alentunut liikkuvuus, heikko näkö sekä vajavainen staattinen ja dynaaminen tasapaino nostavat suhteellisen riskin moninkertaiseksi (Taulukko 1). Liikunnalla voidaan vaikuttaa useisiin näistä riskitekijöistä. Tärkeä on myös havainto, että yli 65-vuotiailla osteoporoosia sairastavilla naisilla hyvä alaraajojen lihasvoima näyttäisi olevan yhteydessä hyvään tasapainoon ja elämänlaatuun (59).

Vaikka kävelyn vaikutus luustoon on epäselvä, reipas kävely näyttäisi alentavan lonkkamurtumariskiä merkittävästi. Feskanish ym. (60) seurasivat 61 200 naisen kohorttia (40–77-vuotiaita) 12 vuoden ajan. He havaitsivat, että kun otettiin huomioon ikä, kehon painoindeksi, hormonikorvaushoidot, tupakointi ja ruokavalio, lonkkamurtumariski lasi 6 % jokaista reippaasti käveltyä puolta tuntia kohden. Aktiivisilla naisilla, jotka kävelivät vähintään 4 tuntia viikossa, oli 55 % alhaisempi lonkkamurtumariski (relatiivinen riski 0.45) kuin alle puoli tuntia viikossa kävelevillä. Vähintään 4 tuntia viikossa kävelevillä naisilla oli 41 % alhaisempi murtumariski (relatiivinen riski 0.59) verrattuna alle tunnin viikossa käveleviin naisiin (60). Myös tasapaino- (esim. Tai Chi), voima- ja liikkuvuusharjoittelun on osoitettu olevan tehokkaita liikuntamuotoja kaatumisten ehkäisyssä yli 70-vuotiailla (55).

LOPUKSI

Fyysinen aktiivisuus vaikuttaa positiivisesti luustoon kaikissa ikävaiheissa. Liikunnan vaikutus on selvän murrosiässä. Koska luuston vaste on erilainen eri ikävaiheissa, liikunnalle on asetettava iän mukaiset tavoitteet. Siten kasvuiässä, etenkin murrosiäs-

Taulukko 1. Valikoidut kaatumisen riskitekijät ja suhteellinen riski kaatua. Taulukko mukailtu Carter ym. 2001 (50).

Kaatumisen riskitekijä	Kaatumisen suhteellinen riski
Heikentyminen	
Alaraajojen voima	0,5–10,3
Yläaraajojen voima	1,5–4,3
Alaraajojen liikkuvuus	1,9
Tunto	0,6–5,0
Vestibulaarinen järjestelmä	4,0
Näkö	1,2–5,0
Havaintokyky	1,2–5,0
Staattinen tasapaino	1,5–4,1
Dynaaminen tasapaino	1,6–3,3

sä, liikunnan tavoitteena tulisi olla mahdollisimman suuren luuston huippumassan saavuttaminen. Huippumassan saavuttamisen jälkeenkin liikunnalla voidaan lisätä luun massaa ja parantaa sen rakennetta. Aikuisilla liikunnan ensisijaisena tavoitteena voidaan kuitenkin pitää luumassan säilyttämistä. Koska vaihdevuosi-ikäisillä ja vanhemmilla naisilla luun menetys on nopeaa, liikunnan tavoitteeksi tulisi asettaa luun menetyksen hidastaminen. Iäkäämmillä murtumat lisääntyvät yleensä kaatumisten seurauksena. Niinpä liikunnan tavoitteena tulee olla myös kaatumisten ehkäisy.

Vaikka liikunnan merkitys luun lujuuden kehittämisessä ja luunmurtumien ehkäisyssä on todistettu, liikunnan optimaalinen määrä ei ole yksiselitteinen. Nykytiedon perusteella luuliikunnan lähtökohtana voidaan pitää terveysliikunnan perusohjetta: kohtuullisesti kuormittavaa liikuntaa tulisi harrastaa 30 minuuttia tai enemmän useampana päivänä viikossa. Tämän lisäksi luustoa tehokkaimmin kuormittavia liikuntalajeja tulisi harrastaa vaihtelevasti ainakin kolmena päivänä viikossa.

Koska lapsuus on luuston terveyden ja osteoporoottisten murtumien ehkäisyn kannalta tärkeitä aikaa, korostuu erityisesti koululiikunnan merkitys. Koulussa voitaisi järjestää varsinaisten liikuntatuntien ohella lyhyempiä, mutta useita kertoja viikossa toteutettavia terveysliikuntatuokioita. Terveysliikuntatuokioiden ei vaatisi liikuntavarusteita, vaan niiden tavoitteena olisi virkistäytyminen ja mm. luuston kuormittami-

nen. Aikuisten monipuoliseen liikumiseen on panostettava entistä tehokkaammin. Yksi keino voisi olla ns. liikkumisreseptien käytön lisääminen perusterveydenhuollossa. Ikääntyneidenkin harjoittelussa ei tulisi unohtaa monipuolisuutta. Ikääntyneille järjestettävissä ennaltaehkäisevissä liikuntaryhmissä suositettiin aiemmin kevyitä harjoittelumuotoja, kuten tuolijumppaa. Suuntaus näyttää olevan kuitenkin kohti tehokkaampaa harjoittelua. Ikääntyneiden kuntosaliryhmät ovat muun muassa kasvattaneet suosiotaan. Seniorisalien tarjontaa tulisikin edelleen lisätä.

Liikunta on lupaava keino osteoporoosin ja siitä johtuvien murtumien ehkäisyssä, sillä sen avulla voidaan vaikuttaa useaan riskitekijään samanaikaisesti. Lisäksi liikunta on edullista, sen harrastaminen on helppoa ja se on yleisesti hyväksyttyä.

KIRJALLISUUTTA

- Kannus P. Preventing osteoporosis, falls, and fractures among elderly people. Promotion of lifelong physical activity is essential. *BMJ* 1999;318:205–6.
- Kannus P, Niemi S, Parkkari J, ym. Why is the age-standardized incidence of low-trauma fractures rising in many elderly populations? *J Bone Miner Res* 2002;17:1363–7.
- Seeman E. An exercise in geometry. *J Bone Miner Res* 2002;17:373–80.
- Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. *Anatomical Record* 1987;219:1–9.
- Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Med* 1993;16:316–30.
- Vuori I, Heinonen A. Sport and bone. In: Drinkwater B, toim. *Women and Sport: International Olympic Committee*. Oxford: Blackwell Science. 2000:280–300.
- Lanyon LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 1996;18(1 Suppl):375–435.
- Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, ym. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995;123:27–31.
- Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, ym. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000;11:1010–7.
- Mackelvie KJ, McKay HA, Khan KM, Crocker PR. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr* 2001;139:501–7.
- Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001;16:148–56.
- Vuori IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(6 Suppl):S551–86; discussion 609–10.
- Heinonen A, Kannus P, Sievänen H, ym. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 1996;348:1343–1347.
- Heinonen A, Oja P, Sievänen H, Pasanen M, Vuori I. Effect of two training regimens on bone mineral density in healthy perimenopausal women: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1998;13:483–490.

- 43 Kohrt W, Ehsani A, Birge S. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces in bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1997;12:1253–1261.
- 44 Kerr D, Ackland T, Maslen B, Morton A, Prince R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001;16:175–81.
- 45 Nelson ME, Fiore MA, Morganti CM ym. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures: A randomized controlled trial. *JAMA* 1994;272:1909–1914.
- 53 Kujala UM, Kaprio J, Kannus P, Sarna S, Koskenvuo M. Physical activity and osteoporotic hip fracture risk in men. *Arch Intern Med* 2000;160:705–8.
- 55 Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG ym. Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group. Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques [see comments]. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:489–97.
- 58 Carter ND, Kannus P, Khan KM. Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 2001;31:427–38.
- 60 Feskanich D, Willett W, Colditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Jama* 2002;288:2300–6.

Täydellisen kirjallisuusluettelon saa toimituksesta. Se julkaistaan myös artikkelin Internet-versiossa, joka löytyy osoitteesta www.laakarilehti.fi (sisällysluettelot ja arkisto) sekä lehden tietokannasta.

Kirjoittajat

ARI HEINONEN
fysioterapian professori
Jyväskylän yliopisto
terveystieteiden laitos
UKK-instituutti, Tampere
ari.heinonen.ukk@uta.fi

SAIJA KARINKANTA
TtM, fysioterapeutti
UKK-instituutti, Tampere

English summary

Exercise in the prevention of osteoporosis and osteoporotic fractures

Osteoporosis is defined as a disease characterised by low bone mineral mass, microarchitectural deterioration of bone tissue leading to increased bone fragility and consequent increase in fracture risk. There are many well-recognised risk factors for osteoporotic fractures. Some of them, such as age, female gender, race, are unalterable. Others, such as muscle strength and low bone mineral mass, are modifiable. Recurrent falling is a strong independent fracture risk factor that can be altered with appropriate intervention programmes. Regular exercise is probably the only method that may prevent osteoporotic fractures by affecting bone strength and preventing falls. There appears to be a critical period between 10–12 years of age for girls when physical activity intervention yields an optimum response. Physical

activity can be recommended in all ages from birth to frail old age. Cumulative evidence shows that the important components of osteogenic exercise stimulus are high-impact and high-magnitude loading involving a range of body motions. In the elderly, progressive strength training is likely to be safe and may be effective in reducing the risk factors for falling, although it has less effect on bone mineral mass and geometry.

ARI HEINONEN
Dr Sci (Sports and Health Sciences)
Professor in Physiotherapy,
University of Jyväskylä
Department of Health Sciences
The UKK Institute for Health
Promoting Research

SAIJA KARINRANTA
M.Sci. (Health Sciences)
Physiotherapist
The UKK Institute for Health
Promoting Research

KIRJALLISUUTTA

- 1 Kannus P. Preventing osteoporosis, falls, and fractures among elderly people. Promotion of lifelong physical activity is essential. *BMJ* 1999;318:205-6.
- 2 Kannus P, Niemi S, Parkkari J, ym. Why is the age-standardized incidence of low-trauma fractures rising in many elderly populations? *J Bone Miner Res* 2002;17:1363-7.
- 3 Kannus P, Niemi S, Parkkari J, ym. Hip fractures in Finland between 1970 and 1997 and predictions for the future. *Lancet* 1999;353:802-5.
- 4 Grisso JA, Kelsey JL, Strom BL, ym. Risk factors for falls as a cause of hip fracture in women. The Northeast Hip Fracture Study Group. *N Engl J Med* 1991;324:1326-31.
- 5 Parkkari J, Kannus P, Palvanen M, ym. Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: a prospective controlled hip fracture study with 206 consecutive patients. *Calcif Tissue Int* 1999;65:183-7.
- 6 Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988;319:1701-7.
- 7 Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF. Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Gerontol* 1989;44:M112-7.
- 8 Tinetti ME, Speechley M. Prevention of falls among the elderly. *N Engl J Med* 1989;320:1055-9.
- 9 Seeman E. Osteoporosis: trials and tribulations. *Am J Med* 1997;103:74S-87S; discussion 87S-89S.
- 10 Hoitosuositustyöryhmä: Välimäki M, Hirvonen E, Irjala K, Kröger H, Lamberg-Allardt, Myllynen P, Salmi J, Sane T, Suominen H, Viikari J, Väänänen K. [Osteoporosis]. *Duodecim* 2000;116:1772-88.
- 11 Seeman E. An exercise in geometry. *J Bone Miner Res* 2002;17:373-80.
- 12 Frost HM. Bone "mass" and the "mechanostat": A proposal. *Anatomical Record* 1987;219:1-9.
- 13 Suominen H. Bone mineral density and long term exercise. An overview of cross-sectional athlete studies. *Sports Med* 1993;16:316-30.
- 14 Vuori I, Heinonen A. Sport and bone. In: Drinkwater B, toim. *Women and Sport: International Olympic Committee*. Oxford: Blackwell Science, 2000;280-300.
- 15 Järvinen TL, Kannus P, Sievänen H, ym. Randomized controlled study of effects of sudden impact loading on rat femur. *J Bone Miner Res* 1998;13:1475-82.
- 16 Lanyon LE. Using functional loading to influence bone mass and architecture: objectives, mechanisms, and relationship with estrogen of the mechanically adaptive process in bone. *Bone* 1996;18(1 Suppl):37S-43S.
- 17 Krolner B, Toft B. Vertebral bone loss: an unheeded side effect of therapeutic bed rest. *Clin Sci* 1983;64:537-40.
- 18 Hulley SB, Vogel JM, Donaldson CL, ym. The effect of supplemental oral phosphate on the bone mineral changes during prolonged bed rest. *J Clin Invest* 1971;50:2506-18.
- 19 Sievänen H, Heinonen A, Kannus P. Adaptation of bone to altered loading environment: a biomechanical approach using X-ray absorptiometric data from the patella of a young woman. *Bone* 1996;19:55-9.
- 20 Sievänen H, Kannus P, Heinonen A, Oja P, Vuori I. Bone mineral density and muscle strength of lower extremities after long-term strength training, subsequent knee ligament injury and rehabilitation: a unique 2-year follow-up of a 26-year-old female student. *Bone* 1994;15:85-90.
- 21 Heinonen A, Sievänen H, Kyröläinen H, Perttunen J, Kannus P. Mineral mass, size, and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone* 2001;29:279-85.
- 22 Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, ym. Long-term unilateral loading and bone mineral density and content in female squash players. *Calcif Tissue Int* 1994;54:249-55.
- 23 Heinonen A, McKay HA, Whittall KP, Forster BB, Khan KM. Muscle cross-sectional area is associated with specific site of bone in prepubertal girls: a quantitative magnetic resonance imaging study. *Bone* 2001;29:388-92.
- 24 Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, Oja P, Vuori I. Site-specific skeletal response to long-term weight training seems to be attributable to principal loading modality: a pQCT study of female weightlifters. *Calcif Tissue Int* 2002;70:469-74.
- 25 Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, ym. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995;123:27-31.
- 26 Haapasalo H, Kannus P, Sievanen H, ym. Effect of long-term unilateral activity on bone mineral density of female junior tennis players. *J Bone Miner Res* 1998;13:310-9.
- 27 Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, ym. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporos Int* 2000;11:1010-7.
- 28 Mackelvie KJ, McKay HA, Khan KM, Crocker PR. A school-based exercise intervention augments bone mineral accrual in early pubertal girls. *J Pediatr* 2001;139:501-7.
- 29 Fuchs RK, Bauer JJ, Snow CM. Jumping improves hip and lumbar spine bone mass in prepubescent children: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 2001;16:148-56.
- 30 Vuori IM. Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(6 Suppl):S551-86; discussion 609-10.
- 31 Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effect of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1999;9:1-12.
- 32 Heinonen A, Oja P, Kannus P, ym. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone Miner* 1993;23:1-14.
- 33 Heinonen A, Oja P, Kannus P, ym. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone* 1995;17:197-203.
- 34 Bennell KL, Malcolm SA, Khan KM, ym. Bone mass and bone turnover in power athletes, endurance athletes, and controls: a 12-month longitudinal study. *Bone* 1997;20:477-84.
- 35 Robinson T, Snow-Harter C, Taffe D, ym. Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res* 1995;10:26-35.
- 36 Bassey EJ, Littlewood JJ, Taylor SJ. Relations between compressive axial forces in an instrumented massive femoral implant, ground reaction forces, and integrated electromyographs from vastus lateralis during various 'osteogenic' exercises. *J Biomech* 1997;30:213-23.
- 37 Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, ym. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res* 1995;10:586-93.
- 38 Petit MA, McKay HA, MacKelvie KJ, ym. A randomized school-based jumping intervention confers site and maturity-specific benefits on bone structural properties in girls: a hip structural analysis study. *J Bone Miner Res* 2002;17:363-72.
- 39 Bassey EJ, Ramsdale SJ. Increase in femoral bone mineral density in young women following high impact exercise. *Osteoporosis Int* 1994;4:72-75.
- 40 Heinonen A, Kannus P, Sievanen H, ym. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 1996;348:1343-1347.
- 41 Heinonen A, Oja P, Sievanen H, Pasanen M, Vuori I. Effect of two training regimens on bone mineral density in healthy perimenopausal women: a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1998;13:483-490.
- 42 Grove KA, Londree BR. Bone density in postmenopausal women: High impact vs low impact exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:1190-1194.
- 43 Kohrt W, Ehsani A, Birge S. Effects of exercise involving predominantly either joint-reaction or ground-reaction forces in bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1997;12:1253-1261.
- 44 Kerr D, Ackland T, Maslen B, Morton A, Prince R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001;16:175-81.
- 45 Nelson ME, Fiore MA, Morganti CM, ym. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures: A randomized controlled trial. *JAMA* 1994;272:1909-1914.
- 46 Hatori M, Hasegawa A, Adachi H, ym. The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1995;52:411-414.
- 47 Dalsky GP, Stocke KS, Ehsani AA, ym. Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 1988;108:824-828.
- 48 Winters KM, Snow CM. Detraining reverses positive effects of exercise on the musculoskeletal system in premenopausal women. *J Bone Miner Res* 2000;15:2495-503.
- 49 Heinonen A, Kannus P, Sievanen H, ym. Good maintenance of high-impact activity-induced bone gain by voluntary, unsupervised exercises: An 8-month follow-up of a randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1999;14:125-128.
- 50 Kontulainen S. Training, detraining and bone. Effect of exercise on bone mass and structure with special reference to maintenance of the exercise-induced bone gain. Jyväskylä: Jyväskylä University Printing House, 2002.
- 51 Joakimsen R, Magnus J, Fonnebo V. Physical activity and predisposition for hip fractures: a review. *Osteoporosis Int* 1997;7:503-513.
- 52 Gregg EW, Cauley JA, Seeley DG, Ensrud KE, Bauer DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med* 1998;129:81-88.
- 53 Kujala UM, Kaprio J, Kannus P, Sarna S, Koskenvuo M. Physical activity and osteoporotic hip fracture risk in men. *Arch Intern Med* 2000;160:705-8.
- 54 Ling X, Cummings SR, Mingwei Q, ym. Vertebral fractures in Beijing, China: the Beijing Osteoporosis Project. *J Bone Miner Res* 2000;15:2019-25.
- 55 Wolf SL, Barnhart HX, Kutner NG, ym. Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of Tai Chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group. Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques [see comments]. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:489-97.
- 56 Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, ym. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1997;52:M218-24.
- 57 Campbell AJ, Robertson MC, Gardner MM, Norton RN, Buchner DM. Falls prevention over 2 years: a randomized controlled trial in women 80 years and older. *Age Ageing* 1999;28:513-8.
- 58 Carter ND, Kannus P, Khan KM. Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 2001;31:427-38.
- 59 Carter ND, Khan KM, Mallinson A, ym. Knee extension strength is a significant determinant of static and dynamic balance as well as quality of life in older community-dwelling women with osteoporosis. *Gerontology* 2002;48:360-8.
- 60 Feskanich D, Willett W, Colditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *Jama* 2002;288:2300-6.