

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**VARUSMIESTEN D-VITAMIINITASON YHTEYS FYYSISEEN  
TOIMINTAKYKYYN**

Pro gradu -tutkielma

Yliluutnantti  
Otto Seeck

Sotatieteiden maisterikurssi 8  
Merisotalinja

Huhtikuu 2019

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Sotatieteiden maisterikurssi 8	Linja Merisotalinja
Tekijä Yliluutnantti Otto Seeck	
Työn nimi Varusmiesten D-vitamiinitason yhteys fyysiseen toimintakykyyn	
Oppiaine johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Huhtikuu 2019	Tekstisivuja 65 Liitesivuja 14
<b>TIIVISTELMÄ</b>	
<p>D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen toimintakykyyn on tutkittu kattavasti 2000-luvulla. Sillä on osoitettu olevan yhteys fyysiseen toimintakykyyn ja ylähengitysteiden infektiioihin sekä marssimurtumien esiintymiseen. Riittävän D-vitamiinitason (<math>&gt; 50</math> nmol/l) on osoitettu ehkäisevän marssimurtumia ja ylähengitystieinfektioita suomalaisessa.</p> <p>Tutkimuksen tarkoituksena oli verrata varusmiesten tulostien tulosten ja seerumin D-vitamiinitason välistä yhteyttä. Mitattavat olivat varusmiespalveluksensa Porin prikaatissa 1/18 aloittaneita alokkaita (<math>N = 119</math>), jotka antoivat kirjallisen suostumuksen testaukseen. Varusmiesten D-vitamiinitaso oli <math>60,4 \pm 13,7</math> nmol/l ja vaihteluväli 36,1–123,0 nmol/l. Varusmiehistä vain viidesosalla oli D-vitamiinivajetta, eikä kenelläkään ollut D-vitamiinin puutostilaa.</p> <p>D-vitamiinitason ja fyysisen toimintakykytestien osa-alueiden välille laskettiin korrelaatio-kertoimet (Spearmanin järjestyskorrelaatiot) ja lineaariset regressioanalyysit. Otos jaettiin myös D-vitamiinin viitearvojen mukaisiin osaotoksiin, <math>&lt; 50</math> nmol/l (<math>n = 27</math>), <math>&gt; 50</math> nmol/l (<math>n = 92</math>), sekä 50–75 nmol/l (<math>n = 75</math>) ja <math>&gt;75</math> nmol/l (<math>n = 17</math>).</p> <p>Yhteydet havaittiin D-vitamiinitason ja etunojapunnerruksen (<math>r = 0,26</math>; <math>p &lt; 0,01</math>; <math>N = 119</math>), istumaannousun (<math>r = 0,29</math>; <math>p &lt; 0,01</math>; <math>N = 119</math>), lihaskuntoindeksin (<math>r = 0,32</math>; <math>p &lt; 0,01</math>; <math>N = 119</math>) ja henkilökohtaisen kuntoindeksin (<math>r = 0,30</math>; <math>p = 0,001</math>; <math>N = 119</math>) välillä. Käänteinen yhteys (<math>p &lt; 0,05</math>) oli D-vitamiinitason ja vyötärönypäryksen välillä (<math>r = -0,21</math>; <math>p &lt; 0,05</math>; <math>N = 119</math>). Riittämättömän D-vitamiinin, eli alle 50 nmol/l, joukosta (<math>n = 27</math>), tai optimaalisen D-vitamiinin, eli yli 75 nmol/l (<math>n = 17</math>), ryhmistä ei löytynyt yhteyksiä D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn välillä.</p> <p>Otos, jossa kaikilla D-vitamiinitaso oli yli 50 nmol/l havaittiin yhteys D-vitamiinitasoon istumaannousulla (<math>r = 0,23</math>; <math>p &lt; 0,05</math>; <math>n = 92</math>), etunojapunnerruksella (<math>r = 0,24</math>; <math>p &lt; 0,05</math>; <math>n = 92</math>), henkilökohtaisella kuntoindeksillä (<math>r = 0,23</math>; <math>p &lt; 0,05</math>; <math>n = 92</math>) ja lihaskuntoindeksillä (<math>r = 0,28</math>; <math>p &lt; 0,01</math>; <math>n = 92</math>).</p> <p>Tutkimuksen keskeisin johtopäätös oli, että korkeampi D-vitamiinitaso on yhteydessä parempaan fyysiseen toimintakykyyn, mutta syynä yhteydelle on todennäköisesti terveellisemmät elämäntavat ja monipuolisempi ruokavalio.</p>	
<b>AVAINSANAT</b>	
toimintakyky, varusmiehet, fyysinen toimintakyky, D-vitamiini, kolekalsiferoli, kalsidioli, 25(OH)D, kalsitrioli, 1,25(OH)D	

# SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ASEVELVOLLISUUS .....</b>	<b>3</b>
2.1	YLEINEN ASEVELVOLLISUUS SUOMESSA .....	3
2.2	VARUSMIESPALVELUS .....	4
2.3	VARUSMIESPALVELUKSEN KESTO JA KOULUTUSKAUDET .....	5
2.4	TILASTOJA VARUSMIESPALVELUKSESTA .....	7
<b>3</b>	<b>FYYSINEN TOIMINTAKYKY JA ASEVELVOLLISILLA TEHTÄVÄT MITTAUKSET .....</b>	<b>9</b>
3.1	FYYSINEN TOIMINTAKYKY .....	9
3.2	ENERGIA-AINEENVAIHDUNTA.....	9
3.3	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ JA VOIMAN LAJIT .....	11
3.4	HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖ .....	13
3.5	ANTROPOMETRISET MITTAUKSET .....	14
3.6	VARUSMIESTEN JA VAPAAEHTOISTEN NAISTEN FYYSISEN TOIMINTAKYVYN MITTAUKSET .....	15
<b>4</b>	<b>D-VITAMIINI JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY.....</b>	<b>18</b>
4.1	D-VITAMIINISTA YLEISESTI.....	20
4.2	D-VITAMIININ MUODOSTUMINEN.....	22
4.3	D-VITAMIININ TOIMINTA JA SÄÄTELY .....	24
4.4	D-VITAMIININ SAANTISUOSITUKSET JA SUOSITUSARVOT .....	26
4.5	FYYSISEN TOIMINTAKYVYN YHTEYS D-VITAMIINIIN – AIKAISEMPIÄ TUTKIMUKSIA 2010–2019 .....	29
<b>5</b>	<b>TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>TUTKIMUSMENETELMÄT .....</b>	<b>35</b>
6.1	TUTKIMUSASETELMA JA TUTKITTAVAT .....	35
6.2	AINEISTOSTA POISTETUT HENKILÖT .....	35
6.3	FYYSISEN TOIMINTAKYVYN MITTAUKSET.....	36
6.3.1	12 MINUUTIN JUOKSUTESTI.....	36
6.3.2	LIHASKUNTOTESTI.....	37
6.4	ANTROPOMETRISET MITTAUKSET .....	41
6.5	D-VITAMIININ ANALYSOINTI.....	42
6.6	TILASTOLLINEN ANALYYSI .....	43
<b>7</b>	<b>TULOKSET .....</b>	<b>44</b>
7.1	OTOSJOUKOT JA KORRELAATIOT .....	44
7.2	REGRESSIOANALYYSIT .....	55
<b>8</b>	<b>POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>58</b>
8.1	TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELU D-VITAMIINITASOITTAIN.....	59
8.2	D-VITAMIININ YHTEYS FYYSISEEN TOIMINTAKYKYYN .....	61
8.3	LUOTETTAVUUS JA RAJOITUKSET .....	63
8.4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTUTKIMUSTARPEET .....	65
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>1</b>
	<b>LIITELUETTELO.....</b>	<b>1</b>

# VARUSMIESTEN D-VITAMIINITASON YHTEYS FYYSSISEEN TOIMINTAKYKYYN

## 1 JOHDANTO

Puolustusvoimien vuoden 2017 henkilöstötilinpäätöksen (Pääesikunta 2018a) mukaan varusmiespalveluksen aloittaa vuosittain noin 24 000 henkilöä, joista noin 4 000 ei suorita palvelustaan loppuun. Asevelvollisten laskeva fyysinen kunto ja muutokset elämäntavoissa voidaan katsoa osasyiksi palveluksen keskeyttämiselle. Asevelvollisilla esiintyvät marssimurtumat ja hengitystieinfektiot aiheuttavat myös poissaoloja, joita voisi vähentää D-vitamiinitason ylläpidolla (Ruohola & Laaksi ym. 2006; Laaksi 2006; Laaksi 2012).

Suomessa aloitettiin elintarvikkeiden D-vitamiinointi vuonna 2003 ja lisätyn D-vitamiinin määrää kaksinkertaistettiin vuonna 2010. Kaikki suomalaiset maitotuotteet ja kasvirasvavälitteet sisältävät lisättyä D-vitamiinia. Elintarvikkeiden D-vitamiinisoinnilla nostettiin kansalaisten D-vitamiinitasoa lähemmäs suositusarvoja. (Elintarvikevirasto 2016, 4.) Saantisuosituksia ja viitearvoja D-vitamiinille on ajan saatossa hienosäädetty, mutta silti suuri osa ihmisistä elää D-vitamiinivajeessa maailmanlaajuisesti tarkasteltuna (Holick 2017). Tämä koskee myös varusmiespalvelusta tai naisten vapaaehtoista palvelusta suorittavia henkilöitä, joista noin viidesosalla oli viitearvoa alhaisempi D-vitamiinitaso (Mittausdata 2018).

Suomessa tehty tutkimus osoitti, että D-vitamiinin puutostila on yhteydessä hengitystieinfektioista aiheutuviin poissaoloihin sekä marssimurtumiin (Laaksi 2012). Ikääntyneellä väestöllä laadituissa tutkimuksissa D-vitamiinilla on osoitettu olevan yhteys muun muassa tasapainoon ja lihasten toimintaan (Moran ym. 2013; He ym. 2016). D-vitamiinilisän, eli D-vitamiinitason tuominen normaalille tai optimaaliselle tasolle lisäravinteilla, on todettu myös ehkäisevän kaatumisia ikääntyneessä väestössä, koska D-vitamiinilla on jonkinasteinen ylläpitävä vaikutus tasapainon kannalta tärkeisiin nopeisiin lihassoluihin (Girgis ym. 2013; Moran ym. 2013).

Nuorilla ja perusterveillä miehillä ei tutkimuksia ole juuri tehty. Tutkimuskentässä on lähinnä tutkittu vauva- ja taaperoikäisiä, nuoria ja vanhuksia (ks. esim. Girgis ym. 2013; Moran ym. 2013). Suomalainen varusmiespalvelus luo kuitenkin erinomaiset puitteet erilaisten ilmiöiden tutkimiselle suuressa joukossa perusterveitä miehiä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen toimintakykyyn. Tavoitteena on selvittää, voiko D-vitamiinin taso selittää fyysisessä toimintakyvyssä esiintyviä poikkeavia tuloksia. D-vitamiinin yhteydestä fyysiseen toimintakykyyn on viitteitä ainakin iäkkäämmillä ihmisillä (Girgis ym. 2013; Moran ym. 2013), mutta perusterveillä nuorilla miehillä tulokset ovat ristiriitaisia (ks. myös Carswell, Oliver, Roberts & Wentz 2018).

## 2 ASEVELVOLLISUUS

Asevelvollisuus tarkoittaa kielitoimiston sanakirjan (2019) mukaan Suomessa 18–60-vuotiaiden miespuolisten kansalaisten velvollisuutta osallistua maanpuolustukseen. Englanninkielien määritelmä asevelvollisuudelle (conscription) on, Merriam-Webster sanakirjan (2019) mukaan, ”compulsory enrollment of persons especially for military service”. Olennaista on siis pakollinen tai velvollisuudellinen palvelus, joka suoritetaan tyypillisimmin asevoimissa. Yleinen asevelvollisuus tarkoittaa Suomen kontekstissa sitä, että kaikki miespuoliset Suomen kansalaiset ovat velvoitettuja palvelemaan aseellisesti valtiota. Asia ei kuitenkaan ole aivan niin yksinkertainen, sillä aseellisesta palveluksesta voidaan vapauttaa viranomaisen päätöksellä ja aseellisen palveluksen voi korvata esimerkiksi aseettomalla palveluksella tai siviilipalveluksella (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 3 §, 67 §).

### 2.1 Yleinen asevelvollisuus Suomessa

Itsenäistymisen jälkeen Suomessa otettiin sellaisenaan käyttöön autonomian aikaiset lait. Näihin kuului muun muassa laki vuodelta 1878, jossa jokainen suomalainen määrättiin puolustamaan omaa isänmaataan. Tämä ei suoraan soveltunut asevelvollisuuslaiksi, sillä se rajoitti myös asevoimien kokoa. Laki kuitenkin mahdollisti Ratisen (2018, 19) mukaan kutsunnat vapaussodan kynnyksellä. Suomen valtakunnan väliaikainen asevelvollisuuslaki 11/1919 oli itsenäistymisen jälkeen ensimmäinen Suomessa säädetty asevelvollisuuslaki. Sen kumosi pysyvä laki asevelvollisuudesta itsenäisessä Suomessa vuodelta 1922. Viimeisin asevelvollisuuslaki on vuodelta 2007, mutta sitäkin on päivitetty esimerkiksi 2012 palvelusajan pituuden osalta (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 37 §). Vuonna 2019 muutettiin asevelvollisuuslain (1438/2007) pykälää 3 siten, ettei Jehovan todistajia enää vapauteta palveluksesta. Asevelvollisuuden perustana on siis maassa annettu laki tai säädös, jonka tottelemattomuudesta rangaistaan.

Suomen puolustusratkaisu tai -kyky perustuu yleiseen asevelvollisuuteen, missä jokainen miespuolinen Suomen kansalainen on asevelvollinen 43 vuotta. Asevelvollinen on palveluksessa, reservissä tai varareservissä. (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 2 §.) Asevelvollisuus alkaa sen vuoden alusta, jolloin henkilö täyttää 18 ja päättyy sinä vuonna, kun henkilö täyttää 60 vuotta (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 2 §; Siilasmaa ym. 2010, 8, 20, 101). Asevelvollisuudeksi luetaan:

- varusmiespalvelus
- kertausharjoitus

- ylimääräinen palvelus
- liikekannallepanon aikainen palvelus
- osallistuminen kutsuntaan
- osallistuminen palveluskelpoisuuden tarkastukseen.

## 2.2 Varusmiespalvelus

Varusmiespalveluksella tarkoitetaan 165, 255 tai 347 vuorokautta kestävästä aseellista tai aseetonta palvelusta. Henkilökohtaisen vakaumuksen vaatiessa aseettoman palveluksen palvelusaika on 255 tai 347 vuorokautta (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 67 §, 69 §). Naisten on ollut mahdollista suorittaa vapaaehtoinen aseellinen palvelus vuodesta 1995 (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 3 §; Laki naisten vapaaehtoisesta asepalveluksesta 194/1995). Asepalveluksen voi henkilökohtaisen vakaumuksen niin vaatiessa myös korvata työ- ja elinkeinoministeriön alaisella siviilipalveluksella (Siviilipalveluslaki 1446/2007, § 1).

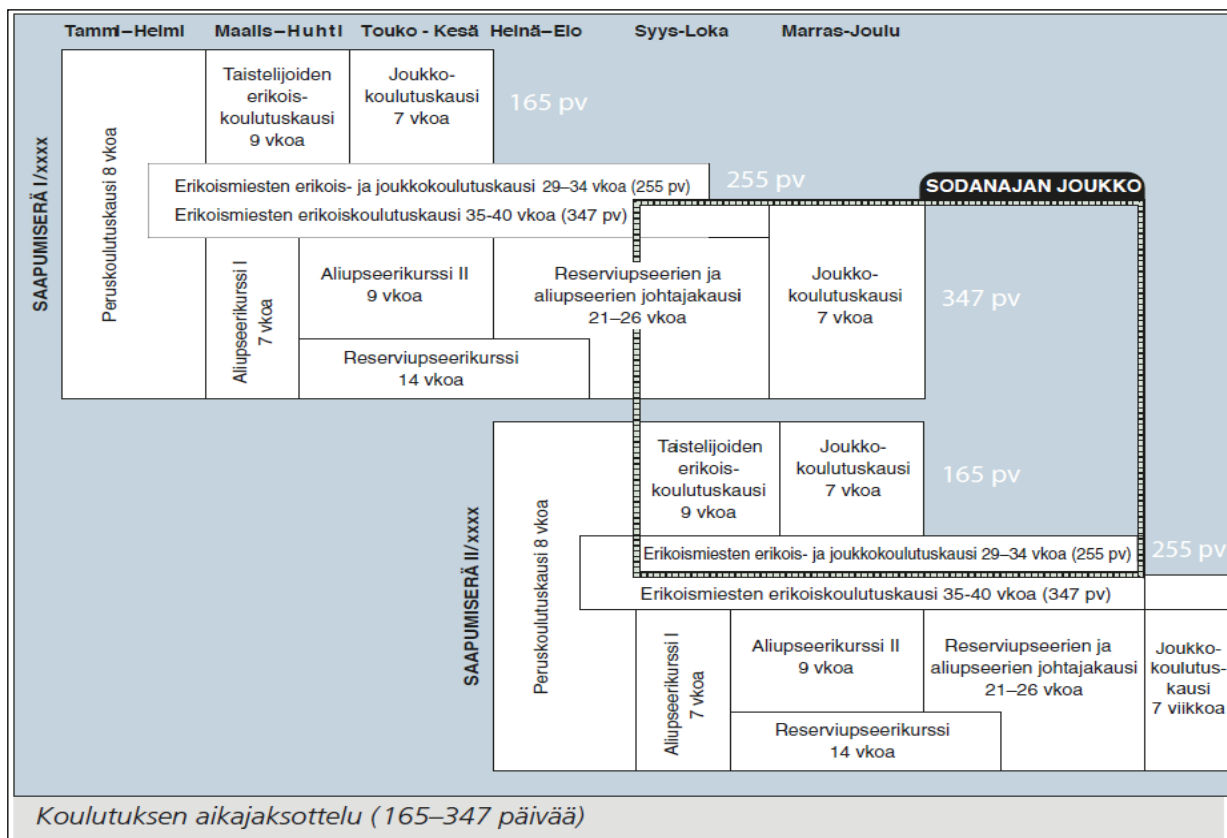
Rauhan ajan aseellisesta palveluksesta voidaan myös vapauttaa, mikäli esimerkiksi terveydelliset syyt, uskonnollinen vakaumus, tai henkilön toteaminen uhkaksi palvelusturvallisuudelle näin vaativat (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 3 §, 10 §, 30 §, 33 §, 65 §). Lähtökohtaisesti ahvenanmaalaiset ja naiset ovat vapautettuja aseellisesta palveluksesta (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 3§). Tasavallan Presidentti hyväksyi eduskunnan päätöksen mukaisesti, ettei asevelvollisuuslain (1438/2007) 3 § 2 momentti enää vapautta jehovan todistajia aseellisesta palveluksesta, josta heillä aikaisemmin oli ainoana uskonnollisena ryhmänä vapautus. Terveydellisistä syistä lähtökohtaisesti vapautetut tyyppin 1 diabeetikot saivat suorittaa asepalveluksen vapaaehtoisesti 2001–2017 erillisen keskitetyn terveystarkastuksen jälkeen (Terveystarkastusohje 2012). Pääesikunnan päätöksellä (2018b) diabetes pysyy esteenä rauhanaikana suoritettulle vapaaehtoiselle asepalvelukselle palvelusturvallisuuteen liittyviin riskeihin vedoten (ks. myös Kärjen artikkeli sanomalehti Kalevassa 20.2.2018).

Kutsunnoissa ja kahden ensimmäisen palvelusviikon aikana jokaisen varusmiespalvelukseen osallistuvan palveluskelpoisuus selvitetään terveystarkastuksella. Mikäli henkilö ei ole palveluskelpoinen, voidaan kyseisen henkilön palvelus keskeyttää määräajaksi, tai henkilö voidaan vapauttaa palveluksesta rauhan aikana kokonaan. (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 10 §, 20 §, 63 §). Vapaaehtoiset naiset voivat keskeyttää palveluksen ensimmäisten 45 päivän kuluessa omalla ilmoituksellaan (Laki naisten vapaaehtoisesta asepalveluksesta 194/1995, 4 §). Aseellisesta palveluksesta voidaan varusmiespalveluksen aikana siirtyä aseettomaan tai siviilipalvelukseen (Asevelvollisuuslaki 1438/2007 67–73 §; Siviilipalveluslaki 1446/2007, 1 §). Mikäli

terveydelliset syyt tai muut ilmi tulleet asiat ovat omiaan vaarantamaan asevelvollisen tai muiden palvelusturvallisuuden, voidaan aseellinen palvelus keskeyttää joko määräajaksi tai kokonaan (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 9 §, 10 §).

### 2.3 Varusmiespalveluksen kesto ja koulutuskaudet

Varusmiespalveluksen pituus vaihtelee palvelustehtävän mukaisesti. Miehistö palvelee 165 vuorokautta, vaativammassa miehistötehtävissä palvelaan 255 vuorokautta ja johtajien ja vaativimpien miehistötehtävien palvelus kestää 347 vuorokautta. (Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 37 §.) Varusmiespalveluksen keston vaikuttavat joukko-osastossa tehtävät joukkotuotannon vaatimat valinnat. Vaativimmat miehistötehtävät kattavat esimerkiksi raskaiden ajoneuvoyhdistelmien (BECE) tai panssariajoneuvojen kuljettajan ja johtajan tehtävät. Sotilaspoliisimiehistö ja lääkintämiehet palvelevat 255 vuorokautta. Saapumiseriä tulee vuosittain kaksi, jolloin edellisen saapumiserän aikana koulutetut johtajat ja erityismiehistö palvelevat nuoremman saapumiserän kanssa samanaikaisesti. Johtajakoulutuksen saaneet kouluttavat ja johtavat nuorempaa saapumiserää ja erityismiehistö toimii omissa suunnitelluissa poikkeusolojen tehtävissään, esimerkiksi kuorma-auton kuljettajina, nuoremman erän kanssa (kuva 1). 165 vuorokauden miehistöllä koulutus jakautuu 8 viikon peruskoulutuskauteen, 9 viikon erikoiskoulutuskauteen sekä 7 viikon joukkokoulutuskauteen.



Kuva 1. Koulutuksen aikajaksottelu (Puolustusvoimat 2019, 12).



Kaikille varusmiehille samankaltaisen kahdeksan viikon peruskoulutuskauden jälkeen alkaa erikois- tai johtajakoulutus. Koulutusta painotetaan joukko-osastoittain, mutta Pääesikunnan normin mukaisesti tietyt asiat tulee opettaa kaikille varusmiehille puolustushaarasta riippumatta samansisältöisinä (Pääesikunta 2015, 4). Yhteisesti koulutettavia asioita ovat esimerkiksi ase- ja ampumakoulutus sekä turvallisuuskoulutus (Pääesikunta 2015, 5). Yhteisesti koulutettavien asioiden lisäksi kullekin koulutuskaudelle on määritetty yleiset tavoitteet (Pääesikunta 2015, liitteet).

Peruskoulutuskauden päämääränä on opettaa sotilaan perustaidot ja turvallinen toiminta osana partiota. Keskeisimpänä asiana on kouluttaa ampumatarvikkeiden ja rynnäkkökiväärin turvallinen käsittely. Pääesikunta pitää myös tärkeänä onnistuneita koulutusvalintoja peruskoulutuskauden lopulla. (Pääesikunta 2015, liite 2, 1.) Erikoiskoulutuskauden päämääränä on opettaa koulutettavan oman puolustushaaran, aselajin tai koulutushaaran mukaiset sotilaalta vaadittavat tiedot ja taidot. Koulutuksen jälkeen koulutettava osaa toimia osana partiotaan, ryhmäänsä tai joukkuettaan. Koulutustavoitteiden täyttyminen määritetään koulutushaaratutkinnolla, jonka sisällön määrittävät puolustushaarojen esikunnat. Pääesikunta on määrittänyt myös erikoiskoulutuskaudelle yhteisesti koulutettavia asioita. (Pääesikunta 2015, liite 3, 1.) Joukkokoulutuskauden aikana varusmiehet harjaantuvat omissa sodanajan tehtävissään. Koulutuskauden aikana varusmiehen tulisi hallita oman sijoituksensa mukaiset tehtävät ja täyttää joukolle asetetut suorituskykyvaatimukset. Varusmiehen tulee myös hallita oman tehtävänsä määrittämässä laajuudessa koulutushaaransa mukainen pääase, esimerkiksi kranaatinheitin, panssarintorjuntaohjus tai kenttätykki. (Pääesikunta 2015, liite 4, 1.)

Varusmiehille annettavan johtajakoulutuksen perusteet annetaan aliupseeri ja reserviupseerikursseilla. Aliupseerikurssin tavoitteena on kouluttaa koulutushaaran mukaisessa tehtävässä toimiminen sekä ryhmän suuruisen osaston johtaminen (Pääesikunta 2015, liite 5, 1). Aliupseerikurssi jaetaan kahteen osaan, joista ensimmäisen suorittavat myös reserviupseerikoulutukseen valittavat. Reserviupseerikoulutukseen valittavat osaavat kurssin jälkeen joukkueen, tai vastaavan koulutushaaran mukaisen osaston johtamisen taistelussa (Pääesikunta 2015 liite 6, 1). Ali- tai reserviupseerikurssin jälkeinen johtajakausi tähtää varusmiesjohtajien harjaannuttamiseen joukkotuotantokauden aikana. Kunkin johtajan tulisi hallita sijoituksensa mukaiset tehtävät ja osata huomioida esimerkiksi kyberturvallisuuden ulottuvuus joukkonsa toiminnassa. Varusmiesjohtajille tulisi myös antaa perusteet aloittaa joukkonsa kouluttaminen omatoimisesti ker-tausharjoituksissa. (Pääesikunta 2015, liite 7, 1.)

255 vuorokautta palvelevan miehistön koulutus jakautuu 8 viikon peruskoulutuskauteen ja 29–34 viikon erikois- ja joukkokoulutuskauteen. Liukuma riippuu koulutettavasta tehtävästä. Kurssi voi kestää yli puoli vuotta, mutta kurssin aikaisella joukkokoulutuskaudella harjaannutaan jo omassa sodanajan tehtävässä ja omassa tulevassa sodanajan kokoonpanossa (kuva 1).

Johtajat ja vaativimmissa tehtävissä palveleva miehistö palvelee 347 vuorokautta. 347 vuorokautta palvelevan miehistön koulutus jakautuu 8 viikon peruskoulutuskauteen, minkä aikana saatetaan jo aloittaa tehtävän vaatima erikoiskurssi. Tällöin peruskoulutuskausi on hieman lyhyempi. Johtajilla jakauma on peruskoulutuskauden jälkeinen aliupseerikoulun ensimmäinen vaihe (7 viikkoa), jonka jälkeen jatketaan toiseen vaiheeseen (9 viikkoa) tai reserviupseerikouluun (14 viikkoa). Kuvassa 1 on myös esitetty vaativien miehistötehtävien, johtajien ja eri saapumiserien yhteinen koulutus (joukkokoulutuskausi). Tuona aikana koulutetaan varsinainen sodanajan joukko omassa kokoonpanossaan (Pääesikunta 2017, 12).

Fyysisen toimintakyvyn testaamisella on tarkoitus kartoittaa henkilöiden soveltuvuutta eri tehtäviin. Yleisenä tavoitteena toimintakyvyn näkökulmasta on, että kahden viikon yhtäjaksoisen taistelukosketuksen jälkeen henkilö kykenee vielä keskittämään kaikki voimansa 3–4 vuorokauden ratkaisutaisteluun. Tämä asettaa vaatimuksia koko toimintakyvyn nelikentälle, fyysinen mukaan lukien. (Pääesikunta 2011b, 3; Pääesikunta 2012, 34; Pääesikunta 2017, 4.)

## 2.4 Tilastoja varusmiespalveluksesta

Puolustusvoimien henkilöstötilinpäätöksen 2017 (Pääesikunta 2018a) mukaan varusmiespalveluksen aloitti 2013–2017 vuosittain noin 24 000 henkilöä. Keskeyttämisprosentti oli noin 15 koko ikäluokasta. Täysin palvelleena kotiutui vuosittain noin 20 000 henkilöä, joista 400–500 naisia. Palveluksen keskeyttää joko terveydellisistä, vakaumuksellisista tai muista syistä noin 4 000 henkilöä. Palvelusajat jakautuvat siten, että 347 ja 165 vuorokautta palvelevia on suunnilleen yhtä paljon ja 255 vuorokauden palveluksen suorittavia noin seitsemäsosa. (Pääesikunta 2018a, 17–19.)

Henkilöstötilinpäätöksessä käsitellään myös varusmiesten kuntotestien tuloksia jotka ovat kokonaisuudessaan noudattaneet laskevaa trendiä mittausten alusta, vuodesta 1975, alkaen. Vuonna 2017 varusmiesten 12 minuutin juoksutestin keskiarvo oli 2 402 metriä. Sekä 12 minuutin juoksutestin että lihaskuntotestin tulosten jakaumassa on havaittavissa huonojen tulosten huomattavaa määrällistä kasvua, kiitettävien tulosten määrän pysyessä ennallaan. (Santtila

2006; Pääesikunta 2018a, 20–23; Santtila 2018.) Henkilöstötilinpäätös esittää ainoastaan tulotestin tulokset (Pääesikunta 2017), mutta varusmiespalveluksen aikana tapahtuvia kuntomuutoksia tulo- ja lähtötestien tulosten perusteella on käytetty datana esimerkiksi Henna Cederberg-Tammisen (2011) ja Ilona Mikkolan (2011) väitöskirjoissa (Oulun yliopisto). Tutkimuksissa käytetyn datan perusteella juoksutestin tulos paranee palveluksen aikana. Mikkola osoitti väitöskirjassaan (2011, 67–69) yhteyden 12 minuutin juoksutestin ja kehonkoostumuksen välillä ja Cederberg-Tamminen painonmuutoksen ja 12 minuutin juoksutestin välillä (2011, 62).

Varusmiespalveluksen kahden ensimmäisen viikon aikana sekä ennen kotiutusta suoritetaan lääkärintarkastus ja kuntotestit. Ensimmäistä kuntotestiä, eli tulotestiä ei saa suorittaa ennen lääkärintarkastusta ja toinen kuntotesti, eli lähtötesti tulisi normin mukaisesti toteuttaa joukkokoulutuskauden kahden ensimmäisen viikon aikana. (Pääesikunta 2012, 34; Asevelvollisuuslaki 1438/2007, 63 §). Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että lähtötesti toteutuu usein palveluksen kahden viimeisen viikon aikana, jotka ovat joka tapauksessa varattu kotiutustoimenpiteisiin ja varusteiden palautuksiin.

### 3 FYYSINEN TOIMINTAKYKY JA ASEVELVOLLISILLA TEHTÄVÄT MITTAUKSET

#### 3.1 Fyysinen toimintakyky

Toimintakyvyllä puolustusvoimissa tarkoitetaan kokonaisuutta, joka kattaa fyysisen, eettisen, psyykkisen ja sosiaalisen toimintakyvyn osa-alueet. Fyysinen toimintakyky on se osakokonaisuus, joka kattaa kyvyn suorittaa kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä. Kunto käsittää fyysisen toimintakyvyn osa-alueista muun muassa kestävyuden, voiman ja nopeuden. Riippuen käytettävästä energia-aineenvaihdunnasta, voi kestävyys olla aerobista tai anaerobista. Voima voidaan energiatuoton perusteella jakaa edelleen maksimi-, kesto- ja nopeusvoimaan. Mikäli tarkastellaan lihaksen supistumista, voidaan voima jakaa myös isometriseen tai dynaamiseen voimantuottoon. Nopeutta voidaan kehittää voimaominaisuuksien kautta, vaikka se onkin pitkälti periytyvä ominaisuus. (Pääesikunta 2011b, 27.)

#### 3.2 Energia-aineenvaihdunta

Ihmiskeho saa ravinnon kautta energiaa hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien muodossa. Energiatihein ravintoaine on rasva, jossa on noin yhdeksän kilokaloria per gramma, proteiinin ja hiilihydraattien sisältäessä noin neljä kilokaloria energiaa per gramma. (Ojala, Laaksonen & Arjanne 2016, 165; Hertzler & Carlson-Phillips 2017, 77; McArdle, Katch & Katch 2018, 111–114). Ojala ym. (2016, 165) mukaan alkoholin energia-arvo on noin seitsemän kilokaloria per gramma. Ravinnosta saatu energia varastoituu ihmiskehoon pääosin rasvana ja glykokeenina tai glukoosina. Lihaksistossa on pieni varasto välitöntä energianlähdettä, adenosiniinifosfaattia (ATP) ja kreatiinifosfaattia (KP), mutta rasituksen pitkittyessä niitä on muodostettava lisää. Ihmiskehoa rasitettaessa energiantuoton mekanismi, eli kehon energia-aineenvaihdunta, riippuu työn intensiteetistä ja kestosta. (Nummela 2016, 128–139; Miller 2017, 49–67; McArdle ym. 2018, 133–163.)

Liike-energian tuottamiseen vaadittavan ATP:n määrän ihmiskeho pyrkii pitämään vakiona, eli varastoja täytetään sitä mukaa kun ne ehtyvät. Mikäli tehtävän harjoituksen intensiteetti äkillisesti nousee tai pitkittyy, eikä työn intensiteettiä jakseta ylläpitää, voidaan osasyysksi katsoa ATP-varaston ehtyminen. Kun lihaksen ATP on käytetty, sitä muodostetaan lisää kolmen pääreitien kautta, joita ovat fosfokreatiinivarastojen, glukoosin ja glykokeenin pilkkominen sekä rasvojen pilkkominen. Nämä reitit voidaan luokitella edelleen välittömiksi, lyhytaikaisiksi ja pitkäaikaisiksi energia-aineenvaihdunnan mekanismeiksi. Välittömät ja lyhytaikaiset reitit ovat

anaerobisia (hapenotosta riippumattomia) järjestelmiä, pitkäaikaisen energiantuoton järjestelmän ollessa aerobinen (hapestasta riippuvainen). Välittömät energianlähteet riittävät noin kuuden sekunnin suoritukseen, jonka jälkeen energiantuotossa siirrytään anaerobisten laktaattia tuottavan glykolyysin kautta aerobiseen energiantuottoon. Rasituksen pitkittyessä on intensiteetin laskettava, jotta aerobisen järjestelmän energiantuotto riittää ylläpitämään liikettä. (Nummela 2016, 128–137; Miller 2017, 49–56; McArdle ym. 2018, 161–164.) Taulukossa 1 on esitetty eri energiantuottoreittien arvioita energiantuottojärjestelmien suhteellisista osuuksista kilpailuissa.

Taulukko 1. Arvio energiantuottojen suhteellisista prosentiosuuksista kilpailuissa (Mukaiillen Newsholme ym. 1992 Nummela 2016 mukaan).

Suoritus/ matka	Fosfokreatiini ATP-KP	Glykogeeni		Veren glukoosi <sup>2</sup>	Triglyseridit (rasvahapot)
		Anaerobinen	Aerobinen		
Hyppy <sup>1</sup>	100				
100 m	50	50			
200 m	25	65	10		
400 m	12,5	62,5	25		
800 m	6	50	44		
1 500 m	Vähän	25	75		
5 000 m	Vähän	12,5	87,5		
10 000 m	Vähän	3	97		
Maraton			75	5	20
Ultra 80 km			35	5	60

<sup>1</sup>Hyppyllä tarkoitetaan alle 6 s kestävästä suorituksesta, eli suorituksesta, jonka aikana käytetään vain lihaksissa olevaa ATP:a (McArdle ym. 2018, 162; ks. myös Miller 2017, 50), <sup>2</sup>Maksan glykogeenivarasto lukeutuu myös tänne.

Fyysisen suorituksen alussa energiantuotanto tapahtuu ATP-KP -varastojen avulla myös siksi, että glykolyysi vaatii muutamia sekunteja ja aerobinen energiantuotto muutamia minutteja tuottaakseen energiaa tehokkaasti. Energiantuotto kestää 2–3 kertaa kauemmin, mikäli keho käyttää rasvaa energianlähteenä. Aerobinen energiantuotto hiilihydraateista on vastaavasti 2–3

kertaa hitaampi kuin anaerobinen glykolyysi, jonka tuloksena syntyy myös maitohappoa. Aerobinen energiantuotto on siis hitaampaa, mutta energiavarastot ovat pitkäaikaisemmat. (Nummela 2016, 139.)

### 3.3 Hermolihasjärjestelmä ja voiman lajit

Ihmisen hermosto jaetaan keskushermostoon, johon kuuluu aivot ja selkäydin, sekä ääreishermostoon, johon kuuluu sensorisia, sympaattisia ja parasympaattisia hermpoja sekä tahdonalaisia liikehermoja (Avela, Mero & Kyröläinen 2016, 89; McArdle ym. 2018, 384–385). Ääreishermostoa pitkin viedään ja tuodaan hermoimpulsseja keskushermostoon (McArdle ym. 2018, 384), joiden perusteella ihmiskeho tuottaa esimerkiksi tahdonalaisia liikkeitä raajoillaan (Deschenes & McCoy 2017, 35). Ihmisen autonominen (ei-tahdonalainen) hermosto kykenee myös tuottamaan liikettä. Sensorista, eli painetta tai lämpöä aistivaa, hermoa pitkin selkäytimen tuleva viesti on tällöin suoraan synaptisessa yhteydessä motoriseen, liikettä aiheuttavaan, hermoon. Tätä kutsutaan myös spinaaliseksi tai reflektoriseksi säätelyksi. (Avela ym. 2016, 104; McArdle ym. 2018, 391–392.) Lihasten solut muodostavat säikeitä, joiden supistumista ohjaa motorinen liikehermo. Tätä yhden motorisen hermon ohjaamaa lihassolukkoa kutsutaan *motoriseksi yksiköksi*, joka on hermolihasjärjestelmän pienin toiminnallinen osa ja voimantuoton perusyksikkö. (Avela ym. 2016, 96; Deschenes ym. 2017, 36; McArdle 2018 391–396.) Motorinen yksikkö voi koostua sadoista lihassäikeistä tai muutamista lihassäikeistä, riippuen siitä, millaista tarkkuutta ja voimaa on tarkoitus tuottaa. Reisilihaksessa motoriset yksiköt ovat suuria, jopa tuhannen säikeen järjestelmiä, kun esimerkiksi silmän liikkeet mahdollistava motorinen yksikkö saattaa sisältää vain muutamia lihassäikeitä. (Avela ym. 2016, 98–99; Deschenes 2017, 36–37; McArdle ym. 2018, 391–392.) Pienet motoriset yksiköt aktivoituvat ensin ja suuremmat rekrytoituvat sitä mukaa, kun voimantuottoa on tarpeen kasvattaa (Deschenes 2017, 36–37; McArdle ym. 2018, 399).

Luurankolihasien lihassolut voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Tyypin I hitaasti supistuviin sekä tyypin Iia ja Iix nopeasti supistuviin lihassoluihin. Kussakin motorisessa yksikössä kaikki lihassolut ovat samaa tyyppiä, mutta yksittäisessä lihaksessa on useita motorisia yksiköitä, eli useita lihassolutyyppiä. Tyypin I lihassolut ovat hitaita, mutta kestävät paremmin väsymystä. Tyypin Iix lihassolut tuottavat paljon voimaa nopeasti, mutta väsyvät nopeasti. Tyypin Iia lihassolut tuottavat enemmän voimaa kuin tyypin I lihassolut ja kestävät rasitusta paremmin kuin tyypin Iix lihassolut. (Avela ym. 99–100; Deschenes ym. 2017, 35–37; McArdle ym. 2018, 396–399.) Lihassolujen tyyppien mukainen jakauma lihaksessa on pitkälti perinnöllistä (Avela

ym. 2016, 96). Toisaalta harjoittelulla voidaan vaikuttaa lihasten kokoon ja hermoston kykyyn rekrytoida motorisia yksiköitä (McArdle ym. 2018, 400).

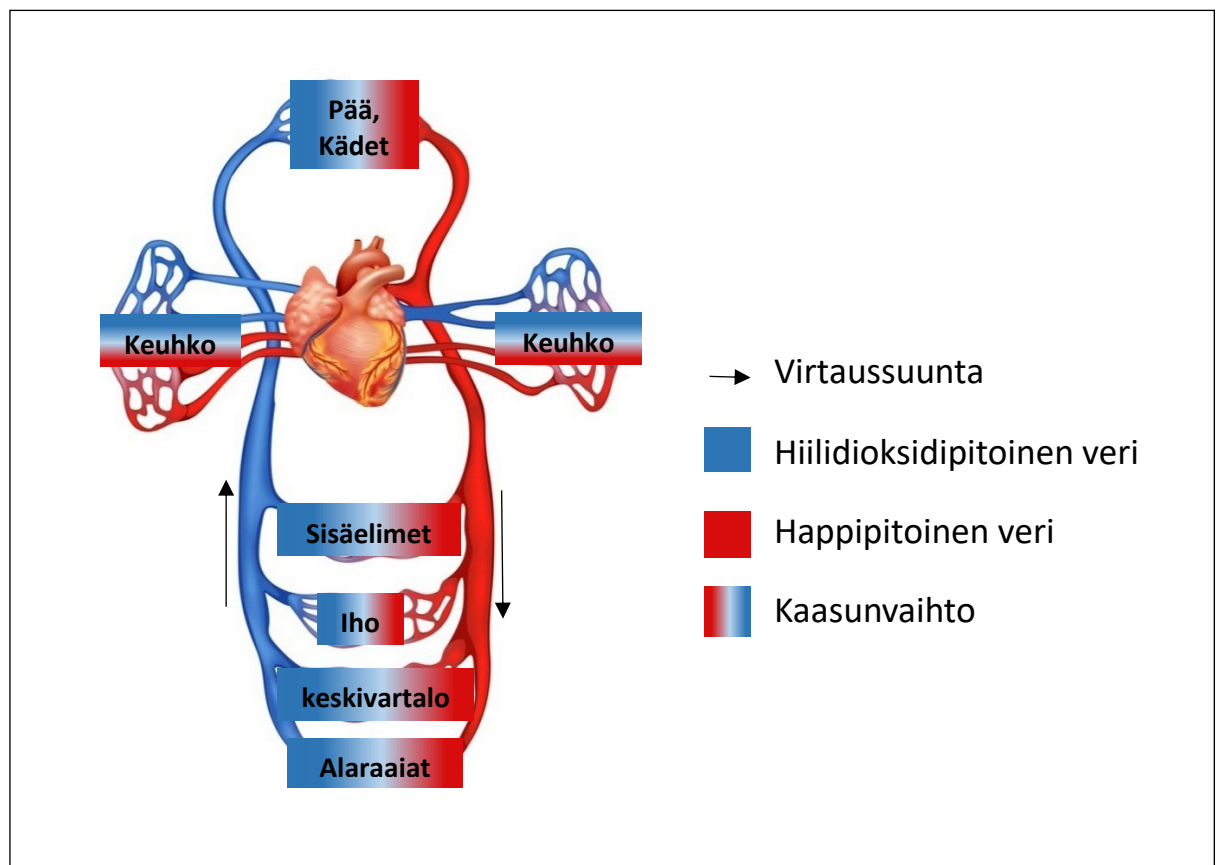
Lihaksella tehtävä työ voidaan jakaa lihaksen pituuden muutosta tarkastelemalla konsentriseen (lihaksen pituus lyhenee), eksentriseen (lihas pitenee) tai isometriseen (lihaksen pituus ei muutu) lihastyöhön (Avela ym. 94; Deschenes ym. 2017, 28; McArdle ym. 2018, 511). Esimerkiksi hauiskääntöä käsipainolla tehdessä hyödynnetään kaikkia lihaksen työtapoja. Kun käsipainoa nostetaan ylös, hauis lyhenee ja yläasennossa käsipaino on hetken pakoillaan, eli lihaksen pituus ei muutu. Lopuksi käsipaino lasketaan alas ja hauis pitenee, vaikka se tuottaa voimaa. Tätä kutsutaan myös venymis-lyhenemissykliksi. (Avela ym. 2016, 94.) Liikkeen tuottamisessa lihakset voidaan jakaa rooliensa perusteella agonistisiin, antagonistisiin, synergistisiin ja stabiloiiviin lihaksiin. Agonisti on pääliikkujana antagonistin vastustaessa liikettä, mikäli sen motoriset yksiköt rekrytoidaan. Synergisti tukee liikettä ja stabiloivat lihakset pitävät jotain niveltä paikallaan, jotta liike on mahdollinen. (Deschenes 2017, 28.) Hauiskäännössä hauis on agonisti, ojentajan toimiessa antagonistina. Synergisteinä toimivat esimerkiksi olkavarren lihakset ja stabiloivina lihaksina keskivartalon lihakset.

Systemaattisesti rasittamalla hermolihaskäyttöjärjestelmää voidaan voimaominaisuuksia kehittää. Voima voidaan jakaa kesto-voima-, maksimivoima ja nopeusvoimaharjoitteluun. Kunkin voiman harjoitteluvasteet ovat erilaiset. Maksimivoimaharjoittelu voidaan jakaa hermostolliseen ja lihaksen poikkipinta-alaa kasvattavaan, hypertrofiseen, harjoitteluun. Nopeusvoimaharjoittelussa kuormat ovat matalia, mutta voiman tuotto pyritään tekemään mahdollisimman lyhyessä ajassa, joko pikavoimana (syklinen, alle kymmenen sekunnin sarja) tai räjähtävänä voimana, jossa tehdään yksittäisiä mahdollisimman nopeita toistoja. (Ahtiainen 2014, 61–62; Isolehto 2016, 265–266.)

Kestovoimaharjoittelussa vastukset ovat matalia, mutta sarjat ovat pitkiä (Ahtiainen, 2014, 61–62). Harjoitteluvasteet kaikessa voimaharjoittelussa liittyvät voiman kasvun osalta motoristen yksiköiden rekrytointitiheyden ja nopeuden, sekä lihassolujen poikkipinta-alan kasvattamiseen (Avela ym. 2016, 100–101). Nopeusvoimaharjoittelussa pyritään madaltamaan motoristen yksiköiden syttymiskynnyksiä ja maksimivoimaharjoittelussa syttymistiheyttä (Avela ym. 2016, 101). Kestävyysharjoittelussa korostuu hitaat tyypin I lihassolut, joiden aerobinen energiantuotto on keskeisessä roolissa pitkäkestoisessa rasituksessa (Avela 2016, 100).

### 3.4 Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Hengitys- ja verenkiertoelimistön tehtävinä ovat hapen, hiilidioksidin, ravinnon ja kuona-aineiden kuljettaminen lihaksista ja keuhkoista, kemiallisten viestien välittäminen ja kehon lämpötilan säätely (Hynynen 2016, 117, 123). Keho saa happea sisään hengitetystä ilmasta, jonka kulkeutuessa keuhkorakkuloihin hiilidioksidin ja hapen osapaine-erot mahdollistavat kaasunvaihdon. Happimolekyylit sitoutuvat keuhkorakkuloissa olevan veren hemoglobiiniin, joka puolestaan kuljettaa hapen verenkierron avulla lihaksissa olevaan hiusverisuonistoon. Siellä happi siirtyy lihassoluihin, jotka käyttävät happea energian tuottamiseen. Energiantuotossa muodostunut hiilidioksidi sitoutuu hapen kuljettaneeseen hemoglobiiniin (kaasunvaihto) ja siirtyy verenkierron mukana keuhkoihin, jossa kaasunvaihdon avulla hiilidioksidi poistuu elimistöstä hapen sitoutuessa hemoglobiiniin. (Avela ym. 2016, 117–119; Smith 2017, 17; McArdle ym. 2018, 166, 269–282, 343.) Kaasunvaihtoa tapahtuu sekä keuhkoissa että lihasten hiusverisuonistossa (Avela 2017, 17). Kaaviokuva hengitys- ja verenkiertoelimistön järjestelmästä on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta hapen ( $O_2$ ) ja hiilidioksidin ( $CO_2$ ) osalta (mukaiillen peda.net; ks. myös Smith 2017, 14 ja McArdle ym. 2018, 305.)



Kehon kuormituessa sydän- ja verenkiertoelimistön toiminta kiihtyy. Syke nousee ja hengitystiheys kasvaa, eli ihminen hengästyy. Tätä järjestelmää ohjaa pääosin autonominen hermosto, joka reagoi muun muassa kehossa ilmenneeseen hapen ja hiilidioksidin epätasapainoon. Kun kuormitus kasvaa, syke nousee ja hengitystiheys kasvaa entuudestaan, kunnes kyky toteuttaa vaadittua työtä on saavutettu. Kun energiantuotto ei riitä toteutettavan työn tekemiseen, tapahtuu uupuminen, eli vauhti hidastuu tai rasitus muuttuu sietämättömäksi. (Avela ym. 2016, 118, 121–127; Smith 2017, 19; McArdle ym. 2018, 165.) Hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn kvantitatiivinen mitta on maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_2\text{-max}$ ). Siitä käytetään myös nimityksiä maksimaalinen hapenkulutus, maksimaalinen aerobinen teho tai aerobinen kapasiteetti. Sen kvantitatiivisena yksikkönä käytetään  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  ja siihen vaikuttaa keuhkojen tuuletus, hemoglobiini, verenkierron tehokkuus, ääreisverenkierron ja hiusverisuonten vastus ja soluissa tapahtuva aerobinen metabolismi. (Smith 2017, 20–21; McArdle 2018, 166.)  $VO_2\text{-max}$  suora mittaaminen vaatii laitteiston, jolla sisään- ja uloshengitetyn ilman hapen määrää voidaan mitata esimerkiksi juoksumatolla hengitys- ja verenkiertoelimistöä rasitettaessa (McArdle ym. 2018, 179–187). Maksimaalista hapenottokykyä ( $VO_2\text{-max}$ ) voidaan myös mitata epäsuorasti erilaisin juoksutestein, joista Cooperin (1968) kehittämä 12 minuutin juoksupro testi on käytössä Puolustusvoimissa (Pääesikunta 2011a)

### 3.5 Antropometriset mittaukset

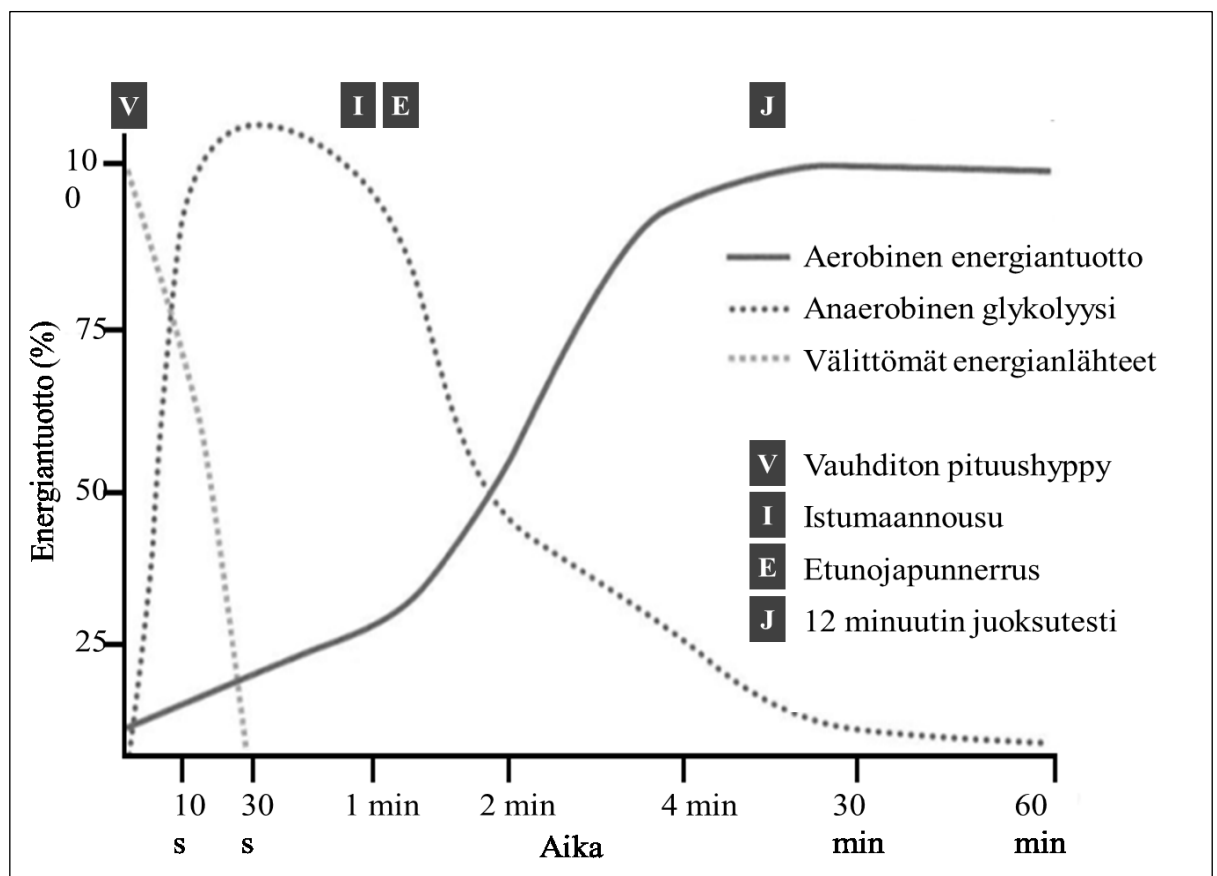
Antropometrisilla mittauksilla tarkoitetaan kehon rakenteen tai koostumuksen mittaamista erilaisin määrällisin mitoin. Yksinkertaisimmat esimerkit ovat pituus ja paino. Pituuden ja painon perusteella voidaan laskea kehonpainoindeksi (Body Mass Index, BMI), jonka on osoitettu kuvaavan henkilön yli- tai alipainoa (WHO 2019; Okorodudu ym. 2010, Fogelholm ym. 2013). Kehon painoindeksin laskemiseksi henkilön kehonpaino jaetaan pituuden neliöllä, jolloin sen yksikkö on  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Kehonpainoindeksi ei huomioi kehon koostumusta, joten lihaksikkaan ruumiinrakenteen omaava henkilö voidaan sen perusteella luokitella ylipainoiseksi tai keskivartalolihevaksi henkilö normaalipainoiseksi (Okorodudu ym. 2010, 791–792). Koska keskivartalolihevyyden on osoitettu olevan luotettava mittari terveydestä ja yhteydessä elintapoihin, on maailman terveysjärjestö suosittelut BMI:n rinnalle mitattavaksi vyötärön ympärysmittaa tai vyötärön ja lantion välisten mittojen suhdetta (WHO 2019; 2008, 12–20). Maailman terveysjärjestö on määrittänyt sukupuolen (WHO 2008, 27) ja etnisen taustan (WHO 2008, 30) perusteella korjatut viitearvot muihin tutkimuksiin viitaten 2008.

Kehonpainoindeksillä ja vyötärön ympäryksellä on osoitettu suoria yhteyksiä yleiseen kuolleisuuteen, korkeaan verenpaineeseen, tyypin 2 diabetekseen ja sydän- ja verenkiertoelimistön

sairauksiin (WHO 2008, 17; Okoroudu ym. 2010, 791–792; McArdle ym. 2018, 733). Liitteen 1 taulukoiden 1 ja 2 viitearvojen ylittyessä on suositeltavaa muuttaa elintapojaan esimerkiksi liikunta- ja syömistottumuksiltaan välttyäkseen kohonneelta riskiltä edellä mainittuihin asioihin.

### 3.6 Varusmiesten ja vapaaehtoisten naisten fyysisen toimintakyvyn mittaukset

Varusmiehillä (tällä termillä katetaan jatkossa myös naisten vapaaehtoista palvelusta suorittavat henkilöt) yleisesti teetettävien kuntotestien tarkoituksena on selvittää maksimaalinen hapenotto- ja lihaskunto. Maksimaalista hapenottoa mitataan varusmiehiltä 12 minuutin juoksupuhtelulla ja lihaskuntoa lihaskuntotestillä. Lihaskuntotestissä varusmiehiltä mitataan 60 sekunnin toistomäärä etunojapunnereuksilla ja istumaannousuilla, sekä vauhdittoman pituushypyn metrimääräinen tulos. Jokaisen varusmiehen vyötärön ympärysmitta mitataan. Pituuden ja painon perusteella lasketaan lisäksi painoindeksi. Testauksen suorittaa aina henkilökuntaan kuuluva kuntotestaajan oikeuden omaava kouluttaja (Pääesikunta 2011b, 6–7.). Kuntotesteissä käytettävät energiantuottojärjestelmät ovat kuvassa 3.



Kuva 3. Energiantuottomekanismit puolustusvoimien kuntotesteissä (mukailen Helén 2017).

Varusmiespalveluksen aikana varusmiesten tulee suorittaa kuntotestaus palvelusajasta riippumatta kaksi kertaa. Ne toteutetaan palveluksen alussa ja lopussa (Pääesikunta 2012, 34). Testeillä on viitearvotaulukot, joilla tulokset voidaan muuttaa numeerisiksi arvoiksi (1–5), jotka edelleen antavat luokituksen heikko–erinomainen. Viitearvojen jakautuminen luokkiin ja numeerisiin arvoihin ei ole täysin lineaarista, kuten taulukosta 2 ilmenee. Kuntotestien tulosten määrittämät indeksit perustuvat liitteenä 2 oleviin Kuntotestaaajan käsikirjan (Pääesikunta 2012, 64–65) taulukoihin. Lihaskuntoindeksistä (LKI) ja kestävyysindeksistä (KEI) laskettavasta keskiarvosta käytetään nimitystä henkilökohtainen kuntoindeksi (HKI) (Pääesikunta 2012, 33; Pääesikunta 2011a, liite 6, 11–12).

Taulukko 2: Viitearvojen selitykset (Pääesikunta 2011b, 44–65).

Heikko	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Kiitettävä	Erinomainen
<1	1 – 1,49	1,5 – 2,49	2,5 – 3,49	3,5 – 4,49	4,5 – 5

Saavuttaakseen erinomaisen lihaskunto- ja kestävyysindeksin on varusmiehen vähintään:

- Juostava 3 100 metriä (KEI 4,5 raja)
- Hypättävä 2,50 metriä vauhditonta pituutta
- Suoritettava 44 istumaannousua
- Punnerrettava 38 kertaa.

Vapaaehtoisten naisten arvot ovat vastaavasti 2 800 ja 2,00 metriä, sekä 38 ja 30 toistoa. (Pääesikunta 2011b, 64–65). Puolustusvoimien palkatulle sotilas- tai siviilihenkilökunnalle on omat taulukot. Sen lisäksi miehille ja naisille on omat taulukot. Tämän lisäksi palkatulla henkilöstöllä ikä laskee tulosrajoja viiden vuoden välein. (Pääesikunta 2011b 44–63.)

Koska testeissä mitataan maksimaalista fyysistä suorituskykyä, on Puolustusvoimissa käytössä yksityiskohtaiset ohjeet testien valmisteluista. Yleisjärjestelyistä kaikille testeille mainitaan, että kuntotestiin osallistuvalla on annettava ohjeet testitapahtumasta ja valmistautumisesta viimeistään testiä edeltävänä päivänä. Edellisen vuorokauden aikana tulee välttää kovaa fyysistä rasitusta ja valvomista. Ruokailun ja testin välissä tulee kulua vähintään kaksi tuntia. Testiin ei saa osallistua sairaana tai toipilaana. Ilmapiiiri on pyrittävä saamaan ”positiiviseksi, iloiseksi ja kannustavaksi”. (Pääesikunta 2012, liite 6, 1.)

Pääesikunnan (2011a, 5) mukaan fyysisen suorituskyvyn yleisinä tavoitteina, maksimaalisen hapenottokyvyn osalta, on:

- esikuntatehtävissä  $VO_2$ -max vähintään  $42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (noin 2 300 metriä)
- liikkuvan sodankäynnin joukko  $VO_2$ -max  $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (noin 2 800 metriä)
- erikoisjoukoissa  $VO_2$ -max  $55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  (yli 3 000 metriä).

Lihaskunnolle asetettava vaatimus on, että taistelija säilyttää toimintakykynsä vähintään 25 kilogrammaa painavan lisäkuorman kanssa, huomioiden että kuorma voi olla jopa 55–60 kilogrammaa. Kuumen, kylmän tai korkeuserojen aiheuttamat ympäristöolosuhteet saattavat lisätä näitä tavoitetasovaatimuksia. (Pääesikunta 2011a, 5.)

## 4 D-VITAMIINI JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY

D-vitamiinin löytäjä, Adolf Windaus, voitti kemian Nobel-palkinnon 1928 osoitettuaan, että ergosterolista muodostuu D-vitamiinia ultraviolettisäteilyn (UV-säteilyn) avulla (Nobel Prize 2019). D-vitamiinista johtuvat terveysvaikutukset tunnistettiin jo aiemmin, sillä kalanmaksaöljyn ja ulkoilman todettiin ehkäisevän riisitautia. 1900-luvulla D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen toimintakykyyn, ehkä itse D-vitamiinin roolia tiedostamatta, tutkittiin jo 1930- ja 1940-luvulla Saksassa, Neuvostoliitossa ja Yhdysvalloissa. Kolmessa erillisessä tutkimuksessa todettiin, että tulokset paranivat muun muassa sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyudessa, mikäli koehenkilöitä altistettiin UV-säteilylle. (Gorkin, Gorkin & Teslenko 1938; Lehmann & Müller 1944; Allen & Cureton 1945.) 1970-luvulla huomattiin, että D-vitamiini poikkeaa muista vitamiineista, koska keho kykenee tuottamaan sitä ihosta UV-säteilyn ansiosta (Holick, Fromer, McNeill, Richtand, Henley & Potts Jr. 1977).

D-vitamiinia kohtaan on osoitettu suurta kiinnostusta myös 2000-luvulla. Esimerkiksi vuonna 2011 julkaistiin yli tuhat artikkelia ja tutkimusta D-vitamiiniin liittyen ilmenee D-vitamiinin ja lihaksiston välisten tutkimusten systemaattisesta kirjallisuuskatsauksesta (Girgis, Clifton-Bligh, Hamrick, Holick & Gunton 2013, 34). Girgin ym. (2013) tutkimuksessa todettiin, että D-vitamiinitasolla on yhteys ikääntyneen väestön kaatumisiin ja siitä johtuviin murtumiin ja sairaalahoitoihin. Jotkin tutkimustulokset olivat tosin ristiriitaisia (Girgis ym. 2013, 60–61), mutta D-vitamiinin puutostilan ja kaatumisten yhteys kyettiin osoittamaan. Fyysisen suorituskyvyn yhteydet D-vitamiiniin ovat Girgin ym. (2013) mukaan havaittavissa niin sanotuissa haavoittuvaisissa joukoissa. Haavoittuvaisilla Girgis ym. tarkoittivat esimerkiksi iäkkäitä ihmisiä, lapsia tai henkilöitä, joilla on alhainen D-vitamiinitaso (Girgis ym. 2013, 61–64). Girgin ym. systemattisen kirjallisuuskatsauksen tutkimusten kohdejoukko oli ikääntyvä väestö. Nuorimmat koehenkilöt olivat 32-vuotiaita (Girgis ym. 2013, 64). Heidän mukaansa jo 1970-luvulla on osoitettu, että lihaksille tapahtuu morfologisia muutoksia, mikäli D-vitamiinin puutos on ollut voimakasta ja pitkäaikaista. Esimerkiksi tyypin 2 lihassolujen ympäröimä ja suhteellinen määrä laskevat (Girgis ym. 2013, 66–67). Toisaalta Girgin ym. viittaama julkaisu Sato, Iwamoto, Kanoko, Satoh 2005 vedettiin takaisin, datan eheyden ja mahdollisen epätieteellisyyden takia (Retraction paper 2017).

Moran, McChung, Kohen ja Lieberman ovat julkaisseet systemaattisen kirjallisuuskatsauksen (2013) *Vitamin D and Physical Performance* (suom. D-vitamiini ja fyysinen suorituskyky). Heidän tavoitteena oli tutkia, vielä silloin tuoreena olevaa, tutkimustietoa liittyen D-vitamiinin rooliin fyysisen suorituskyvyn ylläpitämisessä, sekä muutamalla tutkimuksella osoittaa miten

D-vitamiini tukee sydän- ja verenkiertoelimistön, vastustuskyvyn ja luurankolihasiston järjestelmiä (Moran ym. 2013, 601). Moran ym. (2013) mukaan on löydetty suora yhteys D-vitamiinitason ja erilaisten fyysisen toimintakyvyn parametrien välillä. Usein näitä parametreja korjattiin kehon painoindeksin, iän ja seerumin parat-hormonipitoisuuden osalta (Moran ym. 2013, 603). Voimakkaimmat ja toistuvimmat korrelaatiot havaittiin reaktioajan, tasapainon ja kelloitetujen fyysisen suorituskyvyn testien osalta. Moran ym. (2013, 603) toteavat, että vaikka monet pitkittäistutkimukset osoittaisivat yhteyksiä, muutamat eivät. Syy-yhteyksien löytämisessä on siis riski käänteiselle kausaliteetille. (Moran ym. 2013, 603.)

Koundourakis, Agoustinakiin, Malliarakiin ja Margiorisin (2016) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin selvittämään D-vitamiinin yhteyttä lihastoimintoihin nuorilla urheilijoilla, ikääntyneillä ja amatööriurheilijoilla. Heidän tärkein johtopäätöksensä oli, että D-vitamiinilisästä on hyötyä ainoastaan, mikäli D-vitamiinitaso ei entuudestaan ole optimaalisella tasolla. (Koundourakis ym. 2016, 483.) Heidän artikkelissaan todettiin myös, että D-vitamiinipuutos aiheuttaisi muutoksia lihassoluissa, mutta he eivät kyenneet todistamaan väitettään (Koundourakis ym. 2016, 472–474).

Esitetyt kirjallisuuskatsaukset (Girgis ym. 2013; Moran ym. 2013; Koundourakis ym. 2016) ovat osoittaneet, että riittävän D-vitamiinitason ja fyysisen toimintakyvyn välillä on yhteys. D-vitamiinin puutostilan, eli hypovitaminoosi D:n, on myös todettu olevan yhteydessä heikentyneeseen fyysiseen kuntoon, ainakin iäkkäämmillä ihmisillä (yli 60-vuotiailla). Nuorilla ja perusterveillä miehillä tutkimuskenttä on niin vajavainen, ettei ainakaan systemaattisia kirjallisuuskatsauksia ole tehty.

Holick (2017) osoitti että D-vitamiinin vajaus on edelleen yleistä koko maailmassa, kutsuen tämän hetkistä tilannetta pandemiaksi. D-vitamiinivajetta esiintyy riippumatta leveysasteesta ja sitä esiintyy etenkin raskaana olevilla naisilla, henkilöillä, joilla on paljon melaniinia ihossa (tummempi ihonsävy), ylipainoisilla lapsilla ja aikuisilla sekä henkilöillä, jotka syystä tai toisesta eivät vietä aikaa auringonvalossa (Holick 2017, 155). Hänen mukaansa helpoin ratkaisu olisi edelleen lisätä esimerkiksi maidon ja margariinin D-vitamiinin määrää ja nostaa päivittäisen D-vitamiinin saantisuosituksia (Holick 2017, 163–164). Hän perustelee kantaansa tutkimuksilla, joiden mukaan tämänhetkisten D-vitamiinitason ylärajojen perustelut eivät ole vedentäviä ja viittaa tutkimuksiin, joissa ei ole havaittu haittavaikutuksia, vaikka D-vitamiinisuosituksen ylärajoista olisi poikettu (Holick 2017, 163). Holickin mukaan (2017, 163) Yhdysvaltain Endocrine Societyn (Holick ym. 2011) antamat, hieman normaalia suuremmat, rajat ovat perusteltuja ja turvallisia, eikä hän näe niiden ottamisessa yleiseen käyttöön ongelmaa. Hän oli

tosin itse mukana tutkimusryhmässä, joka määrittä korkeammat rajat ja Yhdysvaltain Institute of Medicine (IOM) julkaisi vastineen, jossa korkeammat raja-arvot kyseenalaistettiin (Rosen ym. 2012).

Yleistyneen tutkimuskentän ja kenties sen esiin tuomien ristiriitaisuuksien myötä, Euroopan Unioni pyysi Euroopan elintarviketurvallisuusviranomaiselta (European Food Safety Agency, EFSA) tieteellisen mielipiteen D-vitamiinin viitearvoista ja D-vitamiinista yleisesti. EFSA on puolueeton, tunnustetuista asiantuntijoista koottu paneeli, joka EU:n pyynnöstä julkaisi tieteellisen mielipiteen D-vitamiinista (EFSA 2016). Julkaisussa todetaan muun muassa, että aikaisempien tutkimusten tulokset ovat ristiriitaisia, eikä mittaustuloksien vertailu keskenään ole täysin ongelmatonta poikkeavista mittauskäytännöistä johtuen (EFSA 2016, 19, 75–76). EFSA:n paneelin julkaisu on sen kattavuudesta ja ilmeisestä puolueettomuudesta (EFSA 2016, 1–4) johtuen valikoitunut yhdeksi tämän tutkimuksen päälähteistä.

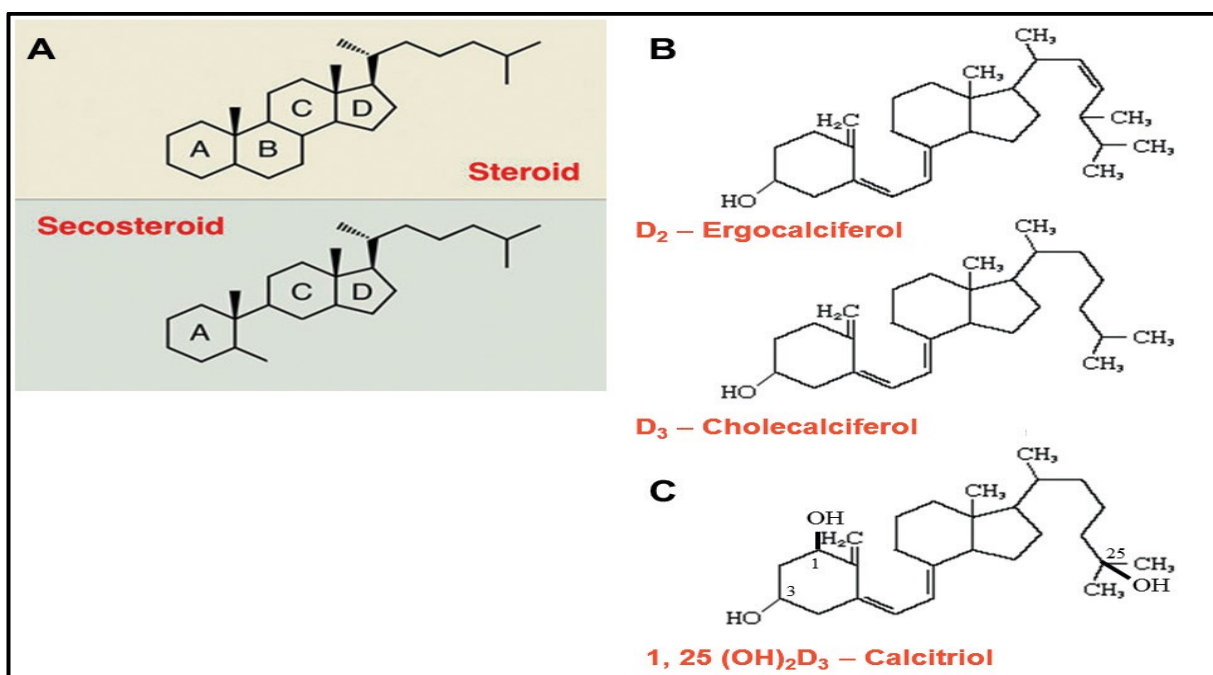
#### 4.1 D-vitamiinista yleisesti

D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen toimintakykyyn ja ihmisen yleiseen terveyteen, hengitystieinfektioista syöpien patologiaan, on tutkittu kattavasti, mutta kaikkia D-vitamiiniin liittyviä mekanismeja ihmiskehossa ei ole yksiselitteisesti kyetty osoittamaan. Tämän lisäksi D-vitamiinin saanti- ja laatusuositukset ovat vaihdelleet, mutta vuonna 2016 Euroopan johtava elintarviketurvaviranomainen EFSA antoi omat suosituksensa Euroopassa. Yhdysvalloissa kansallinen terveysinstituutti (National Institutes of Health, NIH) on vastaava instituutio, joka määrittä D-vitamiinille viitearvot julkaisemassaan artikkelissa terveysammattilaisille (Fact Sheet for professionals 2018). NIH:n (2018) määrittämät viitearvot ovat osittain yhteneväisiä EFSA:n antamien arvojen kanssa. EFSA tosin tarkensi saantisuosituksiaan alle 1-vuotiaiden osalta viime vuonna (EFSA 2018). On myös huomattava, että NIH antoi suorat viitearvot D-vitamiinitasolle veren seerumissa. Vastaavasti EFSA keskittyi saantisuosituksen määrittämiseen, jotta tavoiteltava D-vitamiinitaso voidaan saavuttaa ja ylläpitää. (vrt. EFSA 2016, 1; NIH 2018, 1.) EFSA:n mukaan viitearvojen antaminen kehon D-vitamiinitasolle ei ole mielekäästä, koska tulosten vertaaminen eri tutkimusten välillä tulee tehdä varoen. Tällä hetkellä mittausten menetelmissä on havaittu verrattain suuria eroja, minkä johdosta varmoja ja koko väestön kattavia viitearvoja ei D-vitamiinitason tai päivittäisen saannin osalta voida antaa. (EFSA 2016, 19.)

D-vitamiini kuuluu, A-, E- ja K-vitamiinien lisäksi, rasvaliukoisiin vitamiineihin (Freese & Voutilainen 2017, 90). D-vitamiini poikkeaa muista vitamiineista siten, että ihmiskeho kykenee tuottamaan sitä itse. Myös tiettyjä B-vitamiineja ja K-vitamiinia voidaan syntetisoida kehossa

(Jeukendrup 2010, 224 ja 253). D-vitamiini ei myöskään, vitamiineille tyypillisellä tavalla, toimi katalyyttinä, vaan sen aktiivinen muoto ihmiskehossa toimii hormonin tavoin. (He ym. 2016, 43; ks. myös Freese & Voutilainen 2017, 90, 95–98). Tutkimusten perusteella D-vitamiinin tiedetään säätelevän ihmiskehossa kalsiumin aineenvaihduntaa (Freese & Voutilainen 2017, 98; Huupponen & Savontaus 2018a). D-vitamiinin ja fyysisen toiminta- tai suorituskyvyn alueella tutkiminen on kasvussa, mutta tulokset ovat usein ristiriitaisia, tai EFSA:n raportin perusteella, jopa kyseenalaisia (EFSA 2016, 14).

D-vitamiineiksi kutsuttavat steroidit jaetaan kahteen ryhmään: D<sub>2</sub>- ja D<sub>3</sub>-vitamiineihin, eli ergokalsiferoliin ja kolekalsiferoliin. Kummallakin D-vitamiinin tyypillä on kolekalsiferolin biologinen aktiivisuus, eli ne ovat vaikutuksiltaan samankaltaisia. Niiden kemiallinen kaava ja kemiallinen samankaltaisuus, erityisesti sekosteroidien kanssa, on esitetty kuvassa 3. D<sub>2</sub>-vitamiinia ei ole mahdollista syntetisoida kehossa, eikä se imeydy yhtä hyvin kuin D<sub>3</sub>-vitamiini, jota muodostuu ihmiskehossa auringon ultravioletti B (UVB) -säteilyn vaikutuksesta. Mikäli auringonvaloa ei ole saatavilla, tulee D-vitamiinia saada ravinnosta. D<sub>2</sub>-vitamiinia on kasvukunnan tuotteissa, lähinnä sienissä, jotka ovat altistuneet UVB-säteilylle. D<sub>3</sub>-vitamiinia on puolestaan eläinperäisissä tuotteissa, kuten kananmunissa ja rasvaisissa kaloissa. (Freese & Voutilainen 2017, 95–96; He ym. 2016, 42–44; Moran ym. 2013, 601–602.) EFSA:n vuonna 2016 julkaiseman raportin mukaan D<sub>2</sub>- ja D<sub>3</sub>-vitamiinien välisiä eroja ihmiskehossa ei ole riittävällä tarkkuudella tutkittu, vaikka niiden toiminta ihmiskehossa on kemiallisesti samanlainen (EFSA 2016 15).



Kuva 3. D-vitamiinin kemiallinen samankaltaisuus hormonien kanssa (He ym. 2016, 43)



Ihmiskehon D-vitamiinitasoon vaikuttavat vuodenaika ja leveysaste (altistuminen UVB-säteilylle), ikä, ihonväri (pigmentti), vaatetus, aurinkovoiteiden käyttö sekä ravinto. (He ym. 2016, 55–56; EFSA 2016, 11–13; Freese & Voutilainen 2017, 95–96.) Etäisyyden kasvaessa päiväntasaajasta, eli 35–37 leveysasteiden pohjois- tai eteläpuolella on suurempi riski D-vitamiinin puutostiloille, koska auringonvaloa ei riitä koko vuodeksi. Peittävä vaatetus (esimerkiksi maastopuku tai taisteluväri) voi estää altistumisen auringonvalolle myös kesäkuukausina, eikä ruokavalio välttämättä mahdollista riittävää D-vitamiinin saantia (Moran ym. 2013, 605; ym. 2016, 55).

## 4.2 D-vitamiinin muodostuminen

Kun iho altistuu esimerkiksi auringosta saatavalle UVB-säteilylle, ihossa oleva 7-dehydrokolesteroli muuntuu kolekalsiferoliksi (D<sub>3</sub>-vitamiini). Kesällä keskipäivän aikaan tarvittava määrä auringon UVB-säteilyä saadaan jo parinkymmenen minuutin auringossa olon jälkeen. Tämä reaktio on tarkasti säädelty, eikä ihon kautta muodostuvasta D-vitamiinista voi saada myrkytystä. Muodostumisensa jälkeen kolekalsiferoli kiinnittyy D-vitamiinia sitovaan proteiiniin (Vitamin D binding protein, DBP tai Gc-proteiini), jonka avulla se kulkeutuu verenkierron mukana maksaan. Ravinnon kautta saatava ergokalsiferoli (D<sub>2</sub>-vitamiini) ja kolekalsiferoli imeytyy pohjukais-, ohut- ja sykkyräsuolesta verenkiertoon ja kulkeutuu saman kuljetusproteiinin avulla maksaan. (Freese & Voutilainen 2017, 95–99). Freesen ja Voutilaisen mukaan (2017, 95) on viitteitä siitä, että 25(OH)D<sub>2</sub>, eli D<sub>2</sub>-vitamiinista hydraksoiloitunut kalsidioli sitoutuu huonommin plasman kuljetusproteiiniin (DBP). Tämän takia suuri osa D<sub>2</sub>-vitamiinivarastoista poistuu ulosteen ja virtsan mukana. Joidenkin tutkimusten mukaa ergokalsiferoli imeytyy jopa 60–80 prosenttia huonommin kuin kolekalsiferoli ihmiskehoon, jolloin suurin osa siitä poistuu ulosteen mukana (Freese & Voutilainen 2017; EFSA 2016, 14).

Maksassa D-vitamiini hydroksyloituu 25(OH)D:ksi. 25(OH)D, eli kalsidioli kulkeutuu veren plasmassa olevan kuljettajaproteiinin (DBP) mukana edelleen munuaisiin, jossa se hydroksyloituu 1,25(OH)<sub>2</sub>D:ksi, eli kalsitrioliksi (kuva 4). Tätä munuaisissa tapahtuvaa reaktiota kutsutaan 1 $\alpha$ -hydroksylaasiksi. Osa 1,25(OH)<sub>2</sub>D:sta voi muodostua myös munuaisten ulkopuolella esimerkiksi aivoissa, endoteelisoluissa, haimasaarekkeessa tai ihossa. Tämän hydroksylaation on myös osoitettu tapahtuvan istukassa sikiön kehittymiseen liittyen. (Freese & Voutilainen 2017, 98–99, ks. myös EFSA 2016, 15; NIH 2018.) Munuaisissa tapahtuvan hydroksylaation tuotteena muodostuu myös 24,25(OH)<sub>2</sub>D:tä, jonka fysiologinen tai endokriininen toiminta on vielä epäselvää (Huupponen & Savontaus 2018a).



Kuva 4. D-vitamiinin aineenvaihduntaa (mukaillen Paakkari 2019).

Kalsitrioli, eli  $1,25(\text{OH})_2\text{D}$  on hormoni, jolle löytyy reseptoreita ainakin kolmestakymmenestä eri kohdekudoksesta. Näiden D-vitamiinireseptoreiden (Vitamin D receptor – VDR) toimintaa kaikissa kudostyypeissä ei ole kyetty selittämään. (Freese & Voutilainen 2017, 99; ks. myös EFSA 2016, 15; Vitamin D – Fact Sheet for Health Professionals). Tärkeimpänä vaikutuskohdanna Huupponen ja Savontaus (2018a) pitävät suolen seinämän kautta käynnistettävän kalsiumin imeytymistä lisäävän proteiinin synteesiä (ks. myös Freese & Voutilainen 2017, 98–99). Kalsitriolin määrä verenkierrossa on vain sadasosa kalsidiolin määrästä ja sen puoliintumisaika on vain muutamia tunteja, kun taas kalsidioli puoliintuu 2–6 viikossa (EFSA 2016 17–18; Paakkari 2016).

Veren seerumissa olevan  $25(\text{OH})\text{D}$ :n, eli kalsidiolin on osoitettu toimivan luotettavimpana mittarina kehon D-vitamiinitasolle (Freese & Voutilainen 2017, 97). Tätä tukee myös EFSA:n raportti, vaikka se kehottaa keskenään erillisten tutkimustulosten tulkitsemisessa varovaisuuteen mittauskäytäntöjen poikkeavuuksien takia (EFSA 2018, 19, 120–121). D-vitamiini varastoituu

kehon kudoksiin pääosin kolekalsiferolina ja veren plasmaan 25(OH)D:na. Noin puolet kehon D-vitamiinivarastosta on kolekalsiferolina ja noin viidesosa 25(OH)D:na. Veren plasmaan varastoituneesta D-vitamiinista noin puolet on 25(OH)D:na. Tätä hydroksyloitunutta muotoa varastoituu myös maksaan, munuaisiin, keuhkoihin, aorttaan ja sydämeen. Siihen, paljonko D-vitamiinia on varastoituna, vaikuttaa kudosten rasvamäärä ja solunsisäisten D-vitamiinia sitovien proteiinien määrä. (Freese & Voutilainen 2017, 97.) Farmakologian professori Paakkilan (2019) mukaan kalsitriolia on osoitettu muodostuvan paikallisesti myös luustossa.

### 4.3 D-vitamiinin toiminta ja säätely

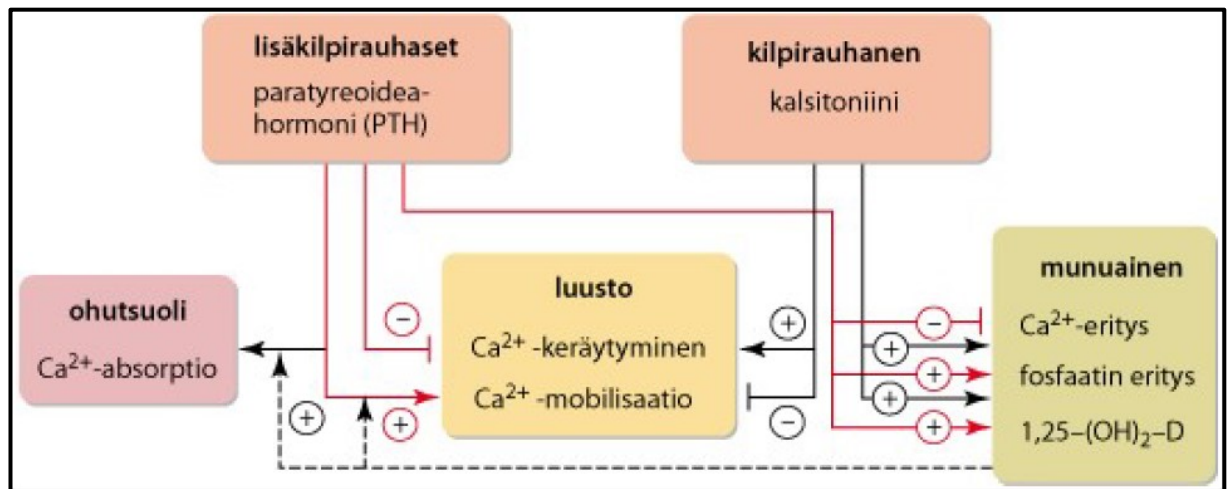
Maksassa ja munuaisissa toteutuneiden hydroksyloitumisten jälkeen muodostettu hormoni 1,25(OH)<sub>2</sub>D, eli kalsitrioli on D-vitamiinin varsinainen vaikuttava muoto. Se kulkeutuu verenkierron mukana ympäri kehoa pääosin DBP:n mukana. Kalsitriolin vaikutukset välittyvät D-vitamiinireseptorien avulla ja ne liittyvät esimerkiksi kalsium- ja fosfaattiainenvaihduntaan. Kalsitriolin klassiset kohde-elimet ovat luusto, ohutsuoli ja munuainen, joissa se D-vitamiinireseptorien kautta säätelee kalsium- ja fosfori-ionien takaisinimeytymistä ja mobilisaatiota. Kalsitriolilla on edellä mainittujen elinten lisäksi nopeita vasteita myös lisäkilpirauhasessa, haimassa ja endoteelisoluissa, mitkä osaltaan aiheuttavat useita biologisia vasteita (Freese & Voutilainen 2017, 99.)

D-vitamiinireseptoreita (Vitamin D -Receptor, VDR) on löydetty ainakin maksasta, keuhkoista, paksusuolesta, sukurauhasista, sileästä lihaskudoksesta sekä sydän- ja luurankolihasista (Bartoszewska ym. 2010, Holick 2008, Pfeifer ym. 2002, Moranin 2013 mukaan), sekä Freesen ja Voutilaisen (2017) mukaan noin kolmestakymmenestä eri kudostyypistä. Reseptoreita on myös löydetty suurimmasta osasta ihmisen neljästä sadasta solu- ja kudostyypistä (Nurminen 2019a, 7). D-vitamiinin kykyä indusoida antimikrobiaalisen peptidigeenin (AMP) esiintymistä ihmiskehossa on käytetty esimerkkinä siitä, että D-vitamiini nostaa kehon kykyä taistella esimerkiksi leikkausten jälkeisiä infektioita vastaan (Wang ym. 2004, 2909–2912). Nurminen käsittelee väitöskirjassaan (2019) D-vitamiinireseptorien kautta vaikuttavan kalsitriolin vaikutusta immuunijärjestelmään.

Veren seerumin fosfori- ja kalsiumionit yhdessä lisäkilpirauhashormonin (parathormoni, PTH) kanssa muodostavat järjestelmän, joka säätelee kehoon varastoidun D-vitamiinin ja veressä olevan kalsidiolin hydroksylaatiota D-vitamiinin aktiiviseen muotoon (kalsitrioli). Kalsidiolin metabolismia kalsitrioliksi munuaisissa kiihdyttää lisäkilpirauhasessa muodostettava PTH ja kilpirauhasen erittämä kalsitoniini (Huupponen & Savontaus 2018b; Freese & Voutilainen 2017,

98). Mikäli veren kalsiumionien määrä pienenee, erittyy enemmän PTH:a, joka stimuloi suoraan munuaisissa tapahtuvaa hydroksylaatiota. Mikäli seerumin fosfaattimäärä lisääntyy, kiihdyttyy munuaisissa tapahtuva kalsidiolin hydroksylaatio suoraan ilman välittäjäaine PTH:a (Huupponen & Savontaus 2018b; Freese & Voutilainen 2017, 98–99.)

Kalsitriolin esiintyminen vähentää parathormonin eritystä (kuva 5). Toisaalta kalsitrioli stimuloi kalsiumin imeytymistä suolesta, luun resorptiota ja kalsium- ja fosfori-ionien reabsorptiota munuaisissa. (Huupponen & Savontaus 2018c.) Tärkeimpinä mekanismeina on luuston mineraalitasapainoon ja rakenteen uudistamiseen liittyvät toiminnot. Toisin sanoen, jos plasman kalsiumpitoisuus pienenee PTH:n erityks kasvaa. Kun PTH-taso kasvaa, kalsidioli hydroksiloituu munuaisissa kalsitrioliksi. Tällä syntyneellä hormonilla on kolme fosforin ja kalsiumin homeostaasiin liittyvää klassista vaikutusta. Ensinnäkin kalsiumin ja fosfaatin imeytyminen ohutsuolen limakalvolta lisääntyy. Toiseksi käytettävissä olevan kalsiumin siirtyminen luustosta vereen kasvaa ja kolmanneksi kalsiumin imeytyminen munuaisissa lisääntyy. (Himberg 2012, 829.)



Kuva 5. PTH:n, kalsitoniinin sekä kalsitriolin erityksen ja vaikutuksen keskinäinen säätely (Huupponen & Savontaus 2018a).

Useat poikittaistutkimukset (Glerup ym. 2000 ja Bischoff ym. 2003 Moranin 2016, 603 mukaan) ovat havainneet 25(OH)D-tason olevan yhteydessä erilaisten lihashermostollisten (neuromuscular) parametrien kanssa. Monet näistä vakioitiin iän, kehonpainoindeksin ja seerumin PTH:n kanssa. Useimmiten ja voimakkaimmin korrelaatio havaittiin reaktioajan, tasapainon ja aikautettujen fyysisen suorituskyvyn testien kanssa. Kolme poikittaistutkimusta havaitsi suoran yhteyden kalsidiolitason ja fyysisen suorituskyvyn välillä, kun pitoisuus seerumissa oli 10–30 ng/ml. Havaittiin myös, että 40–50 ng/ml alueella oli vaikutusta. Sen sijaan tämän yläpuolisilla

arvoilla ei havaittu merkittävää muutosta. (Bischoff-Ferrari ym. 2004 ja Wicherts ym. 2008, Moranin 2016, 603 mukaan.) Nämä tutkimukset toteutettiin ikääntyneemmillä henkilöillä.

#### 4.4 D-vitamiinin saantisuositukset ja suositusarvot

D-vitamiinitasoa mitataan veressä olevan biologisesti inaktiivisen kalsidiolin avulla. Se on merkittävä osa kehon D-vitamiinivarastosta ja se on hyväksytty luotettavaksi indikaattoriksi ihmisen D-vitamiinivarannoista (Freese & Voutilainen 2017, 96–97). Vasta viime vuosina on kuitenkin pyritty yhtenäistämään kalsidiolin mittaustapoja, jotta tutkimukset olisivat tosiasiallisesti vertailukelpoisia. Tämän keskustelun johdosta EFSA ja Yhdysvaltain terveystieteiden viranomaiset laativat omat raporttinsa (EFSA 2018, 19; NIH 2018). EFSA:n mukaan tavoiteltava D-vitamiinitaso on henkilön taustasta riippumatta 50 nmol/l. EFSA ei ole määrittänyt muita rajoja, muun muassa ristiriitaiseen tutkimustietoon vedoten. NIH:n (2018) määrittämät rajat ovat esitettyinä taulukossa 3.

Taulukko 3: D-vitamiinin viitearvojen koonnos (EFSA 2018; NIH 2018; ks. myös Holick 2012; 2017; Rosen ym. 2012).

	Puutos <i>Deficient</i>	Vaje <i>Insufficient</i>	Riittävä <i>Sufficient</i>	Optimaali <i>Optimal</i>	Riski <i>Risk</i>	Myrkytys <i>Toxic</i>
nmol/l	<30	30–50	50–75	≥75–125	>125	≥375
ng/ml	<12	12–20	20–30	≥30–50	>50	≥150

50 nmol/l on NIH:n mukaisesti riittävä (*sufficient*) D-vitamiinitaso optimaalisen ollessa  $\geq 75$  nmol/l (EFSA 2016; NIH 2018). Paakkarin (2019) mukaan ravitsemustieteilijöiden antama suositeltava taso on 50 nmol/l, kun taas endokrinologien on 75 nmol/ml (ks. myös Holick 2017, 162). D-vitamiinin yksikkönä käytetään nanomoolia litrassa sekä nanogrammaa millilitrassa. Yhdysvaltojen raportissa (NIH 2018) kumpaakin käytetään rinnan ja EFSA:n raportissa käytetään nmol/l. Niiden väliset kertoimet ovat  $1 \text{ nmol/l} = 0,4 \text{ ng/ml}$  ja  $1 \text{ ng/ml} = 2,5 \text{ nmol/l}$ . (EFSA 2016, 9; NIH 2018, 1–2). Kun puhutaan D-vitamiinin päivittäisen saannin yksiköstä, IU:sta (international unit), on 1 mikrogramma kole- tai ergokalsiferolia 40 IU:ta.

Suurella osalla väestöstä on D-vitamiinivajetta (alle 50 nmol/l) (Holick 2017, 157; Moran 2016; Spiro & Buttriss 2014). Aikuiselle riittävän (>50 nmol/l) D-vitamiinitason saavuttamiseksi tulisi EFSA:n (2016) mukaan varmistaa 15 mikrogramman (600 IU) päivittäinen saanti. Päivittäiseen saantiin lasketaan D-vitamiinivalmisteet, ruoasta saatu ja UVB-säteilystä muodostettu D-vitamiini (EFSA 2016, 4, 73–74). Suomen ruokaviraston (entinen elintarviketurvallisuusvirasto, EVIRA) mukainen tarvittava määrä on 18–60 vuotiaalle vuorokaudessa 10 mikrogrammaa (400 IU) (Ruokavirasto, 22.2.2019). D-vitamiinin puutostilat eurooppalaisilla on tunnistettu, mutta ristiriitaisten tutkimustulosten valossa suositukset ovat joidenkin asiantuntijoiden mukaan hyvin, ehkä jopa liiankin, varovaisia (Paakkari 2012; Paakkari 2019). Fagundes ym. totesivat vuonna 2019 tutkimuksessaan, jossa D-vitamiinilisää annettiin osana tyypin 2 diabeteksen ehkäisyä ja hoitoa, ettei edes 100 mikrogramman (4000 IU:n) päivittäinen annos ole terveydelle haitallinen.

D-vitamiinisuosituksen varovaisuus voi myös johtua Nurmisen (2019a) mukaan siitä, ettei ihmisten D-vitamiinitasoa aktiivisesti mitata. Liian suuria määriä halutaan välttää. Nurmisen tutkimuksessa annettiin hetkellisesti 2 000 mikrogrammaa (80 000 IU) D-vitamiinia ja todettiin, ettei D-vitamiinitaso päässyt nousemaan yli suositusten, vaan se stabiloitui optimaaliselle tasolle. Keho osasi itse säädellä D-vitamiinitasoaan. Hän ehdotti, että annettaisiin kerralla isompi annos nykyisten päivittäisten pienempien sijaan, mutta peräänkuulutti lisätutkimuksia tällä saralla. (Nurminen 2019b, 21.2.2019). Tätä ehdotusta puoltavaa tutkimusta on tehty muun muassa Australiassa, jossa tutkittiin 40–70-vuotiaille naisille annetun suuremman kerta-annoksen (500 000 IU:ta 10 päivän aikana) ja pienemmän pitkäkestoisen (jatkuva 3 000 IU 30 päivän ajan, jonka jälkeen ylläpitävä 1000 IU 60 päivän ajan) D-vitamiinilisän vaikutusta D-vitamiinitasoon (Hackman, Gagno, Briscoe, Lami, Anpalahan & Ebeling 2010). Lähtötasona oli D-vitamiinin vaje tai puute, josta päästiin riittävälle tai optimaaliselle tasolle, kun loppumittaus suoritettiin noin kolmen kuukauden kuluttua interventtiosta (Hackman ym. 2010).

Vaikka 50 nmol/l (*riittävä*) on aikaisempien tutkimusten valossa osoittautunut nimensä mukaisesti riittäväksi D-vitamiinitasoksi, on NIH:in 75 nmol/l (*optimaalinen*) yhdistetty voimakkaammin esimerkiksi ylähengitystieinfektioiden riskin vähenemiseen sekä luuston terveyteen (Monlezun ym. 2015; Bikle 2012). 50 nmol/l on myös EFSA:n määrittämä (2016) ja ravitsemustieteilijöiden hyväksymä (Ruokavirasto, 21.2.2019) perustaso D-vitamiinille ja sen alapuolella lisääntyvät erilaiset terveydelliset riskitekijät. D-vitamiinin puutostilaksi määritetty alle 20–30 nmol/l lisää huomattavasti luustollisten sairauksien, kuten riisitaudin tai osteomalasian riskiä, tai on yksi sen oireista. Osteomalasian ja riisitaudin hoitoon riittää useimmiten D-vitamiinin lisääminen ruokavaliossa. Alle 30 nmol/l taso on myös yhdistetty kaatumisista johtuviin

murtumiin ikääntyneemmällä väestöllä (> 60-vuotiailla). (NIH 2018, 1, 4; EFSA 2016, 34–35, 37–39.)

Myrkytyksen raja-arvona taulukossa 3 määritetty 375 nmol/l on osaltaan myös ongelmallinen, sillä D-vitamiinin myrkyllisyyden raja-arvoa on tutkijoiden mukaan ollut vaikeaa yksiselitteisesti määrittää. NIH:n raportissa, josta taulukon 3 arvot on lainattu, todetaan myös, että jatkuvaa >500 nmol/l kalsidiolin tasoa tulisi pitää mahdollisesti myrkyllisenä (*“is considered to be potentially toxic”*). (NIH 2018, 7.) D-vitamiinin myrkyllisyys ilmenee hyperkalsemiana, eli runsaana kalsiumin määränä kehossa, joka aiheuttaa munuaisten, verisuonien, sydämen ja keuhkojen kalkkeutumista. EFSA (2016) viittaa myös tutkimuksiin, joiden perusteella 250 mikrogramman päiväannos ei olisi vaarallinen (Barger-lux ym 1998 ja Heaney ym. 2003 EFSA:n 2016, 11 mukaan), mutta toteaa, että tutkimuksissa oli liikaa epäselvyyksiä. Tämän väitteen perusteella on D-vitamiinin saannin ylärajaksi määritetty sata mikrogrammaa, eikä sen todeta aiheuttavan hyperkalsemiaa tai D-vitamiinin muita myrkytystiloja (EFSA 2016, 11). Samaan päivitäisen saannin ylärajaan pääsi myös NIH (2018, 7.)

Yli 125 nmol/l tasolla ei ole havaittu merkittäviä terveysvaikutuksia. NIH (2018) toteaaakin, että D-vitamiinilisän käyttö tulisi lopettaa, mikäli saavutetaan yli 100 nmol/l taso, jotta välttyttäisiin D-vitamiinin haitallisilta vaikutuksilta (hyperkalsemia). Samoja tuloksia on havaittavissa myös EFSA:n vuoden 2016 raportista. Moranin ym. (2016) kirjallisuuskatsauksessa kehoitetaan myös pyytämään lääkärin arviota riskitekijöiden kartuttamiseksi ja D-vitamiinilisän syömisen välttämistä tai lopettamista, jos kalsidiolin taso on yli 125 nmol/l. (Moran ym 2016, 608; ks. myös He ym. 2013, 56.)

EFSA:n (2016) raportin mukaan D-vitamiinin mittauksissa on ollut monia käytäntöjä (ks. myös Spir & Buttriss 2014, 326). Lisäksi heille on jäänyt käsitys, että tutkimuksia, joissa havaitaan positiivisia yhteyksiä, julkaistaan mieluummin kuin tutkimuksia, joissa tulokset eivät olleet haluttuja (EFSA 2016, 119–120). Nurmisen (2019) mukaan jokaisella on oma henkilökohtainen optimaalinen D-vitamiinitaso, jolloin poikittaistutkimukset suurilla koehenkilömäärillä ovat ongelmallisia, mikäli tarkoituksena on määrittää yksiselitteisiä viitearvoja. Tuloksia verrataan niissä useimmiten keskiarvoihin. Tällöin yksilöllisyys ei nouse samalla tavalla esiin. (ks. myös NIH 2018, 4.)

## 4.5 Fyysisen toimintakyvyn yhteys D-vitamiiniin – aikaisempia tutkimuksia 2010–2019

D-vitamiinin yhteyttä erilaisiin fyysisen toimintakyvyn muuttujiin on tutkittu 2010-luvulla kattavasti. 2010-luvulla julkaistut systemaattiset kirjallisuuskatsaukset (He ym. 2016; Moran ym. 2013; Koundourakis ym. 2016) ja systemaattisista kirjallisuuskatsauksista edelleen tehty kirjallisuuskatsaus (Bikle & Bouillon 2018) osoittavat, että tietoa ja kiinnostusta on paljon. Bikle ja Bouillon (2018) pyrkivät systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan selventämään, mitä tutkimuksia on tehty D-vitamiinin ja luuston suhteen, mutta sivuaa myös lihaskuntoon liittyviä tutkimuksia. Kafkalias ja Stavrou (2017) ovat koostaneet kirjallisuuskatsauksen eri julkaisuista, jotka käsittelevät urheilijoiden ja harjoittelun yhteyttä D-vitamiiniin. Tutkimus on usein kohdistettu tunnistettuihin riskiryhmiin, joihin kuuluvat esimerkiksi ikääntynyt väestö, fyysisesti inaktiiviset, urheilijat, ylipainoiset, lapset, imettävät naiset, tai tietyn etnisen taustan omaavat ihmiset (NIH 2018, 5; Girgis ym. 2013, 56; EFSA 2018; EFSA 2016, 21–26, 44–46, Krull ym 2019). Seuraavaksi on tarkoitus tarkastella tutkimuksia 2010-luvulta, joissa kohderyhmänä ovat olleet perusterveet miehet tai sotilasjoukko. Jotkin tutkimukset käsittelevät myös urheilijoita (Koundourakis, Anroulakis, Malliaraki & Margioris 2014; Fairbairn, Ceelen, Skeaff, Cameron & Perry 2018). D-vitamiinitutkimuksen kentässä on usein rajattu ulkopuolelle perusterveet nuoret miehet.

Kestävyyskunnan yhteyttä kehon D-vitamiinitasoon on tutkittu esimerkiksi kreikkalaisilla jalkapalloilijoilla (Koundourakis ym. 2014). Tutkimuksella oli kaksi tavoitetta. Pää tavoitteena oli tutkia ammattijalkapalloilijoiden ( $N = 67$ ) seerumin D-vitamiinitason yhteyttä lihasvoimaan, maksimaaliseen hapenottookykyyn ja nopeuteen. Toisena tavoitteena oli tutkia kuuden viikon pituisen kausien välisen tauon aikana tapahtuvaa muutosta seerumin D-vitamiinitasoihin. (Koundourakis ym. 2014, 1–2.) Testipatterissa oli kevennyshyppy, kyykistyshyppy, 10 ja 20 metrin sprintti, maksimaalinen hapenottookyky kaasuanalyysin perusteella sekä antropometriset mittaukset. Tutkimusasetelmassa haluttiin selvittää D-vitamiinitason ja fyysisen kunnan yhteys, sekä kuuden viikon pelikausien välisen ajan vaikutusta D-vitamiinitasoon. Mittaukset toteutettiin sekä kauden päätyttyä toukokuussa että ennen kautta heinäkuussa. Tutkimuksen mukaan D-vitamiinitasot nousivat kaikilla koehenkilöillä ja kuuden viikon pelikausien väli näkyi heikentyneinä tuloksina fyysisen kunnan mittauksissa ( $p < 0,001$ ). Lisäksi koehenkilöiden paino ja rasvamassa nousivat ( $p < 0,001$ ). Koehenkilöiden välillä laskettiin myös D-vitamiinin yhteys fyysisen toimintakyvyn muuttujiin. Tulokset olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $p < 0,01$ ) ja korrelaatiot olivat keskinkertaisia ( $r$  0,3–0,5) ja voimakkaita ( $r > 0,5$ ). D-vitamiini



oli käänteisesti yhteydessä 10 ja 20 metrin sprinttiin. Maksimaalisen hapenottokyvyn korrelaatio oli heikoin ( $r_{pre} = 0,44$ ;  $p < 0,001$  ja  $r_{post} = 0,39$ ;  $p = 0,006$ ) Heidän johtopäätöksensä oli, että vaikka yhteys on marginaalinen, se on olemassa. Jalkapallossa tärkeintä on lajinomainen harjoittelu, mutta mikäli D-vitamiinitason ylläpitäminen parantaa suorituskykyä, tulisi siihen kiinnittää huomiota. Jalkapallossa ratkaisut voivat olla pienestä marginaalista kiinni (Koundourakis ym. 2014, 1–2, 4–5.)

Uudessa-Seelannissa rugbypelaajilla toteutettu tutkimus (Fairbairn ym. 2018) pyrki selvittämään D-vitamiinilisän vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn. Tutkimus oli satunnaistettu plasebokontrolloitu kaksoissokkotutkimus ( $N = 57$ ), jossa tutkittiin D-vitamiinilisän vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn ja se oli ensimmäinen laatuaan eteläisellä pallonpuoliskolla (Fairbairn ym. 2018, 7). Interventoryhmälle ( $n = 28$ ) annettiin suun kautta 12 500 mikrogrammaa ( $D_3$ -vitamiinia) kahden viikon välein (vastaavuus 89 mikrogrammaa per päivä) 11–12 viikon aikana. Verrokkiryhmälle annettiin lumelääkettä (plaseboa). (Fairbairn ym. 2018, 1–2.) Mitattavat fyysisen toimintakyvyn muuttujat olivat ensisijaisena 30 metrin sprintti ja toissijaisina, tutkimusta tukevana, 10 metrin sprintti, tauotettu viivajuoksu (yoyo intermittent exercise recovery test), arvioitu yhden toiston maksimalainen (1 repetition maximum, 1RM) kulmasoutu ja penkki-punnerrus sekä leuanveto vastaotteella ja lisäpainolla (1RM) (Fairbairn ym. 2018, 2–3). Tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin D-vitamiinintason nousussa (interventoryhmä:  $Dvita_{pre} = 93$ ,  $Dvita_{post} = 114$  nmol/l ja verrokkiryhmä  $Dvita_{pre} = 95$ ,  $Dvita_{post} = 80$ ),  $p < 0,01$ ), sekä leuanvedossa lisäpainolla viimeisissä mittauksissa 5,5 kg (95% CI, 2,0–8,9 kg;  $p = 0,002$ ) plaseboryhmään verrattuna (Fairbairn ym. 2018, 4–6). Fairbairn ym. toteavat, ettei D-vitamiinilla ole yhteyttä 30 minuutin sprinttiin ja että leuanvedon positiivinen yhteys saattaa selittyä sattumalla (2018, 4, 7). He kuitenkin peräänkuuluttavat jatkotutkimuksia urheilulajeissa, joissa leuanvedosta voi olla hyötyä. (Fairbairn ym. 2018, 7.) He myös osoittivat, että kahden viikon välein annettava 50 000 IU:n D-vitamiiniannos kahden viikon välein nostaa huomattavasti D-vitamiinitasoa kontrolliryhmään verrattuna (muutos 32 nmol/l) (Fairbairn ym. 2018, 4). Huomionarvoista on, että koko otoksen D-vitamiinin keskiarvo oli 94 nmol/l ja vain seitsemällä oli D-vitamiiniarvo 50–75 nmol/l. Suurimmalla osalla otoksesta (88 %) oli kokeen alussa optimaalinen, yli 75 nmol/l, D-vitamiinitaso (Fairbairn ym. 2018, 3.)

*Sotilaille* teetetyt tutkimukset D-vitamiiniin liittyen pyrkivät löytämään oikean D-vitamiinitason (He ym. 2016), selvittämään sotilaiden D-vitamiinitasoja (Funderburk, Daigle & Arsenault 2015) ja D-vitamiinitasojen ylläpidon kautta vähentämään sairaspöissaoloja (Laaksi 2012). Carswell ym. (2018) tutkivat D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen suorituskykyyn sotilaille. Laaksi

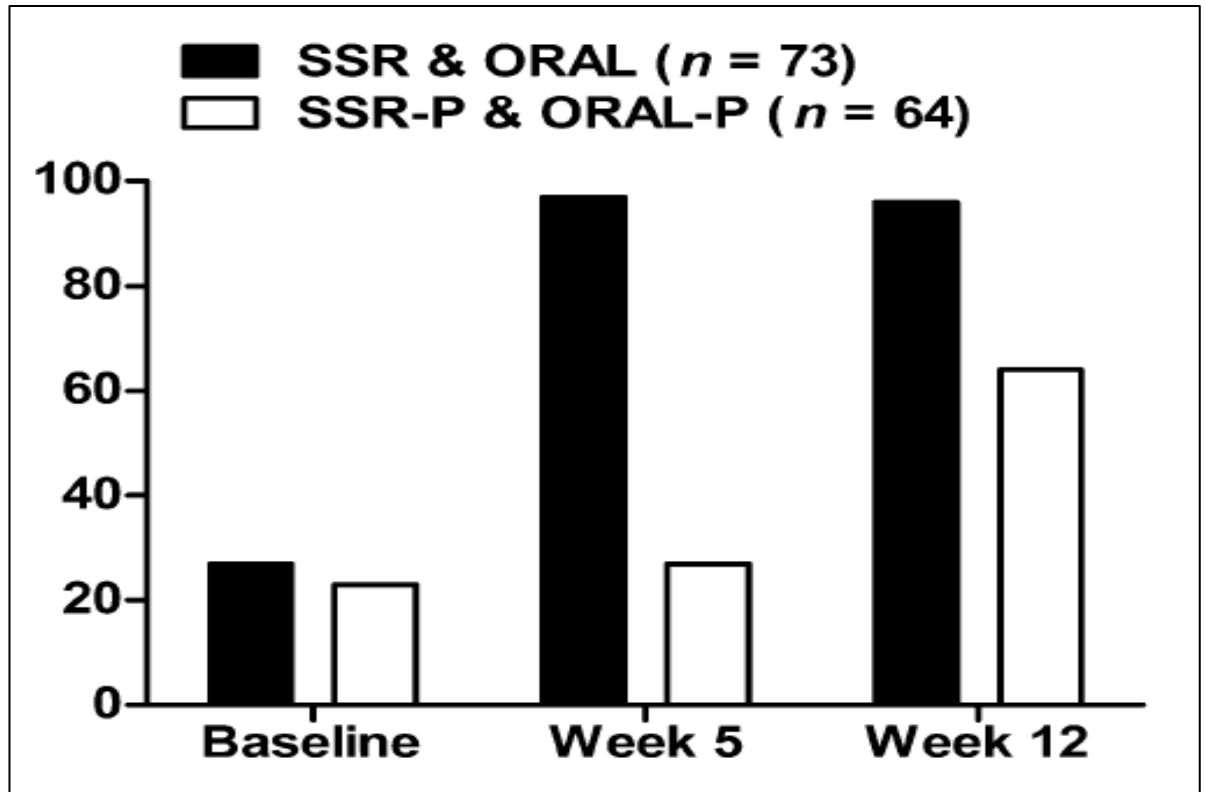
(2012) on väitöskirjassaan esittänyt, että normaalitason D-vitamiini ehkäisi ylähengitystieinfektioista ja marssimurtumista johtuvia poissaoloja varusmiespalveluksessa.

Funderburk ym. (2015) tutkivat poikittaistutkimuksessaan Yhdysvaltain maavoimien painonhallintakurssille osallistuneiden henkilöiden D-vitamiinitasoa, mikäli se oli mitattu ( $N = 314$ ). Tulokset saatiin tietojärjestelmästä ja tutkimukseen hyväksyttiin henkilöt, joiden D-vitamiinitaso oli mitattu alle 12 kuukautta kurssiin osallistumisesta (Funderburk ym. 2015, 237). Tutkimuksen mukaan 21 prosentilla koehenkilöistä oli D-vitamiinivajetta ja 51 prosentilla riittämätön D-vitamiinitaso. Rajoiksi he olivat määrittäneet vaje  $< 20$  ng/ml ja riittämätön  $< 29$  ng/ml (Funderburk ym. 2015, 237). Heidän päähavaintonsa olivat, että D-vitamiinivajeen esiintyminen oli tasaista koko otoksessa, eikä sillä ollut yhteyttä painoon. He totesivat, että korkeampi ihon melaniini, eli pigmentti aiheutti 4–6 kertaa suuremman riskin D-vitamiinivajeelle (Funderburk ym. 2015, 239) ja koska Yhdysvaltain maavoimista 30–40 % kuuluu tähän riskiryhmään, tulisi D-vitamiinivajeen riski huomioida (Funderburk ym. 2015, 239–240). Koska hihojen kääriminen on kielletty ja aurinkorasvan käyttöön kannustetaan, esiintyi D-vitamiinivajetta siitä huolimatta, että tutkittavat olivat El Pasossa Teksasissa (Funderburk ym. 2015, 239). He totesivat myös, että koska tutkimus oli poikittaistutkimus, he eivät voi tietää esiintyikö D-vitamiinivajetta jo ennen ylipainoa. Artikkelin lopuksi he antoivat saantisuositukset D-vitamiinille ja ehdottivat että D-vitamiinia mitattaisiin asevoimien henkilöstöltä kattavammin (Funderburk ym. 2015, 239). Suomalaisten ja eurooppalaisten viitearvojen mukaisesti D-vitamiinivajetta olisi esiintynyt vain 21 prosentilla tutkittavista ( $20$  ng/ml =  $50$  nmol/l).

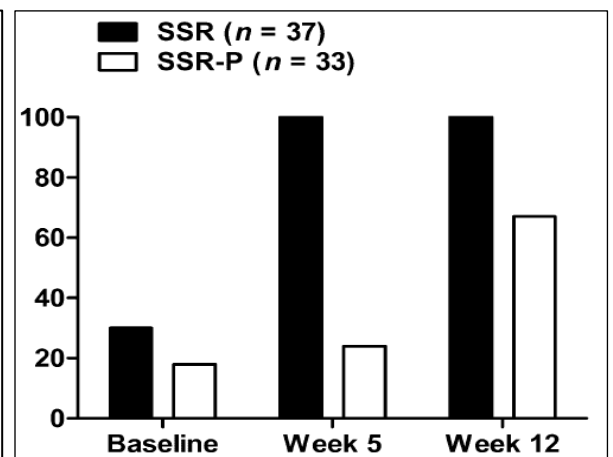
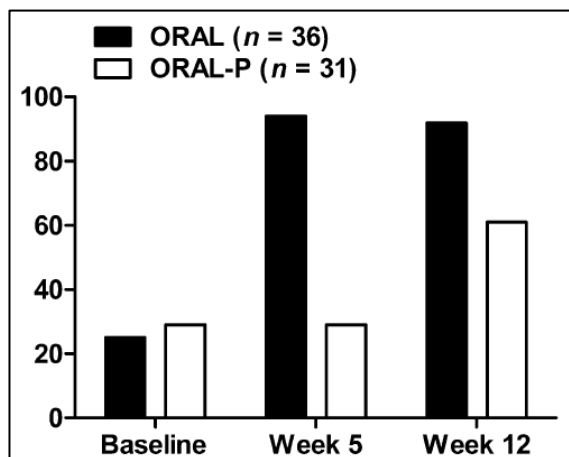
Ööpik ym. (2017) tutkivat Viron asevoimissa kymmenen viikon peruskoulutuksen aiheuttamia fysiologisia vasteita alokkaissa ( $N = 96$ ). Kymmenen viikon alokasaikana fysiologinen ja psykologinen stressi on huomattavaa. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään kehon mukautumiskykyä pitkittäissuuntaisella tutkimuksella. (Ööpik ym. 2017, 1810.) Tutkittavat ( $N = 94$ ) palvelivat jalkaväkijoukossa ja heiltä mitattiin veren seerumista useita biomarkkereita, kuten testosteroni ja kortisoli, ferritiini (rauta) ja D-vitamiini palvelusviikoilla 1, 2, 6 ja 10 (Ööpik ym. 2017, 1811). Testosteronin ja kortisolin mittausten avulla pyrittiin selvittämään kehon palautumista fyysisistä suorituksista (Ööpik ym. 2017, 1810, 1814). Tutkimuksessa havaittiin, että vaikka rasitus on suhteellisen raskasta, kehossa tapahtuvat anaboliset vasteet mahdollistavat kehon palautumisen ja kuntoa kehittävien vasteiden ilmenemisen (Ööpik ym. 2017, 1814). D-vitamiinitaso laski mittausjakson aikana (viikot 1, 2, 6, 10 ja 25), vaikka se ensimmäisinä viikoina pysyikin suhteellisen samana (Ööpik ym. 2017, 1815–1816). D-vitamiinilla ja testosteronitasolla ei havaittu yhteyttä, joten D-vitamiinivajeen ei todettu vaikuttavan fyysiseen toimintakykyyn ja fysiologiseen kehittymiseen peruskoulutuskauden aikana (Ööpik ym. 2017, 1814–

16). Koska tutkimuksen alussa D-vitamiinivajetta ( $< 50$  nmol/l) esiintyi neljälläkymmenellä koehenkilöllä ja tutkimuksen lopussa kahdeksallakymmenelläkuudella, eli yhdeksällä kymmenestä, toteavat Ööpik ym. jatkotutkimustarpeena vastaavan tutkimuksen toteutuksen, jossa D-vitamiinitasoa ylläpidettäisiin (Ööpik ym. 2017, 1816). He myös toteavat, että vaikei D-vitamiinivajeella ollut yhteyttä palautumista osoittaviin biomarkkereihin, tulisi asiaa tutkia ja D-vitamiinipuutteeseen puuttua (Ööpik ym. 2017, 1810, 1813–1816).

Carswell ym. (2018) raportoivat D-vitamiinilisän vaikutuksesta fyysiseen toimintakykyyn kahdessa erillisessä koeasetelmassa. Ensimmäinen tutkimus oli laaja joukkotutkimus ( $N_1 = 967$ ), jossa selvitettiin D-vitamiinin yhteyttä fyysiseen toimintakykyyn. Toinen tutkimus oli satunnaistettu plasebokontrolloitu kaksoissokkotutkimus, jossa pyrittiin selvittämään millainen vaikutus  $\geq 50$  nmol/l kalsidiolin saavuttamisella on fyysiseen toimintakykyyn ( $N_2=137$ ). Kummankin tutkimuksen koehenkilöt olivat Ison-Britannian asevoimien alokkaita. Toisessa tutkimuksessa verrattiin ravintolisänä annetun ja keinotekoisena UV-valon avulla nostetun D-vitamiinitason vaikutusta. Ensimmäisessä tutkimuksessa ( $N_1 = 967$ ) todettiin D-vitamiinitason olevan yhteydessä fyysiseen toimintakykyyn, ( $p \leq 0,01$ ,  $\Delta R^2 = 0,03-0,06$ ). D-vitamiinin yhteyttä voimaan tai tehoon ei havaittu ( $p > 0,05$ ). 1,5 mailin juoksussa aika oli puoli sekuntia nopeampi jokaista yhtä nmol/l kohti. Toisessa tutkimuksessa ( $N_2 = 137$ ) havaittiin, että D-vitamiinitasot nousivat yhtä tehokkaasti lisäravinteella ja keinotekoisella auringonvalolla (kuvat 6–8), mutta D-vitamiinitason nousulla ei ollut vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn. Toisen tutkimuksen tulos oli ristiriidassa heidän oman hypoteesinsa kanssa, jossa D-vitamiini toimisi ennusteena fyysisen suorituskyvyn tasolle. Johtopäätöksessään Carswell ym. (2018, 19) toteavat, että D-vitamiinitaso toimi 967 henkilön koejoukossa ennusteena (predictor) kestävyyskunnolle. Sen lisäksi D-vitamiini lisäravinteena ja keinotekoisena UV-säteilyn muodossa nostavat D-vitamiinit riittävä tasolle lähes kaikissa koehenkilöissä. D-vitamiinilla ei kuitenkaan ole suoraa vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn (Carswell ym., 2018, 19.)



Kuva 6. Riittävän D-vitamiinitason (25(OH)D > 50 nmol/l) saavuttaminen D-vitamiinilisän ja turvallisen keinotekoisien auringonvalon avulla<sup>1</sup> (Carswell ym. 2018, 29).



Kuvat 7–8. Riittävän D-vitamiinitason (25(OH)D > 50 nmol/l) D-vitamiinilisän ja turvallisen keinotekoisien auringonvalon avulla, eriytettyinä (Carswell ym. 2018, 29).

<sup>1</sup> SSR: Solar Simulated Radiation, ORAL: Oral Vitamin D3. -P: Placebo

## 5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko D-vitamiinilla, eli veren kalsidiolitasolla yhteys fyysiseen toimintakykyyn. Tarkennetut tutkimuskysymykset ovat:

Mikä yhteys D-vitamiinilla on fyysiseen toimintakykyyn?

1. Mikä yhteys D-vitamiinilla on lihaskuntoon?
2. Mikä yhteys D-vitamiinilla on maksimaaliseen hapenottokykyyn?
3. Mikä yhteys D-vitamiinilla on ruumiinrakenteeseen?

Aiempien tutkimusten perusteella on laadittu seuraavat hypoteesit:

1. D-vitamiinitasolla voi olla yhteys korkeamman lihaskuntotestin tuloksen kanssa (Fairbairn ym. 2018)
2. D-vitamiinitasolla ja juoksutestien tuloksilla on yhteys (Koundourakis ym. 2014).
3. D-vitamiinitasolla havaitaan yhteys (käänteinen) korkeamman kehonpainoindeksin kanssa (Funderburk ym. 2015).

Tutkimus toteutetaan osana laajempaa väitöskirjatutkimusta, jonka perusteella on tarkoitus selvittää D-vitamiinilisän vaikutus varusmiesten hengitystieinfektioista, tuki- ja liikuntaelinoireiluista johtuviin poissaoloihin, sekä D-vitamiinin vaikutus varusmiesten aerobiseen kestävyyteen ja lihaskuntoon. Tutkimusryhmän tavoitteena on kerätä maksimissaan 800 vapaaehtoisen varusmiehen joukko ja toteuttaa plasebokontrolloitu kaksoissokkotutkimus, jonka perusteella selvitetään edellä esitetyt kysymykset.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 6.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat

Tutkimuksen tarkoituksena oli, osana laajempaa tutkimusta, selvittää D-vitamiinin yhteyttä varusmiesten terveyteen ja suorituskykyyn. Tutkittavat olivat Porin prikaatin varusmiehiä saapumiserästä 1/18, jotka antoivat tutkimusta varten vapaaehtoisen kirjallisen suostumuksen 31.1.–2.2.2018 välisenä aikana. Vapaaehtoista asepalvelusta suorittavat naiset suljettiin pois tutkimuksesta, koska heitä ei ollut riittävän montaa. Jo aloitettu D-vitamiinilisä oli myös yksi pois-sulkukriteeri. Mittauksia toteutettiin 133 henkilöllä. Pitkittäissuuntaisen tutkimuksen otoskoko pieneni saapumiserän aikana ainoastaan 35 tutkittavaan, minkä vuoksi tutkimusta jatkettiin 1/19 saapumiserällä. Tässä tutkimuksessa käytetty aineisto perustuu tulotestien ja ensimmäisten D-vitamiinitasojen mittauksiin.

Muuttujat, joiden yhteyttä D-vitamiiniin halutaan selvittää, ovat lihaskuntoindeksi, kestävyysindeksi, henkilökohtainen kuntoindeksi, etunojapunnerrus, istumaannousu, vauhditon pituushyppy ja juoksutestin tulos. Antropometrisinä parametreina käytettiin lihaskuntotestin yhteydessä mitattua pituutta, painoa ja vyötärön ympärystä.

### 6.2 Aineistosta poistetut henkilöt

Mittaustuloksien lähemmässä tarkastelussa selvitettiin, ilmeneekö mittauksissa anomalioita. Mikäli tuloksista oli havaittavissa, että mittaus on epäonnistunut joko suorittaessa, mitattaessa tai kirjattaessa, poistettiin kyseinen henkilö otosjoukosta. Viideltä mitattavalta puuttui jokin, tai kaikki, lihaskuntotestin yhteydessä mitattavista parametreista. Kahdella koehenkilöllä oli yksi kuntotestin mittauksista merkitty nolllaksi (vauhditon pituushyppy tai etunojapunnerrus). Kolmen koehenkilön juoksutestin tulos puuttui tai oli merkitty nolllaksi metriksi. Yhden koehenkilön juoksutestin tulos oli 600 metriä. 25(OH)D:n, eli kalsidiolin, tulos puuttui kahdelta koehenkilöltä. Koska kuntotestit tulisi toteuttaa terveenä ja viitearvojen alarajat olivat kaukana näistä tuloksista, tai mittauksissa oli ilmeisesti tapahtunut näiden koehenkilöiden osalta virhe, poistettiin 14 koehenkilöä otoksesta. Kokonaisotoksen lopullinen lukumäärä oli 119 ( $N = 119$ ).

## 6.3 Fyysisen toimintakyvyn mittaukset

Fyysisen toimintakyvyn mittaukset toteutettiin Puolustusvoimien ohjeistuksen mukaisesti peruskoulutuskaudella. Mittaukset valvoi ja kirjasi usea henkilökuntaan kuuluva testausoikeuden omaava ammattisotilas. Kaikkia mittauksia ei suorittanut yksi ja sama henkilö, joten tästä aiheutuvaa muutosta voi esiintyä. Toteutetut testit olivat 12 minuutin juoksutesti ja lihaskunto-testi. Lihaskuntotestin yhteydessä mitattiin myös pituus, paino ja vyötärönympäryys.

### 6.3.1 12 minuutin juoksutesti

Puolustusvoimien *12 minuutin juoksutestillä* mitataan juostua matkaa ja arvioidaan epäsuorasti maksimaalista aerobista kapasiteettia. Testi suoritetaan määräyksen mukaan 10 metrin välein merkityllä tasaisella radalla (mieluiten urheilukenttä) ja tulokset kerätään viiden metrin tarkkuudella. Ennen testiä testattaville luetaan turvallisuusohjeet ja tarvittaessa selvitetään terveydellinen este testiin osallistumiselle. Kuntotestaajan käsikirjan (Pääesikunta 2011b) mukaan on myös korostettava, että testi on henkilökohtainen suoritus eikä kilpailu. Matalatehoisen noin 15 minuutin lämmittelyn jälkeen testi alkaa. Ohjeistetaan myös, että testi on turvallisinta aloittaa rauhallisella tempolla, hyvin verrytelleenä vauhtia kiihdyttäen (Pääesikunta 2012, liite 6, 3.)

Testiä edeltävinä kahtena päivänä ei tulisi olla rokotuksia tai verenluovutusta, eikä ulkoilma saa olla kylmempi kuin -17 celsiusastetta. Lämpimällä säällä (yli +17 celsiusastetta) on valvojan hallittava lämpötasapainon turvaamisen edellyttämät toimenpiteet ja lämpösairauksien ensiapu. Helteisellä säällä (yli +25 celsiusastetta) testausta on vältettävä ja kovilla helteillä juoksutesti järjestetään aamulla tai illalla. Ennen testin alkua testaaja kertoo lyhyesti muun muassa testin tarkoituksen ja päämäärän, testin kulun ja suorituksen, sekä turvallisuusohjeet. (Pääesikunta 2012, liite 6, 2–3.)

Mikäli juoksutestin metrimääräisen tuloksen haluaa kääntää maksimaalisen hapenottokyvyn arvioksi, käytetään kaavaa, jossa juostusta matkasta (metreinä) vähennetään 504,9 ja tulos jaetaan luvulla 44,73. (Pääesikunta 2011b, 32). Tulos saadaan maksimaalisen hapenottokyvyn ( $VO_2\text{-max}$ ) kvantitatiivisessa yksikössä  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{ min}^{-1}$ .

12 minuutin juoksutesti perustuu Cooperin vuonna 1968 kehittämään epäsuoraan testiin maksimaalisen hapenottokyvyn määrittämiseksi (Cooper 1968, 201–204). Kokeesta on Suomessa kerätty tulokset vuodesta 1975 (Pääesikunta 2018a, 20–23), joten pitkäaikainen tulosten seu-

ranta on ollut mahdollista. 12 minuutin juoksutestin käytettävyyttä on toistettavuuden sekä luotettavuuden puolesta tutkittu ja sen on todettu olevan riittävän tarkka aerobisen kapasiteetin mittari suurelle joukolle ja näin ollen soveltuvan esimerkiksi Puolustusvoimien käyttöön. Grant ym. (1995) vertasivat 12 minuutin juoksutestiä ja sukkulajuoksutestiä juoksumatolta suorasti mitattuun maksimaaliseen hapenottokykyyn. Heidän mukaansa Cooperin testi (eli 12 minuutin juoksutesti) antaa tarkemman arvion maksimaalisesta hapenottokyvystä, kuin sukkulajuoksutesti (Grant ym. 1995). 12 minuutin juoksutestin on myös todettu yliarvioivan parhaimpia ja aliarvioivan huonoimpia juoksutuloksia. (Penry ym. 2011, Wilkinson ym. 2014, Bandyopadhyay 2015). Sukkulajuoksu ja radalla tai vastaavalla juokseminen soveltuvat epäsuoraan maksimaalisen aerobisen kapasiteetin mittaamiseen, mutta sukkulajuoksu tasapäistäisi tuloksia hie-man enemmän tietyn matkan tai ajan juoksemiseen verrattuna (Wilkinson ym. 2014). Mayorga-Vega ym. (2016) tekemässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analysissä, jossa erilaisia juoksutestejä verrataan, 12 minuutin juoksutesti on validi ja toistettava tapa arvioida maksimaalista hapenottokykyä. He eivät havainneet samaa ilmiötä kuin Wilkinson ym. (2014).

### 6.3.2 Lihaskuntotesti

Lihaskuntotestin tarkoituksena on selvittää varusmiehen kyky tuottaa voimaa ja tehdä anaerobista työtä. Testissä arvioidaan alaraajojen maksimaalista ja räjähtävää voimantuottoa, sekä ylävartalon dynaamista voimaa ja kestävyyttä. Lihaskunnan arvioimisessa käytetään seuraavaksi luetellussa suoritusjärjestyksessä vauhditonta pituushyppyä, istumaannousua ja etunojapunnerrusta. Testi toteutetaan sisätiloissa, lähtökohtaisesti urheiluhallissa, ja sen suorittamiseksi tarvitaan voimistelumattoja ja Puolustusvoimien pituushyppymatto (Pääesikunta 2012, Liite 6, 4; Pääesikunta 2011b, 41–43). Ennen lihaskuntotestiä on suoritettava vähintään 15 minuutin alkuverryttely ja testin osien välissä on oltava vähintään 5–10 minuutin palautusaika (Pääesikunta 2012, Liite 6, 4; Pääesikunta 2011b, 8).

Kustakin suoritustekniikasta on hyväksytyjen suoritusten määrittämiseen yksityiskohtaiset ohjeet kuvineen. Tätä tuetaan esittelemällä tavalliset virheet ja yksittäisten toistojen hylkäysperusteet, jotta kokeen pitäjä voi opastaa suorittajia oikeiden (hyväksytyjen) suoritusten saavuttamisessa (Pääesikunta 2011b, 41–43). Tämä on olennaista, koska Thelen ja Koppenhaver (2015) ovat biomekaniikan avulla osoittaneet, että parhaan tuloksen kuntotesteistä saa oikealla suoritustekniikalla ja tekemällä muun muassa mahdollisimman vähän hylättyjä punnerruksia. Lisäksi heidän mukaansa oikea suoritustekniikka vähentää vammojen riskiä (Thelen ym. 2015.)



Vauhdittomalla pituushypyllä on tarkoitus arvioida alaraajojen maksimaalista sekä räjähtävää voimantuottoa. Vauhditon pituushyppy suoritetaan kolme kertaa ja paras tulos jää voimaan. Suoritusten välissä on oltava riittävä palautuminen. Hyppy toteutetaan Puolustusvoimien hyväksymällä matolla, josta voidaan lukea tulos yhden senttimetrin tarkkuudella siitä, johon taemman jalan kantapää osuu (kuva 6). (Pääesikunta 2012, liite 6, 4; Pääesikunta 2011b, 41.)



Kuva 9. Vauhditon pituushyppy (Pääesikunta 2011b, 41).

Vauhdittoman pituushypyn toistettavuutta tutkineet Hébert-Losier ja Beaven totesivat, että toistettavuus on melko hyvä (2013, 1853–56). Siitä huolimatta, että suurin osa voimantuotosta tapahtuu Hickox ym. (2016) mukaan alaraajoissa ja alaselässä, on käsien heilautuksella ratkaiseva rooli tuloksessa (Hara ym. 2008). Tekniikan puolesta toistettavuutta parantaa perehdyttäminen, sillä oppimisvaikutuksella on todettu olevan vaikutusta tuloksissa. (Hébert-Losier & Beaven 2013, 1855–56.)

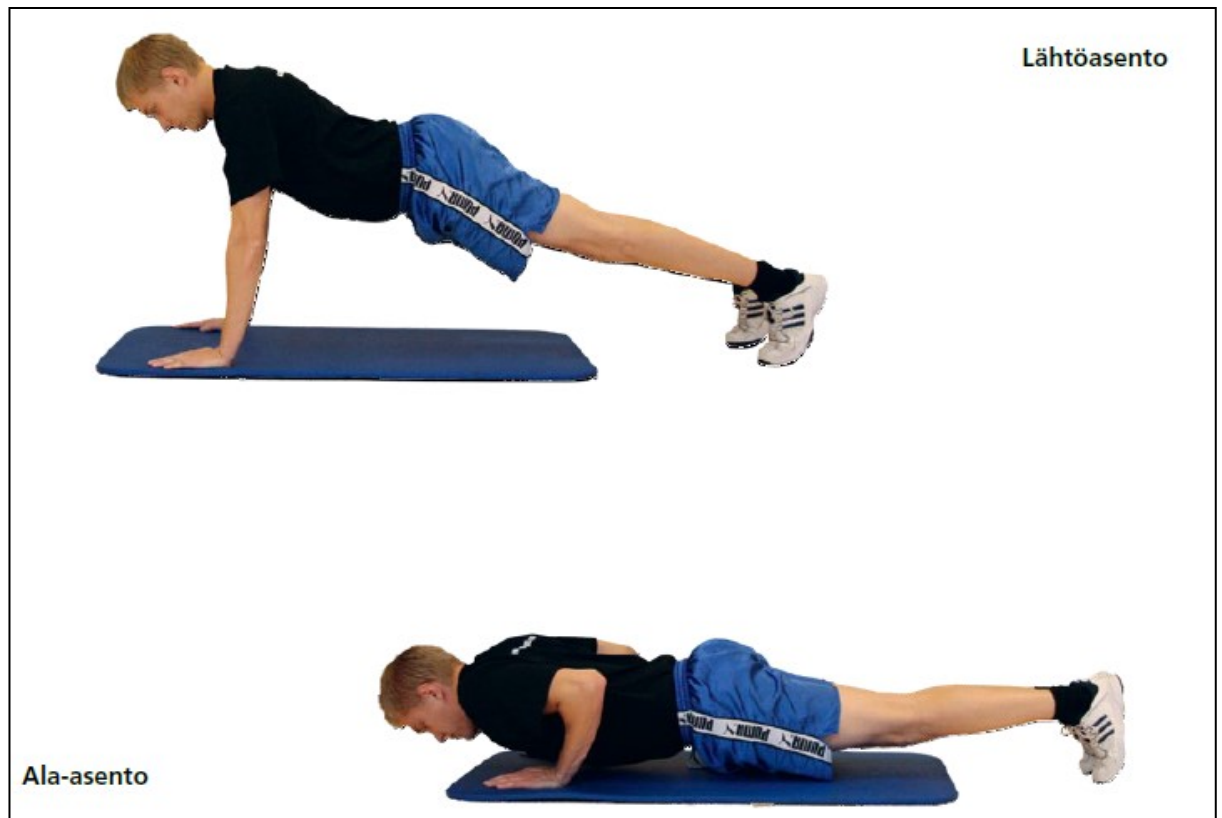
Vartalon koukistajalihasten dynaamista kestävyyttä arvioidaan tekemällä mahdollisimman monta hyväksyttyä *istumaannousua* 60 sekunnin aikana. Istumaannousut (kuva 7) tehdään pareittain, jolloin pari tukee nilkoista, valvoo oikeaa suoritustekniikka ja laskee toistojen määrän. Lähtöasennossa ollaan selinmakuulla ja sormet ovat pään takana (takaraivon kohdalla) ristissä. Polvikulma on noin 90 astetta ja kyynärpäät osoittavat eteenpäin. Tavallisimpia virheitä ovat vauhdin lyöminen käsillä tai alaselän nouseminen alustalta. Yläasennossa kyynärpäät koskettavat polvia. (Pääesikunta 2011b, 42.)



Kuva 10. Istumaannousun suoritus (Päaesikunta 2011, 42).

Istumaannousulla mitataan kehon koukistajalihasien (vatsa- ja lonkankoukistajalihakset) suorituskykyä (Parfrey ym. 2008; ks. myös Vaara 2012, 2081). 60 sekunnin istumaannousutestin tuloksen osoitettiin myös korreloivan etunojapunnerrusten tuloksen ( $r = 0,65$ ;  $p < 0,001$ ) kanssa (Vaara ym. 2012, 2082–2083). Istumaannousun toistettavuus on hyvä nuorilla perusterveillä miehillä (Augustsson ym. 2009).

Hartian alueen ja yläraajojen lihasten dynaamista voimaa ja kestävyyttä, sekä liikettä tukevien vartalonlihasten staattista kestävyyttä arvioidaan tekemällä mahdollisimman monta *etunojapunnerrusta* 60 sekunnin aikana (kuva 8). Koska testissä mitataan myös staattista kestävyyttä, ei lepotaukoja sallita. Tavallisimpiin virheisiin kuuluvat lantion putoaminen tai lantiokulman muuttuminen huomattavasti. Vapaaehtoista asepalvelusta suorittavat naiset eivät saa suorittaa punnerruksia polvet maassa. (Päaesikunta 2011b, 43).



Kuva 11. Etunojapunnerruksen suoritus (Pääesikunta 2011b, 43).

*Etunojapunnerrus* suoritetaan lihaskuntotestin viimeisenä osana. Tekniikka on kuvattu Kunto-  
testaajan käsikirjassa (Pääesikunta 2011b, 43). Etunojapunnerruksella mitataan ylävartalon  
ojentajalihasten suorituskykyä ja vatsalihasten kykyä stabiloida kyseistä liikettä (Vaara, ym  
2012). Vaara ym. (2012) osoittivat, että 60 sekunnin etunojapunnerrustestin tulos korreloi penk-  
kipunnerruksen maksimituloksen (1RM) ja ja  $VO_2$ -max:n kanssa ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,001$ , sekä  
 $r = 0,46$ ;  $p < 0,001$ ). Etunojapunnerrusten tuloksen osoitettiin myös korreloivan istumaannou-  
sun tuloksen ( $r = 0,65$ ;  $p < 0,001$ ) kanssa (Vaara ym. 2012, 2082–2083). Yang ym. (2019) ovat  
osoittaneet pitkittäistutkimuksessaan, että punnerrusten määrän on osoitettu korreloivan kään-  
teisesti sydän- ja verisuonitautien esiintyvyyteen. Yli tuhannen koehenkilön tuloksista ilmenee,  
että mikäli kykenee punnertamaan vähintään 40 kertaa, vähenee sydän- ja verisuonitautien riski  
merkittävästi verrattuna siihen joukkoon, joka kykeni punnertamaan alle 10 kertaa (Yang ym.  
2019, 5–8). Etunojapunnerrustestin toistettavuus on hyvä nuorilla perusterveillä miehillä (Au-  
gustsson ym. 2009).

## 6.4 Antropometriset mittaukset

Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja (Pääesikunta 2011b) määrittää, että jokaiselta varusmieheltä mitataan vyötärönympäryys, pituus ja paino esimerkiksi lihaskuntotestin yhteydessä. Painon ja pituuden avulla määritetään kehonpainoindeksi (BMI). Kehonpainoindeksi tai vyötärönympäryys eivät vaikuta varusmiehelle laskettavaan kuntoindeksiin, mutta niillä saadaan viitteitä mitattavan henkilön elintavoista ja ruokailutottumuksista.

Mittausvälineinä käytetään ohjeistuksen mukaisesti pituuden ja painon mittauslaitteita sekä vyötärönympärysmittanauhaa (Pääesikunta 2011b, 39). Toisin sanoen, vaa'an tai mittanauhan merkkiä tai mallia ei ole määritetty. Painon tai pituuden mittausten osalta ei ole määritetty mitaustarkkuutta. Mikäli mittaukset ovat suoritettu samassa tilassa, esimerkiksi varuskunnan palloiluhallissa tai vastaavassa, voidaan olettaa, että kaikki henkilöt on mitattu samoilla laitteilla, jolloin mittauksissa oleva mahdollinen tarkkuusvirhe on yhtä suuri kaikille.

Vyötärönympäryksen mittaamiselle on annettu selkeät kuvalliset ohjeet ja mittaus toteutetaan kolme kertaa puolen senttimetrin tarkkuudella, jotta tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia. Vyötärönympäryys mitataan ohjeistuksen mukaisesti Pääesikunnan hankkimalla virallisella Seca-mittanauhalla. Mitattava henkilö seisoo ja mittaus suoritetaan alimman kylkiluun ja suoliluun puolivälistä paljaalta iholta. Mittanauha on pidettävä vaakatasossa ja sen on oltava kehossa kiinni. Se ei kuitenkaan saa ”upota” henkilön ihoon (Pääesikunta 2011b, 40.) Shi, Neuback ja Gallagher tutkivat erilaisia suosituksia vyötärönympäryksen mittaamiselle (2017). Käytännössä mitan voi ottaa neljästä eri kohtaa vyötäröä. Mittausalue, joka on kuvattu Pääesikunnan määräyksessä (2012) ja Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirjassa (Pääesikunta 2011b, 40), on käytettävissä kummallekin sukupuolelle (Shi ym. 2017, 521–522). Toisaalta, se on myös vaikeahko ja mittauksessa tapahtuvan virheen poistaminen on vaikeaa mittaamisen vaatiessa hieman harjaantuneisuutta (Shi ym. 2017, 521–522). Cerhan ym. (2014) ovat yhdistivät 650 000 henkilön 9 vuotisseurannassa vyötärönympäryksen kasvun yleiseen kuolleisuuteen.

Kehonpainoindeksi lasketaan jakamalla paino pituuden neliöllä. (Pääesikunta 2011b, 39–40.) BMI:n ja vyötärönympäryksen viitearvot ovat myös sukupuolittain esiteltynä sekä käsikirjassa että Pääesikunnan määräyksessä asevelvollisten fyysisestä koulutuksesta (2012). Kyseiset viitearvot löytyvät liitteestä 1. Kehonpainoindeksillä on osoitettu olevan suoraa yhteyksiä yleiseen kuolleisuuteen, korkeaan verenpaineeseen, tyypin 2 diabetekseen ja sydän- ja verenkiertoelämien sairauksiin (WHO 2008, 17; Okorodu ym. 2010, 791–792; McArdle ym. 2018, 733).

Kehonpainoindeksin validiteettia on tutkittu ja sen on osoitettu olevan suhteellisen tarkka ylipainon määrittäjä, mutta  $>30 \text{ kg/m}^2$  -raja ei huomioi noin puolta niistä, joilla on liikaa rasvaa esimerkiksi vyötärön alueella (Romero-Corral ym. 2010). Cerhan ym. (2014) toteavat myös, että kehonpainoindeksiä tulee käyttää yhdessä vyötärön ympärysmittan kanssa paremman selitystason saavuttamiseksi.

## 6.5 D-vitamiinin analysointi

D-vitamiinitason määrittämiseen käytettiin Cobas e 801 -laitteistoa, sekä Elecsys Vitamin D Total II -menetelmää (valmistaja Cobas, Mannheim, Saksa). Laboratoriomääritykset tehtiin Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian ja lääketieteellisen tutkimuksen yksikön laboratorioissa, jolle on myönnetty EN ISO/IEC 17025:2005 ja SFS EN ISO 15189:2007 akkreditoinnit (Pihlajamäki ym. 2017; FINAS 2017). Mittausmenetelmänä käytettiin elektrokemiluminesenssi-immunomenetelmää (ECLIA), jonka tarkkuutta on tutkinut muun muassa Enko ym. 2015, sekä Connell ym. 2011. Connell ym. tutkimuksen perusteella Roche veti markkinoilta edellisen versionsa Elecsys Vitamin D3:sta ja kehitti tässä tutkimuksessa käytetyn Elecsys Vitamin D Total II:n. Sen validiteettia tutkivat Batista ym. 2018.

Suomen akkreditointipalvelu (Finnish Accreditation Service – FINAS) ei ole akkreditoinut kyseistä laboratoriota D-vitamiininäytteiden tulkitsemiseksi (FINAS 2017), mikäli tarkastellaan 27.07.2018 voimaan tullutta akkreditointia. Yhdysvaltain ruoka- ja lääkeainehallinto (FDA – US Food & Drug Administration), joka valvoo laboratorioita, totesi vuoden 2018 heinäkuussa, että Elecsys Vitamin D total II:n tuloksissa saattaa ilmetä poikkeamia, joiden mukaan D-vitamiinitaso on huomattavasti korkeampi kuin todellisuudessa. Näytteet tulisi tehdä tarvittaessa uudestaan heidän antaman ohjeistuksen mukaisesti. Tämä varoitus ei käsittänyt käytettyä Cobas e 801 -laitetta. (FDA 2018.) Tulokset koskivat veren plasmasta tehtyjä mittauksia ja Rochen antaman tiedotteen (2018) mukaan seerumista tehdyt mittaukset eivät olleet antaneet yllättäviä korkeita arvoja kalsidiolille (Roche 2018).

Tutkimuksen data on mitattu veren seerumista ja laitteiston esitteiden sekä käyttöohjeen mukaan tulokset kyetään mittaamaan yhden desimaalin tarkkuudella mittausalueen ollessa 7,5–250 nmol/l. Tarkan tuloksen ilmaisemiseksi vaaditaan kuitenkin vähintään 12,5 nmol/l pituus. Mikäli mittaustulos on alle 7,5 nmol/l tulokset ilmaistaan vain  $<7,5 \text{ nmol/l}$ . (Cobas käyttöohje 2018).

## 6.6 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen analyysi tehtiin IBM SPSS 25 -ohjelmistolla. Muuttujiksi päätyivät lihaskuntoindeksi, kestävyysindeksi, henkilökohtainen kuntoindeksi, vyötärönympäryys ja lihaskuntotestin osa-alueiden numeeriset tulokset, sekä juoksutestin metrimääräinen tulos. Tulosten jakautumisen testaamiseen käytettiin Shapiro-Wilkin testiä (Liite 2, taulukko 1). Shapiro-Wilkin testin mukaan normaalijakaumaa noudattaisivat pituuden, istumaannousun, etunojapunnerruksen ja henkilökohtaisen kuntoindeksin tulokset ( $D(119) = 0,986; p > 0,05$ ,  $D(119) = 0,989; p > 0,05$ ,  $D(119) = 0,988; p > 0,05$  ja  $D(119) = 0,988; p > 0,05$ ). Koska mitatut D-vitamiinin arvot, eli 25(OH)D, eivät noudattaneet normaalijakaumaa, päädyttiin korrelaatioissa käyttämään Spearmanin korrelaatiokerrointa. Korrelaatioiden lisäksi laskettiin lineaariset regressioanalyysit, joissa selittävänä muuttujana pidettiin kalsidioli (25(OH)D). Näin pyrittiin selvittämään kuinka paljon D-vitamiinitaso selittää esimerkiksi toistopunnerruksen tulosta. Tilastollisen merkittävyyden rajoiksi määritettiin  $p < 0,05$  (tilastollisesti merkitsevä) ja  $p < 0,01$  (tilastollisesti erittäin merkitsevä). Korrelaatioiden vahvuuksiksi määritettiin mitätön ( $< 0,01$ ), heikko (0,1–0,3), keskinkertainen (0,3–0,5) ja voimakas ( $> 0,5$ ). (Cohen 1988, 1–6; Cohen 1992; ks. myös Hopkins 2016.)

Korrelaatioiden kaavioissa selkeästi muista poikkeava D-vitamiinitaso (25(OH)D = 123,0 nmol/l) poistettiin otoksesta ennen regressioanalyysijä. Niin sanotut outlierit vääristävät lineaarisen regression tuloksia. Tällöin D-vitamiinitaso noudatti normaalijakaumaa (Shapiro-Wilk  $D(118), p > 0,05$ ).

## 7 TULOKSET

### 7.1 Otosjoukot ja korrelaatiot

Tuloksiksi hyväksytyt otosjoukko ( $N = 119$ ) on esitetty taulukossa 4. Pituudet ovat taulukoissa esitetty senttimetrin tarkkuudella ja vain osan ( $n = 26$ ) paino on datassa ilmaistu yhden desimaalin tarkkuudella. Keskiarvoja on lihaskuntotestin tulosten osalta pyöristetty alaspäin viimeiseen hyväksytyyn tulokseen. Juokсутestin tulos pyöristetään normin mukaan alaspäin lähimpään viiteen metriin. D-vitamiinitaso esitetään laitteen tarkkuuden perusteella yhdellä desimaalilla.

Taulukko 4. Analyysiin valitun otoksen kuvailutiedot ( $N = 119$ ).

	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	36,1	123,0	60,4	13,7
Pituus [cm]	160	196	179	7
Paino [kg]	50,9	141,7	76,7	13,2
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	17,4	41,0	23,9	3,6
Vyötärön ympärys [cm]	65	128	84	10
Istumaannousu [kpl/min]	18	67	41	10
Etunojapunnerrus [kpl/min]	5	81	38	16
Vauhditon pituushyppy [m]	1,40	2,85	2,31	0,26
LKI <sup>3</sup>	0,42	5,00	3,51	1,24
12 min juokсутesti [m]	1300	3040	2415	310
KEI <sup>4</sup>	0,00	4,00	1,64	0,78
HKI <sup>5</sup>	0,21	4,50	2,57	0,90

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Koko otoksesta ilmenneet tilastollisesti merkitsevät yhteydet ovat suurimmilta osin heikkoja (taulukko 6). Kohtalaiset korrelaatiot havaittiin LKI:n ja HKI:n sekä kehon D-vitamiinitason välillä ( $r = 0,32$ ;  $p < 0,001$  sekä  $r = 0,30$ ;  $p < 0,01$ ).

Kun otos jaettiin D-vitamiinitasoiltaan alle ja yli 50 nmol/l ryhmiin yhteydet katosivat tai olivat heikompia. Kun yli 50 nmol/l ryhmästä eroteltiin optimaalisen D-vitamiinitason henkilöt, eivät tulokset olleet tilastollisesti merkitseviä. Kuvailevien tietojen ja korrelaatioiden vertailun perusteella voidaan todeta, että D-vitamiinilla on yhteys fyysiseen toimintakykyyn.

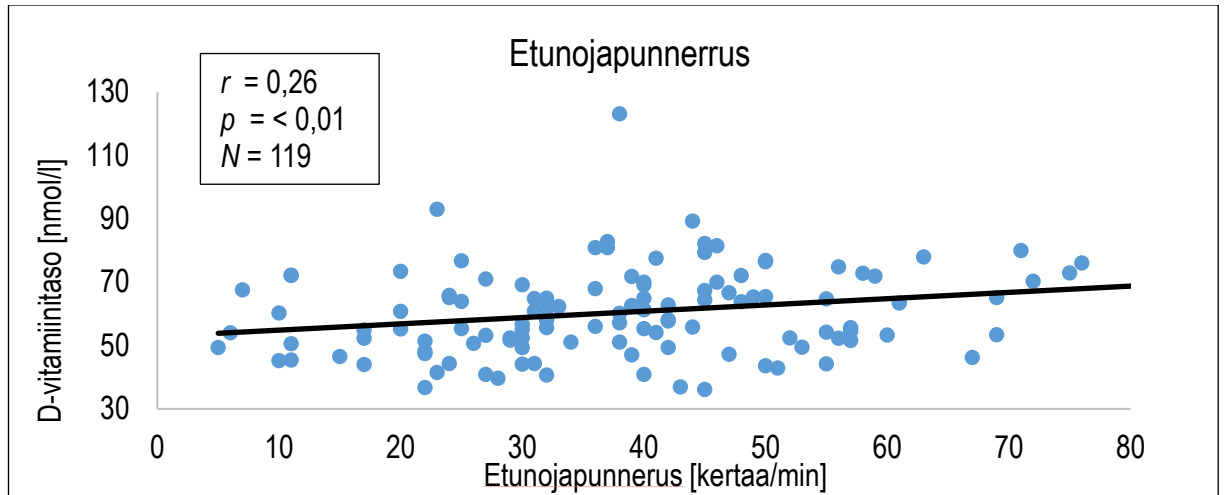
Taulukossa 5 esitetään Spearmanin non-parametriset korrelaatiokertoimet D-vitamiinitason, eli 25(OH)D:n ja muiden muuttujien välillä. Tilastollisesti erittäin merkitsevät yhteydet ( $p < 0,01$ ) ovat datan perusteella D-vitamiinitason ja etunojapunnerruksen ( $r = 0,26$ ;  $p < 0,01$ ), istumaannousun ( $r = 0,29$ ;  $p < 0,01$ ), lihaskuntoindeksin ( $r = 0,32$ ;  $p < 0,01$ ) ja henkilökohtaisen kuntoindeksin ( $r = 0,30$ ;  $p < 0,01$ ) välillä. Tilastollisesti merkitsevä käänteinen yhteys on datan perusteella D-vitamiinitason ja vyötärönympäryksen välillä ( $r = -0,21$ ;  $p < 0,05$ ). Korrelaatiot ovat esitetty kuvissa 12–15.

Taulukko 5. Spearmanin korrelaatiokertoimet ( $N = 119$ ).

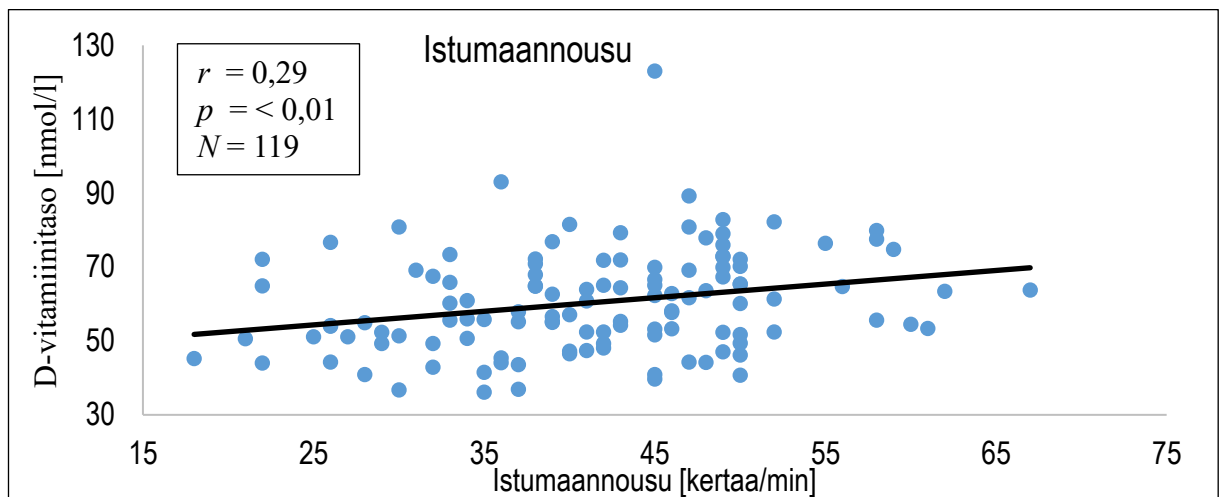
	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D $N = 119$	-0,13	-0,21*	0,29**	0,26**	0,17	0,32**	0,15	0,18	0,30**

\*\* .  $p < 0,01$  \* .  $p < 0,05$

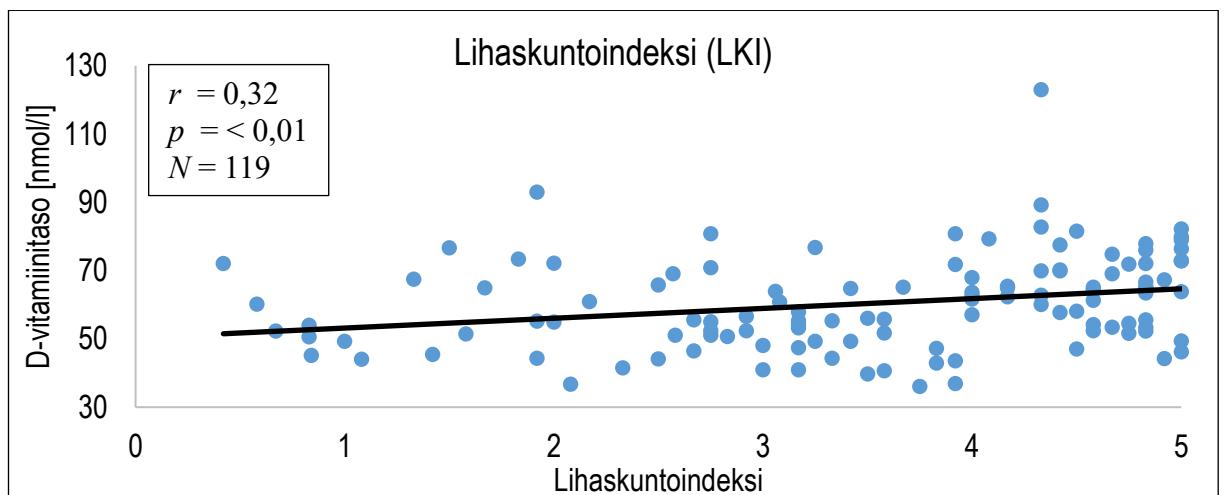




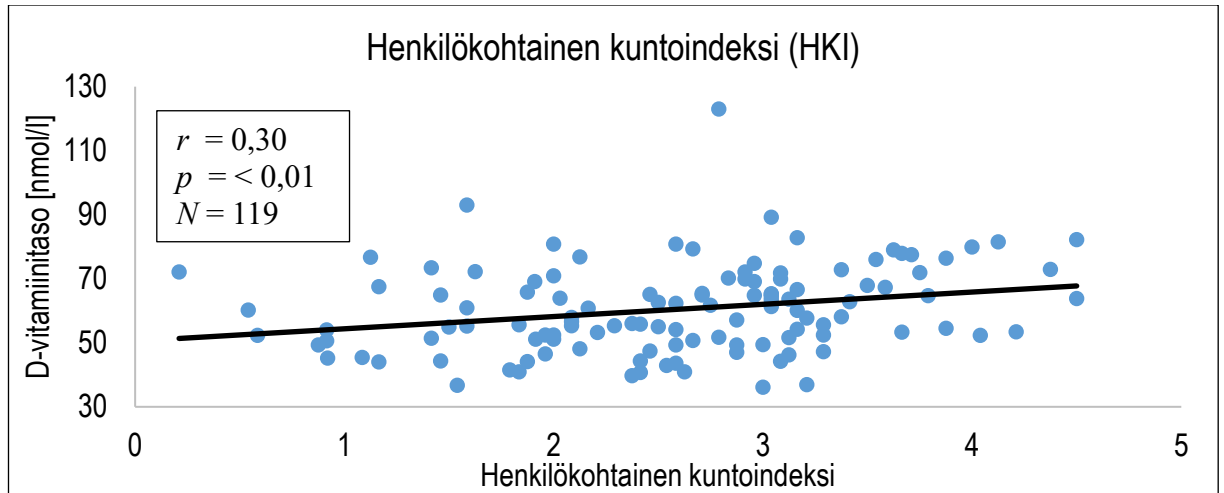
Kuva 12. D-vitamiinikonsentraation yhteys etunojapunnerruksen lukumääriin minuutissa ( $N = 119$ ).



Kuva 13. D-vitamiinikonsentraation istumaannousun lukumääriin minuutissa ( $N = 119$ ).

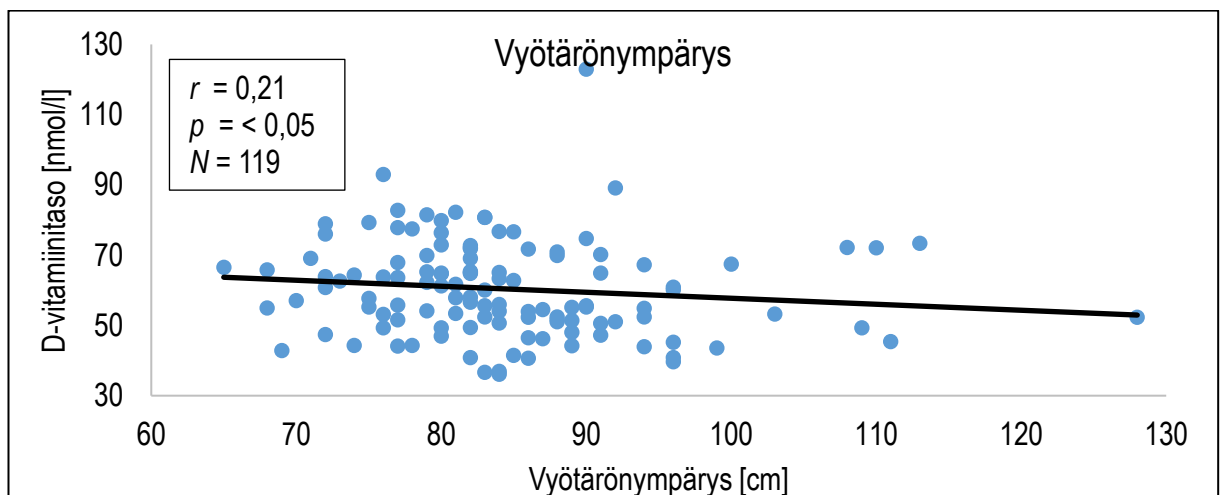


Kuva 14. D-vitamiinikonsentraation yhteys lihaskuntoindeksiin ( $N = 119$ ).



Kuva 15. D-vitamiinikonsentraation yhteys henkilökohtaiseen kuntoindeksiin ( $N = 119$ ).

Siitä huolimatta, ettei juokсутestin ja D-vitamiinitason välinen yhteys ollut tilastollisesti merkitsevä ( $r = 0,15$ ;  $p = 0,10$ ), on kestävyysindeksin (KEI) korrelaatio voimakkaampi ja miltei merkitsevä ( $r = 0,176$ ;  $p = 0,056$ ). Antropometrisistä mittauksista ainoastaan vyötärön ympäryys oli käänteisesti yhteydessä D-vitamiiniin ( $r = -0,10$ ;  $p < 0,05$ ). Sen perusteella suurempi vyötärön ympäryys on yhteydessä alhaisempaan D-vitamiinitasoon. Kehonpainoindeksillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä D-vitamiinitasoon, mutta sen trendi on myös käänteinen ( $r = -0,13$ ;  $p = 0,170$ ). D-vitamiinin ja vyötärön ympäryksen yhteys esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. D-vitamiinikonsentraation ja vyötärön ympäryksen välinen yhteys ( $N = 119$ ).

Kun koko otos jaettiin riittävän D-vitamiinitason kohdalta, ei alle 50 nmol/l joukosta löydetty tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita. Tämän voi selittää pieneksi jäänyt otoskoko ( $n = 27$ ). Korrelaatiot laskettiin otoksen sisällä. Toisin sanoen pyrittiin löytämään korrelaatio D-vitamiinitason ja fyysisen toimintakyvyn mittareiden välillä D-vitamiinivajeesta kärsivässä joukossa. Ottaen huomioon, että D-vitamiinitason vaihteluväli oli 36,1–49,4 nmol/l hajonnan ollessa 3,9 nmol/l, mahtuu koko otanta kahden hajonnan piiriin ( $\pm 7,8$  nmol/l). Koska koko otoksen tulokset ovat D-vitamiinitason osalta kahden hajonnan piirissä, ei havaittu tilastollisesti poikkeavia tuloksia. Alle 50 nmol/l otoksen korrelaatiokertoimet ovat esitettyinä taulukossa 6.

Taulukko 6. Spearmanin korrelaatiokertoimet ( $n_{<50 \text{ nmol}} = 27$ ).

	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D									
< 50 nmol/l	-0,06	-0,09	0,18	-0,10	0,000	-0,00	-0,03	-0,03	0,05
$n = 27$									

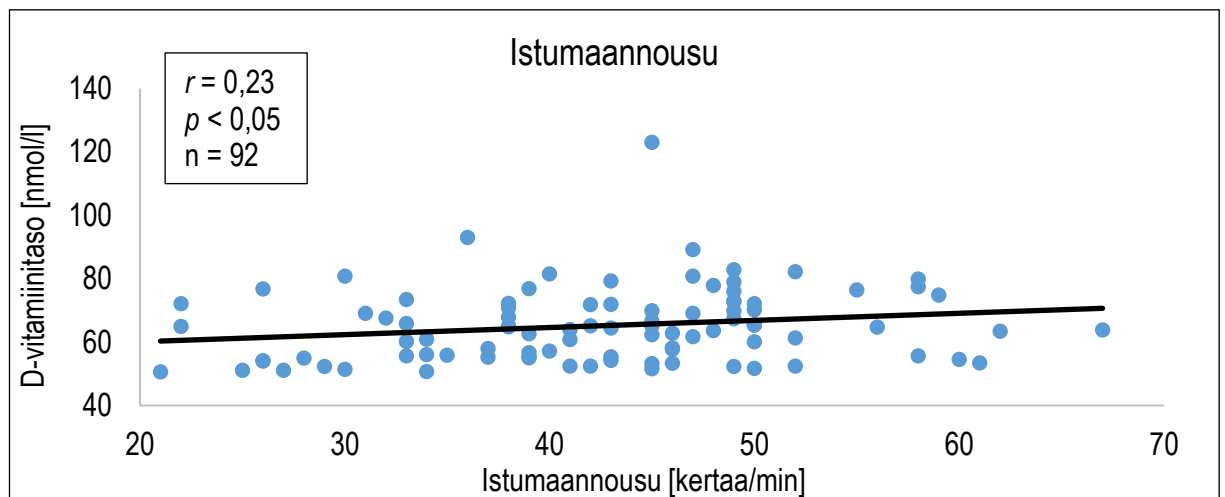
\*\* .  $p < 0,01$  \* .  $p < 0,05$

Joukolla, jolla D-vitamiinitaso oli riittävä tai optimaalinen, eli yli 50 nmol/l ( $n = 92$ ), löydettiin heikompia ja tilastollisesti vähemmän merkitseviä korrelaatioita, koko otoksesta saatuihin verrattuna. Tilastollisesti merkitsevät, mutta heikot korrelaatiot D-vitamiinitasoon havaittiin istumaannousulla ( $r = 0,23$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 92$ ), etunojapunnerruksella ( $r = 0,24$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 92$ ) ja henkilökohtaisella kuntoindeksillä ( $r = 0,23$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 92$ ). Lihaskuntoindeksillä ja D-vitamiinitasolla havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä heikko korrelaatio ( $r = 0,23$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 92$ ). Eli ryhmässä, jossa on jo entuudestaan riittävä D-vitamiinin taso, korrelaatiot heikenevät, eikä vyötärönympäryys enää ole tilastollisesti merkitsevä. Taulukossa 7 on esitetty riittävän ja optimaalisen D-vitamiinitason omaavien koehenkilöiden korrelaatiokertoimet fyysisen toimintakyvyn muuttujien ja D-vitamiinitason välillä. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot ovat esitettyinä kuvissa 17–20.

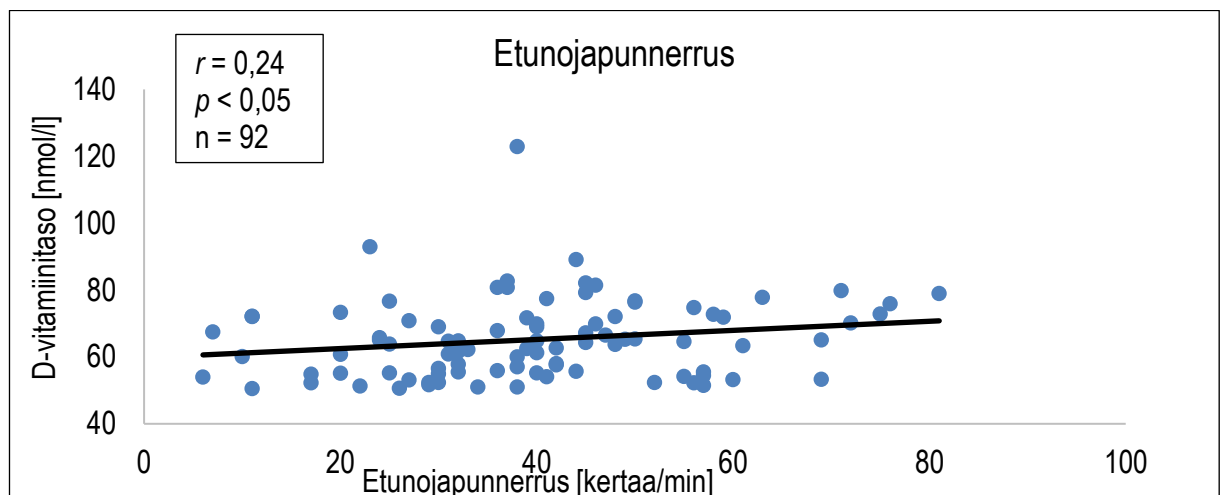
Taulukko 7. Spearmanin korrelaatiokertoimet ( $n_{>50 \text{ nmol}} = 92$ ).

	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D									
> 50 nmol/l	-0,10	-0,18	0,23*	0,24*	0,18	0,28**	0,10	0,12	0,23*
$n = 92$									

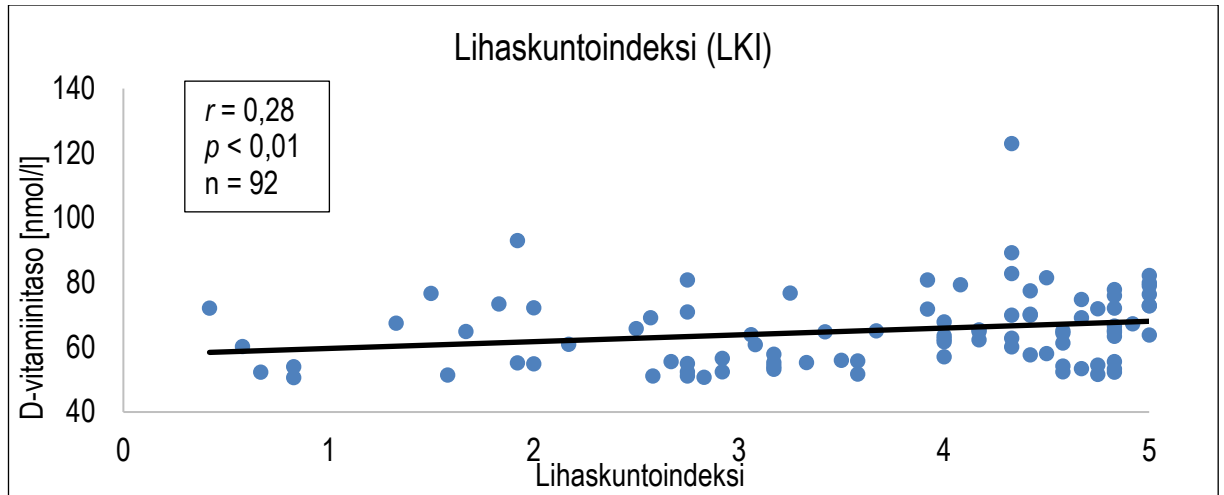
\*\* .  $p < 0,01$  \* .  $p < 0,05$



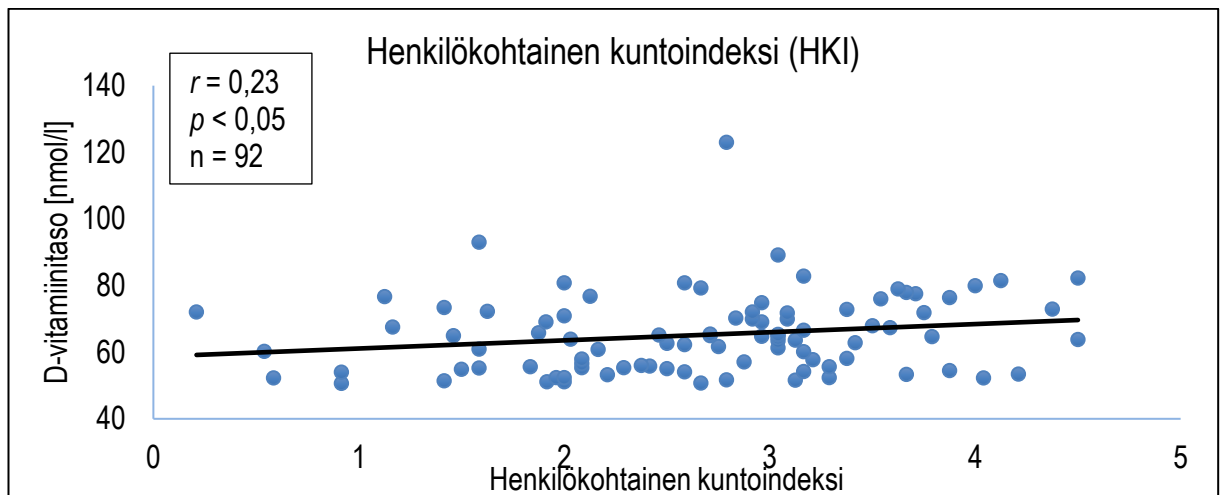
Kuva 17. D-vitamiinikonsentraation yhteys istumaannousun lukumääriin minuutissa ( $n = 92$ ).



Kuva 18. D-vitamiinikonsentraation yhteys etunojapunnerruksen lukumääriin minuutissa ( $n = 92$ ).



Kuva 19. D-vitamiinikonsentraation yhteydet lihaskuntoindeksiin ( $n = 92$ ).



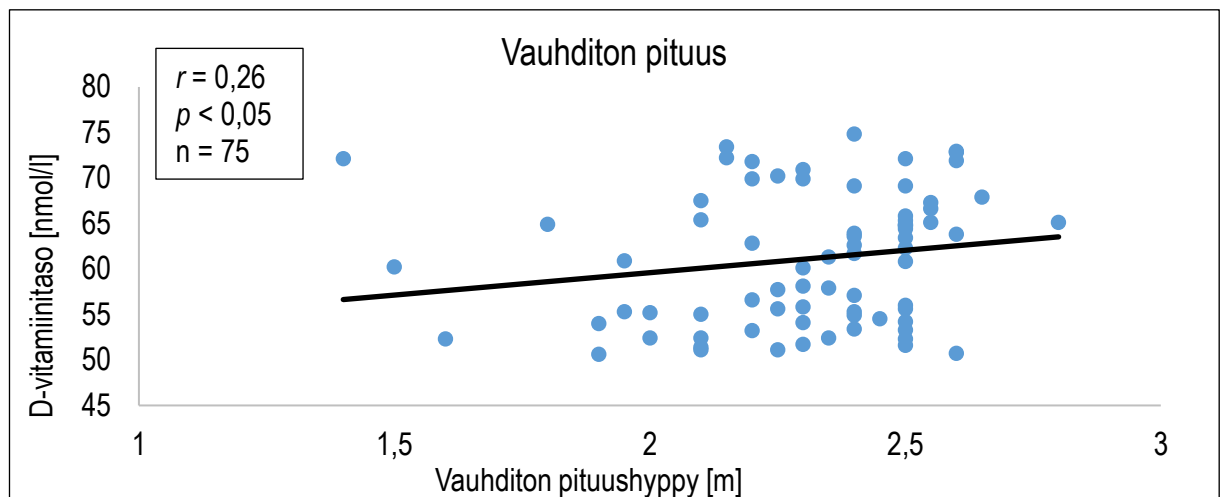
Kuva 20. D-vitamiinikonsentraation henkilökohtaiseen kuntoindeksiin ( $n = 92$ ).

Riittävän, muttei optimaalisen D-vitamiinitason ( $n = 75$ ) joukossa tilastollisesti merkitsevä heikko yhteys D-vitamiinitasoon havaittiin vauhdittomalla pituushypyllä ( $r = 0,26$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 75$ ) ja lihaskuntoindeksillä ( $r = 0,24$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 75$ ). Muiden muuttujien osalta yhteydet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ( $p > 0,05$ ). Korrelaatiot ovat esitetty taulukossa 8 ja kuvissa 21–22.

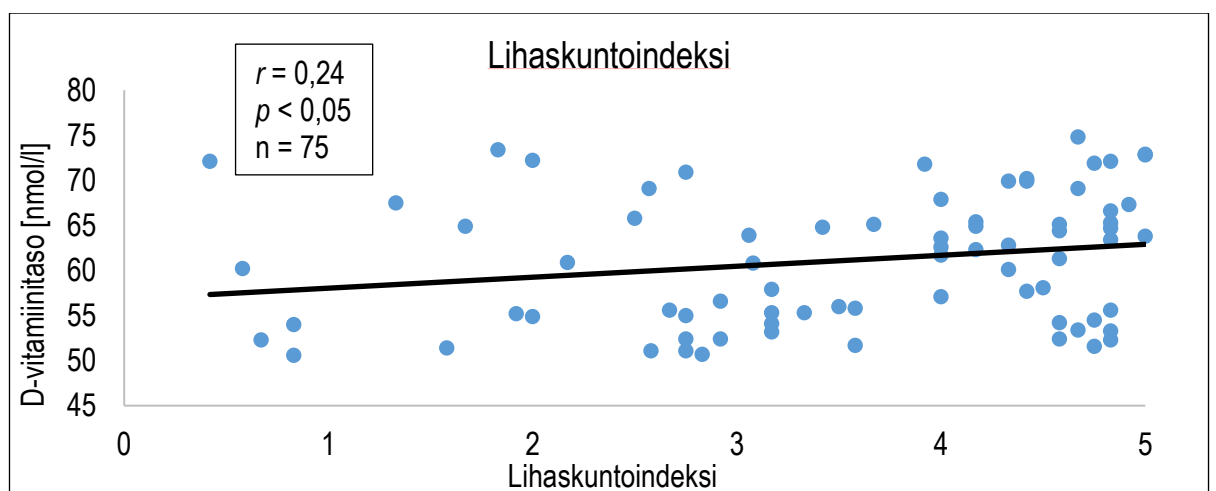
Taulukko 8. Spearmanin korrelaatiokertoimet ( $n_{50-75} = 75$ ).

	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D									
50–75	-0,07	-0,10	0,19	0,17	0,26*	0,24*	0,01	-0,00	0,16
$n = 75$									

\*\* $. p < 0,01$  \* $. p < 0,05$



Kuva 21. D-vitamiinitason yhteys vauhdittomaan pituushyppyyn ( $n = 75$ ).



Kuva 22. D-vitamiinikonsentraation yhteys lihaskuntoindeksiin ( $n = 75$ ).

Otoksen osalla, jolla oli optimaalinen D-vitamiinitaso ( $n = 17$ ), ei havaittu tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn muuttujien välillä, mutta niiden trendit olivat käänteiset (taulukko 9). Kuvailevien tietojen perusteella (taulukko 10) kehon painoindeksi ja vyötärön ympäryys pysyivät viitearvojen sisällä ja esimerkiksi henkilökohtainen kuntoindeksi oli selvästi korkeampi kuin muissa ryhmissä ( $\text{HKI}_{>75} = 3,07$ ;  $n_{>75} = 17$  VS  $\text{HKI}_{<50} = 2,26$ ;  $n_{<50} = 27$ ,  $\text{HKI}_{50-75} = 2,58$ ;  $n = 75$  ja  $\text{HKI}_{>50} = 2,67$ ;  $n_{>50} = 92$ ).

Taulukko 9. Spearmanin korrelaatiokertoimet ( $n_{>75} = 17$ )

	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D									
> 75 nmol/l	-0,03	0,25	-0,19	-0,48	-0,06	-0,19	-0,05	-0,03	-0,07
$n = 75$									

\*\* .  $p < 0,01$  \* .  $p < 0,05$

Taulukko 10. Viitearvojen mukaisten osaotosten välisten keskiarvojen vertailu. Arvot ilmoitettu keskiarvo  $\pm$  keskihajonta.

	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Vyötärö [cm]	LKI	KEI	HKI
< 50 nmol/l <i>n</i> =27	24,7 $\pm$ 4	86 $\pm$ 10	3,11 $\pm$ 1,18	1,42 $\pm$ 0,57	2,26 $\pm$ 0,73
50-75 nmol/l <i>n</i> = 75	23,8 $\pm$ 3,6	85 $\pm$ 10	3,53 $\pm$ 1,26	1,62 $\pm$ 0,77	2,58 $\pm$ 0,91
> 50 nmol/l <i>n</i> = 92	23,7 $\pm$ 3,5	84 $\pm$ 9	3,63 $\pm$ 1,24	1,71 $\pm$ 0,82	2,67 $\pm$ 0,93
> 75 nmol/l <i>n</i> = 17	23,3 $\pm$ 2,8	80 $\pm$ 6	4,06 $\pm$ 1,08	2,07 $\pm$ 0,98	3,07 $\pm$ 0,95

BMI: kehonpainindeksi, Vyötärö: Vyötärön ympärysmitta, LKI: Lihaskuntoindeksi, KEI: kestävyysindeksi, HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Kuvailevien tietojen perusteella on nähtävissä nouseva trendi kuntomuuttujissa D-vitamiinitasojen mukaisesti. D-vitamiinitason mukana kasvavat myös lihaskuntoindeksin, kestävyysindeksin ja henkilökohtaisen kuntoindeksin hajonnat.

Kaikkien otosten kuvailevat tiedot ovat Liitteessä 2 ja kaikki korrelaatiot ovat kootusti taulukossa 11.



Taulukko 11. Spearmanin korrelaatiokertoimet D-vitamiinitasoin.

	Pituus	Paino	BMI	Vyötärö	Istumaannousu	Punnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu- testi	KEI	HKI
25(OH)D kaikki <i>N</i> = 119	0,01	-0,10	-0,13	-0,21*	0,29**	0,26**	0,17	0,32**	0,15	0,18	0,30**
25(OH)D < 50nmol/l <i>n</i> = 27	0,05	-0,08	-0,06	-0,09	0,18	-0,10	0,00	-0,00	-0,03	-0,03	0,05
25(OH)D > 50nmol/l <i>n</i> = 92	-0,09	-0,12	-0,10	-0,18	0,23*	0,24*	0,18	0,28**	0,10	0,12	0,23*
25(OH)D 50 – 75 nmol/l <i>n</i> = 75	-0,02	-0,04	-0,07	-0,10	0,19	0,17	0,26*	0,24*	0,01	-0,00	0,16
25(OH)D > 75 nmol/l <i>n</i> = 17	0,41	0,33	-0,03	0,25	-0,19	-0,48	-0,06	-0,19	-0,05	-0,03	-0,07

\*\* .  $p < 0,01$  \* .  $p < 0,05$ . Kaikkien parametrien korrelaatiot esitetty liitteen 3 taulukoissa 1–5.

## 7.2 Regressioanalyysit

Otokselle laskettiin lineaariset regressioanalyysit, joissa selittävänä muuttujana pidettiin D-vitamiinitaso (25(OH)D). Lineaarisen regressioanalyysin perusteella havaittiin tilastollisesti merkitseviä selityksasteita muille muuttujille kuin 12 minuutin juoksutesti, vauhditon pituushyppy, vyötärön ympärysmitta ja kehon painoindeksi.

D-vitamiinin selityksaste henkilökohtaiselle kuntoindeksille oli 6 % ja tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (korjattu  $R^2 = 0,06$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 118$ ). Henkilökohtaisen kuntoindeksin (HKI) ja D-vitamiinin välillä havaittiin positiivinen yhteys ( $\beta = 0,27$ ;  $p < 0,01$ ). Regressioanalyysin tulokset taulukossa 12.

Taulukko 12. D-vitamiinin ja HKI:n välinen lineaarinen regressio ( $n = 118$ ).

Muuttujat	$B$	Standardoitu $\beta$	$t$	$p$	$R^2$	Korjattu $R^2$
	1,414		3,564	0,001**	0,071	0,063
D-vitamiini	0,019	0,267	2,985	0,003**		

\* $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$

D-vitamiinin selityksaste kestävyysindeksille oli 4 % ja tulos oli tilastollisesti merkitsevä (korjattu  $R^2 = 0,04$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 118$ ). Uuden otoksen perusteella laskettiin Pearsonin korrelaatiokerroin kestävyysindeksin ja D-vitamiinin välille. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä ja yhteys oli heikko ( $r = 0,21$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 118$ ). Regressioanalyysin tulokset ovat esitettyinä taulukossa 13.

Taulukko 13. D-vitamiinin ja KEI:n välinen lineaarinen regressio ( $n = 118$ ).

Muuttujat	$B$	Standardoitu $\beta$	$t$	$p$	$R^2$	Korjattu $R^2$
	0,865		2,483	0,014*	0,043	0,035
D-vitamiini	0,013	0,208	2,285	0,024*		

\* $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$ 

D-vitamiinin selitysaste lihaskuntoindeksille oli 5 % ja tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (korjattu  $R^2 = 0,05$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 118$ ). D-vitamiinin ja lihaskuntoindeksin välillä havaittiin tässäkin otoksessa positiivinen yhteys ( $\beta = 0,26$ ;  $p < 0,01$ ). Regressioanalyysin tulokset ovat esitettyinä taulukossa 14.

Taulukko 14. D-vitamiinin ja LKI:n välinen lineaarinen regressio ( $n = 118$ )

Muuttujat	$B$	Standardoitu $\beta$	$t$	$p$	$R^2$	Korjattu $R^2$
	1,962		3,597	0,000**	0,067	0,05
D-vitamiini	0,026	0,259	2,883	0,005**		

\* $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$ 

D-vitamiinin selitysaste etunojapunnerrukselle oli 6 % ja tulos oli tilastollisesti merkitsevä (korjattu  $R^2 = 0,06$ ;  $p < 0,05$ ;  $n = 118$ ). D-vitamiinin ja etunojapunnerruksen välillä havaittiin positiivinen yhteys ( $\beta = 0,26$ ;  $p < 0,05$ ) Regressioanalyysin tulokset ovat esitettyinä taulukossa 15.

Taulukko 15. D-vitamiinin ja etunojapunnerruksen lineaarinen regressio ( $n = 118$ ).

Muuttujat	$B$	Standardoitu $\beta$	$t$	$p$	$R^2$	Korjattu $R^2$
	17,548		2,437	0,016*	0,068	0,060
D-vitamiini	0,342	0,261	2,907	0,004**		

\* $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$ 

D-vitamiinin selitysaste istumaannousulle oli 7 % ja tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä (korjattu  $R^2 = 0,07$ ;  $p < 0,01$ ;  $n = 118$ ) D-vitamiinin ja istumaannousun välillä havaittiin positiivinen yhteys ( $\beta = 0,27$ ;  $p < 0,01$ ). Regressioanalyysin tulokset ovat esitettyinä taulukossa 16.

Taulukko 16. D-vitamiinin ja istumaannousun lineaarinen regressio ( $n = 118$ )

Muuttujat	$B$	Standardoitu $\beta$	$t$	$p$	$R^2$	Korjattu $R^2$
	28,678		6,721	$< 0,001$ **	0,074	0,066
D-vitamiini	0,212	0,272	3,045	0,003**		

\* $p < 0,05$  \*\*  $p < 0,01$

## 8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tuloksista on nähtävissä Porin prikaatin saapumiserän 1/18 alokkaiden D-vitamiinitasojen ja fyysisen toimintakyvyn välinen yhteys. Tulos on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (Carswell ym. 2018, Koundourakis ym. 2014). Tutkimuksen alakysymyksien avulla selvitettiin D-vitamiinin yhteyttä lihaskuntoon (Fairbairn ym. 2018), maksimaalisen hapenottokykyyhin (Koundourakis ym. 2014) ja kehon koostumukseen (Funderburk ym. 2015). Kun kokonaisotoksesta poistettiin D-vitamiinitasoittain henkilöitä, oli havaittavissa yhteyksien heikkenemistä ja kuvailevien tietojen samansuuntaisia muutoksia. Mitä korkeampi D-vitamiinitaso, sitä myönteisemmät olivat fyysisen toimintakyvyn muuttajat.

Lihaskunnan ja D-vitamiinin välinen yhteys havaittiin kaikissa muissa paitsi alle 50 nmol/l ja yli 75 nmol/l ryhmissä. Tämän perusteella voidaan vahvistaa D-vitamiinin ja lihaskunnan välille annettu hypoteesi D-vitamiinitasoltaan riittävässä joukossa. D-vitamiinitason ja kestävyysindeksin väliltä löydettiin yhteys regressioanalyysien perusteella. Räjähävän voiman yhteys D-vitamiiniin havaittiin vain riittävän D-vitamiinitason joukossa (50–75 nmol/l). Kehonpainoindeksin ja D-vitamiinin välillä ei havaittu yhteyttä tässä tutkimusjoukossa, vaikka vyötärönympäryksen ja D-vitamiinin välinen yhteys havaittiin koko otoksen perusteella.

Tutkimuksessa havaittiin myös, ettei kenelläkään ollut D-vitamiinin puutostilaa, vaikka noin viidesosalla havaittiin D-vitamiinivajetta. Tutkimukseen hyväksyttiin vain henkilöitä, jotka eivät syöneet D-vitamiinilisää, joten tutkittavien D-vitamiini on lähtökohtaisesti tullut kokonaan ravinnosta. Tämän perusteella vaikuttaa siltä, että Suomessa tapahtuva maito- ja meijerituotteiden D-vitamiinointi on tehokas keino ylläpitää riittävää D-vitamiinitasoa kansallisesti.

Tässä varusmiesjoukossa esiintyvät tulokset käsittelevät D-vitamiinitason ja fyysisen toimintakyvyn yhteyksiä, joten D-vitamiinin vaikutuksista fyysiseen toimintakykyyn ei voida tehdä johtopäätöksiä. Tämän tutkimuksen tulosten taustalla olleita vaikutuksia fyysiseen toimintakykyyn ja D-vitamiinitasojen eroihin ei ole selvitetty, sillä koehenkilöiltä kerättyä liikunta- tai ruokailutottumuksista kertovaa kyselyä ei ollut toteutettu. Koska korkean D-vitamiinin ryhmässä oli parempia fyysisen toimintakyvyn tuloksia, voi ero juontua esimerkiksi elintavoista. Perusterve, säännöllisesti liikkuva nuori aikuinen syö todennäköisesti monipuolisemmin ja saa Suomessa ravinnosta riittävästi D-vitamiinia. Aktiiviset ihmiset viettävät myös enemmän aikaa ulkona inaktiivisiin verrattuna, jolloin kesäkuukausina saatu auringonvalo nostaa D-vitamiinin perustasoa.

## 8.1 Tutkimustulosten tarkastelu D-vitamiinitasoin

Tutkittavat jaettiin neljään ryhmään, jotka kirjallisuuskatsauksen perusteella olivat vaje ( $< 50$  nmol/l), riittävä (50–75 nmol/l), riittävän viitearvon ylittäneet ( $> 50$  nmol/l) ja optimaalinen ( $> 75$  nmol/l) ryhmä (EFSA 2016, NIH 2018). Tällä jaolla kyettiin tutkimaan D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn muuttujien välistä yhteyttä D-vitamiinitasoin. Tutkimustuloksista on tulkittavissa, ettei D-vitamiinivajeen tai optimaalisen D-vitamiinitason ryhmän sisällä ole havaittavissa yhteyksiä fyysiseen toimintakykyyn. Toisin sanoen osaotoksen sisällä D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn tulosten jakautuminen on satunnaista. Koko otosta tarkasteltaessa yhteydet ovat havaittavissa, mikäli D-vitamiinitasojen ääripäät, optimaalinen ja D-vitamiinivaje, pidetään mukana tarkastelussa. Eli kun otosjoukosta poistettiin D-vitamiinin viitearvojen mukaiset ääripäät, heikkenivät yhteydet D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn välillä. Tämä tulos on linjassa aiemman tutkimuksen kanssa, jossa alhainen D-vitamiinitaso on yhdistetty heikompaan fyysiseen kuntoon (Girgis ym. 2013, Moran ym. 2013, Carswell ym. 2018). Yhteyksien katoaminen optimaalisen ja vajeellisen D-vitamiinitason ryhmien sisällä ei ollut odotettu tulos, mutta tutkimuskysymykseen kyettiin kuitenkin vastaamaan otosten mukaisten korrelaatioiden muutoksien perusteella.

*Koko otoksessa* D-vitamiinin vaihteluväli oli 36,1–123,0. Tämän perusteella kukaan ei kärsi D-vitamiinin puutostilasta, vaikka D-vitamiinivajetta esiintyykin 27 henkilöllä. Fyysisen toimintakyvyn ja D-vitamiinin välinen yhteys havaitaan tässä otoksessa etunojapunnerruksen ja istumaannousun osalta. Vauhdittoman pituuden ja kestävyysindeksin osalta ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä, mutta lukujen valossa on havaittavissa viitteitä yhteydestä. Kun otoksesta poistettiin huomattavan korkean D-vitamiinitason henkilö (123,0 nmol/l), oli korkein D-vitamiinitaso 93,0 nmol/l, jolloin havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys regressioanalyysin perusteella myös kestävyysindeksiin. Nämä tulokset ovat yhteneviä aiempien tutkimuksien kanssa (Koundourakis ym. 2014, Fairbairn ym. 2018, Carswell ym. 2018). Koko otoksessa havaittiin myös käänteinen yhteys D-vitamiinin ja vyötärön ympäryksen välillä, mitä ei havaittu muissa otoksissa. Tämän perusteella voidaan todeta, että D-vitamiinilla on yhteys dynaamisen voiman ja voiman kestävyysominaisuuksien kanssa.

*Alle 50 nmol/l*, eli D-vitamiinivajeen ryhmästä ei löydetty tilastollisesti merkittäviä yhteyksiä D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn välillä. Otoksiko oli 27 henkilöä, eli noin 20 prosenttia koko joukosta. Tämän perusteella voitiin tehdä johtopäätös, että viidesosalla tutkimukseen osallistuneista aloikkaista oli D-vitamiinivajetta. Toisin sanoen 80 prosentilla ei ollut. Tämän lisäksi kenelläkään ei ollut D-vitamiinin puutostilaa, alimman D-vitamiinitason ollessa 36,1 nmol/l.

Sen perusteella voidaan tehdä johtopäätös, että maito- ja meijerituotteiden D-vitamiointi on Suomessa onnistunutta, koska talvikuukausien aikana D-vitamiinia ei voi saada auringonvalon avulla. Viidesosalla havaittu D-vitamiinin vaje vaikuttaa hyvältä tulokselta, jos verrataan Hollickin (2017, 164–165) esittämiin tilastoihin, joiden mukaan 92 prosentilla Euroopan pohjoisosissa asuvista olisi D-vitamiinivajetta. D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn muuttujien välisten yhteyksien puuttuminen oli yllättävää. Koska tämän osaotoksen fyysisen toimintakyvyn muuttujat olivat keskiarvoiltaan heikompia kuin muissa otoksissa, voitiin tehdä johtopäätös, että fyysisesti huonokuntoisemmilla oli myös alempi D-vitamiinitaso. Se ettei joukon sisältä havaita yhteyksiä on vain osoitus siitä, että tässä 27 henkilön joukossa D-vitamiini ja fyysinen toimintakyky ole yhteydessä toisiinsa.

*Riittävän D-vitamiinitason* ( $> 50 \text{ nmol/l}$ ,  $n = 92$ ) ryhmässä, jossa oli mukana myös optimaalisen D-vitamiinitason henkilöt ( $> 75 \text{ nmol/l}$ ,  $n = 17$ ), yhteys fyysisen toimintakyvyn ja D-vitamiinitason välillä ilmeni istumaannousun ja etunojapunnerruksen yhteyksillä D-vitamiinitasoon. Ilmeisesti dynaamisen voiman ja kestävyyyden ominaisuudet, sekä etunojapunnerruksessa vaadittavat staattisen pidon voimaominaisuudet ovat yhteydessä D-vitamiinitasoon tässä tutkimusjoukossa. Voiman ja D-vitamiinin yhteyksiä on havaittu Koundourakis ym. (2014), Fairbairn ym. (2018) tutkimuksissa, mutta niissä voiman laji ei ollut dynaaminen voima tai kestovoima. Carswell ym (2018) havaitsivat, että D-vitamiinilla ja kestävyydellä on yhteys, mikä puoltaa tämän tutkimuksen tulosta. Toisaalta tässä osaotoksessa ei havaittu yhteyttä D-vitamiinin ja 12 minuutin juoksutestin tai kestävyysindeksin välillä. Räjähävää voimaa vaativan vauhdittoman pituushypyn voimaominaisuudet eivät tässä otoksessa olleet tilastollisesti merkitseviä, mutta antoivat viitteitä yhteydestä ( $p = 0,08$ ). Tämän perusteella D-vitamiinitasolla ja dynaamisella voimalla on jonkinasteinen yhteys.

Riittävän D-vitamiinin, eli  $50\text{--}75 \text{ nmol/l}$  joukossa havaittiin tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä fyysisen toimintakyvyn ja D-vitamiinitason välillä ainoastaan vauhdittoman pituushypyn osalta. Tulos ei ole linjassa muiden voimaominaisuuksien ja D-vitamiinien välisten yhteyksien kanssa. Se voidaan tulkita yhtenevänä tuloksena Koundourakis ym. (2014) tutkimuksen kanssa. Toisaalta Carswellin ym. (2018) ja Fairbairnin ym. (2018) tulokset, joissa räjähtävän voiman ominaisuuksilla ei havaittu yhteyttä D-vitamiinitasoon, ovat tässä tutkimuksessa ilmenneiden tulosten vastaisia. Heidän tutkimuksissaan joukkoa ei jaettu viitearvojen mukaisesti, joka voisi olla yksi selittävä tekijä. Todennäköisempää lienee kuitenkin se, että D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn ilmeisen sattumanvarainen yhteyksien ilmeneminen ja häviäminen tässä tutkimuksessa voi johtua puhtaasta sattumasta. *Yli 75 nmol/l* joukossa ei havaittu yhteyksiä fyysisen toimintakyvyn ja D-vitamiinin välillä. Otoskoko oli ainoastaan 17, joka voi toimia

selittävänä tekijänä. On kuitenkin huomioitava, että optimaalisen D-vitamiinin joukolla oli keskimääräistä paremmat kuntomuuttajat keskiarvojen perusteella.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan myös todeta, että Ruokaviraston ohjeistama 50 nmol/l D-vitamiinitaso kyetään saavuttamaan ja ylläpitämään ravinnolla, mikäli ruokailutottumuksiin sisältyy D-vitaminoituja maito- ja meijerituotteita. Tämän tutkimuksen mittaukset sijoittuivat tammikuuhun, jolloin kesällä auringonvalon avulla noussut D-vitamiinitaso olisi jo laskenut. Jos D-vitamiinitasonsa haluaa nostaa optimaaliselle, yli 75 nmol/l tasolle, tulee sitä nauttia myös lisäravinteena. Ruokaviraston antaman päivittäisen saannin suosituksen saa ylittää kymmenkertaisesti, eikä sillä näin ollen ole haitallisia terveysvaikutuksia. Tutkimuksen perusteella D-vitamiinilisää voi talvella nauttia huoleti, kunhan päivittäinen annos pidetään alle 100 mikrogrammassa.

## 8.2 D-vitamiinin yhteys fyysiseen toimintakykyyn

Päätutkimusongelman vastaus on tulkittavissa tutkimustuloksista, joiden perusteella fyysisellä toimintakyvyllä ja D-vitamiinitasolla on yhteys. Yhteys ilmenee henkilökohtaisen kuntoindeksin ja D-vitamiinin yhteydestä. Koska henkilökohtainen kuntoindeksi muodostuu lihaskunto- ja kestävyysindeksistä, voidaan tuloksista nähdä, että lihaskuntoindeksin ja D-vitamiinitason välinen yhteys selittää suurilta osin henkilökohtaisen kuntoindeksin ja D-vitamiinin yhteyttä. Keskiarvojen valossa havaitaan myös, että kuntomuuttajat paranevat D-vitamiinitason noustessa, mutta kasvava hajonta aiheuttaa ja selittää yhteyksien heikkenemistä.

*Lihaskuntoindeksin* yhteys D-vitamiiniin koko otoksessa selittyy istumaannousun ja etunojapunnerruksen yhteyksillä. Räjähävää voimaa vaativan vauhdittoman pituushypyn voimaominaisuuksien yhteys havaitaan ainoastaan 50-75 nmol/l ryhmässä. Vastaavia tuloksia on raportoitu Carswell ym. (2018) sotilaiden fyysisen kunnan tutkimuksessa. Fairbairn ym. (2018) totesivat rugby pelaajia koskevassa tutkimuksessaan, että yhteys oli havaittavissa leuanvedon ja D-vitamiinitason välillä, mutta se saattoi heidän mukaansa johtua myös sattumasta. Sprinttilajeissa tätä yhteyttä ei kuitenkaan löytynyt, joten se on yhtenevä räjähävää voimaa vaativien tulosten kanssa. Koundourakis ym. (2014) löysivät yhteyden kevennyshypyn ja D-vitamiinitason välillä, mutta tämän tutkimuksen tulokset eivät tue havaintoa koko tutkimusjoukon laajuudessa.



*Juoksutestin* määrittämän kestävyysindeksin ja D-vitamiinin yhteys havaitaan ainoastaan joukossa, josta oli poistettu optimaalisen D-vitamiinin sekä D-vitamiinivajeen ryhmät. Korrelaatiokertoimet antavat viitteitä yhteydestä D-vitamiinitason ja kestävyysindeksin välillä, vaikkei tilastollinen merkitsevyys ollut riittävä ( $p = 0,06$ ). 12 minuutin juoksutestin osalta yhteys on heikompi, mutta sen selittänee kestävyysindeksin määräytyminen epälineaarisesti metrimääräisestä tuloksesta. D-vitamiinin ja maksimaalisen hapenottokyvyn välisten yhteyksien tulokset ovat ristiriitaisia eivätkä tilastollisesti merkitseviä: Yhteyksien tilastollinen merkitsevyys ja voimakkuus vaikuttavat satunnaisilta D-vitamiinitasoittain, mutta keskiarvojen valossa voidaan nähdä kestävyysmuuttujien nousua D-vitamiinitasojen mukana. Carswell ym. (2018) osoittivat D-vitamiinin yhteyden hapenottokykyyn Ison-Britannian asevoimissa palvelevissa alokkeissa, mikä johtunee heidän suuremmasta tutkimusotannasta ( $N = 967$ ). Koundourakis ym. (2014) raportoivat yhteyden kestävyysominaisuuksien ja D-vitamiinitason välillä pienemmässä otannassa ( $N = 67$ ), mutta otosjoukko koostui ammattiuheilijoista. Kun tässä tutkimuksessa toimineen kuntomuuttujien valossa heterogeenisen varusmiesjoukon otoksesta poistetaan henkilö, jolla oli muista huomattavasti korkeampi D-vitamiinitaso, voidaan laskea tilastollisesti merkitsevä yhteys regressioanalyysien myötä. D-vitamiinitason yhteyttä maksimaaliseen hapenottokykyyn ei esitetyn tiedon valossa voida sulkea pois, mutta tässä tutkimuksessa siitä ei saatu riittävän vahvaa näyttöä.

D-vitamiinin ja *ruumiinrakenteen* välinen yhteys ilmenee ainoastaan vyötärön ympäristen ja D-vitamiinitason välillä koko otoksessa. Yhteys on käänteinen. Tämän tutkimuksen koehenkilöistä ei havaittu yhteyksiä kehonpainoindeksiin (BMI) ja D-vitamiinitason välillä missään otosjoukossa, joka noudattaa Funderburk ym. (2015) havaintoa ylipainoisten sotilaiden D-vitamiinitasoista. Ruumiinrakenteen ja kuntotestien välillä on havaittavissa yhteys kaikissa osaotoksissa, jolloin ylipainoisilla ja keskivartalolihavilla voi olla hyvä D-vitamiinitaso, vaikka fyysinen kunto olisi huono. Kääntäen tarkasteltuna normaalin ruumiinrakenteen omaavalla henkilöllä saattaa olla matala D-vitamiinitaso, vaikka kuntotestien tulokset olisivat korkeita. Kehonpainoindeksin ja D-vitamiinin välisen yhteyden puuttuminen selittyy WHO:n (2008, 2019) ja Okorodudun ym. (2010) raportoimia kehonpainoindeksin rajoituksia tarkastelemalla. Kehonpainoindeksin mukaan ylipainoinen henkilö voi omata suuren lihasmassan, joka nostaa kehonpainoindeksiä, mutta parantaa lihaskuntotestin tuloksia. Tämän suuntaisia tuloksia on tulkittavissa myös koko otoksen korrelaatioista, vaikka vyötärön ympäristys onkin tässä tutkimuksessa parempi ennuste kuntotesteille kehonpainoindeksiin verrattuna. Kehonpainoindeksin tai vyötärön ympäristymittain korrelaatiot kuntomuuttujiin jokaisessa otoksessa voivat selittää tutkimusasetelmassa esiintyvää yhteyttä kehon antropometrian yhteyttä D-vitamiinitasoon. Regressioanalyysien perusteella yhteyttä ruumiinrakenteen ja D-vitamiinitason välillä ei havaittu. Tämän

tutkimuksen perusteella D-vitamiinitasolla ei ole merkittävää yhteyttä mitattavan ruumiinrakenteeseen. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin havaita, että D-vitamiinitasolla on voimakkaampi käänteinen yhteys vyötärön ympärykseen kuin kehonpainoindeksiin.

### 8.3 Luotettavuus ja rajoitukset

Tutkimuksen luotettavuutta puoltavat aikaisemmat samansuuntaiset tutkimustulokset. Toisaalta tutkimustuloksia on tulkittava kriittisesti, sillä tutkimuskenttä on jakaantunut endokrinologian, farmakologian, yleislääketieteen ja ravitsemustieteilijöiden välillä. Holick, joka on D-vitamiinin tutkimuksessa toistuva ja palkittu henkilö, on ollut tutkimuksessa mukana jo 1970-luvulta lähtien. On ilmeistä, että hän pyrkii nostamaan D-vitamiinin suositustasoja 75 nmol/l nykyisen 50 nmol/l sijaan. Tämä on otettava huomioon hänen ja muiden farmakologien artikkeleita lukiessa. Lisäksi EFSA (2016) totesi, että D-vitamiinitutkimuksessa julkaistaan useammin tulokset, joissa D-vitamiinin ja fyysisen toimintakyvyn välinen yhteys havaitaan, kuin jos niitä ei havaita. Aineistossa oli myös useita systemaattisia kirjallisuuskatsauksia, jotka pyrkivät kokoamaan yhteen samansuuntaisia tuloksia, jolloin kirjallisuuskatsauksen laatijoiden tulkinta aiemmista tutkimuksista tulee ottaa huomioon.

Erot tämän tutkimuksen tuloksissa esimerkiksi Fairbairnin ym. (2018) ja Koundourakis ym. (2014) tuloksiin voivat selittyä myös sillä, ettei ammattiurheilijoilta ole odotettavissa yhtä suurta vaihtelua kuntomuuttujien suhteen, kuin fyysisen toimintakyvyn ominaisuuksilta hyvin heterogeeniseltä ja vasta palveluksensa aloittaneelta varusmiesjoukolta. Ammattiurheilijoilla on fyysisten ominaisuuksien valossa varmasti erilaiset lähtökohdat kuin kokonaisella talven saapumiserällä Porin prikaatissa palvelustaan aloittavilla nuorilla aikuisilla.

Tutkimuksen edustettavuuden näkökulmasta koko tutkimuksen otosjoukko on samasta Porin prikaatin talven saapumiserästä, jolloin tutkimustuloksia voi soveltaa hyvin Porin prikaatin talven saapumiserien välillä. Suurin osa Porin prikaatin varusmiehistä on Varsinais-Suomen ja Satakunnan alueelta kotoisin olevia 19–29-vuotiaita miehiä. Koska kaikki varusmiehet ovat lääkärintarkastusten perusteella perusterveitä, voidaan tutkimustulos siirtää myös muihin noin 20-vuotiaisiin perusterveisiin miehiin. Tutkimustuloksia ei voida suoraan siirtää kesän saapumiserään, sillä D-vitamiinitasot nousevat osalla tutkittavista. Toisaalta tämä saattaisi näkyä fyysisesti aktiivisten henkilöiden vielä korkeammilla D-vitamiinitasoilla, koska aktiivinen elämäntapa ja ulkona auringonvalossa vietetty aika nostaa D-vitamiinitasoa.

Riippuvuuden näkökulmasta tieteellisen tutkimuksen toteuttamista ohjaavia yleisiä periaatteita on noudatettu soveltuvin osin. Kuntotesteissä ilmenevien virheiden mahdollisuutta ei voi sulkea pois. Vaikka ohjeet kuntotestin toteuttamisesta ovat selkeät, mahdollistavat ne lihaskuntotestissä tulkinnanvaraa. Tämä voi aiheuttaa marginaalista poikkeamaa tuloksissa, mutta sillä ei ole vaikutusta kokonaisuuden kannalta. Vastaavaa tilastollista virhettä aiheutuu, koska juoksutesti toteutettiin ulkona eri päivinä ja useissa erissä. Olosuhteet eivät ole olleet kaikille testausta suorittaville identtiset. Aika, paikka ja testausta johtava henkilö ovat siis voineet vaikuttaa tuloksiin. Lisäksi on huomioitava mahdollisessa tulosten kirjaamisessa tapahtunut virhe. Tämä virhe voidaan poistaa tarkastamalla tutkimusdata ja tarvittaessa hylkäämällä mittausdataa, kuten tässäkin tutkimuksessa tehtiin.

Tässä tutkimuksessa käytetty data jaettiin D-vitamiinitasojen mukaisesti, jotta voitiin tarkastella D-vitamiinin yhteyksiä fyysiseen toimintakykyyn. Tutkimusdatassa oli edelleen huomattavan korkeita ja matalia tuloksia, vaikka datasta poistettiin henkilöitä. Matalimpien tulosten, kuten viisi etunojapunnerrusta, tai 1 300 metrin juoksutestin tulos, jättäminen pois olisi voinut nostaa tulosten tilastollista merkitsevyyttä. Samoin olisi voinut tehdä henkilölle, jonka D-vitamiinitulos oli 30 nmol/l korkeampi kuin muilla. Mutta totuus on, että on olemassa 20-vuotiaita jotka eivät saa enempää kuin 5 etunojapunnerrusta. 1300 metrin juoksutestin tulos vastaa tulosta, jossa koehenkilö kävelee reippaasti koko matkan, mutta on myös henkilöitä, jotka eivät jaksa yhtäjaksoisesti juosta 12 minuuttia. Koska tarkoituksena oli havaita yhteyksiä fyysisen toimintakyvyn ja D-vitamiinin pidettiin kyseiset henkilöt mukana tutkimuksessa. Koehenkilöiden poistamiseen otoksesta ei vaikuttanut muu kuin liian matala tai korkea yksittäinen arvo, eli matalan fyysisen kuntotestin tuloksen poistamiseen ei vaikuttanut kyseisen henkilön D-vitamiinitaso.

Tämän tutkimuksen vahvistettavuus osoitettiin D-vitamiinin kirjallisuuskatsauksessa ja tulosten esittelyssä. Aikaisempi tutkimus on linjassa tämän tutkimuksen tulosten kanssa ja johtopäätökset perustuvat tutkimuksen tutkimusdatan perusteella laskettuihin tuloksiin. Aikaisempien tutkimusten esiin tuomat ristiriidat kyettiin tunnistamaan ja kummankin osapuolen perustelut tuotiin ilmi. Aikaisemmasta tutkimuksesta on myös havaittavissa epäpäteviä julkaisuja, jotka on osoitettu hyvän tieteellisen käytännön vastaisiksi, esimerkiksi lähdeviittauksen tai tutkimusdatan puutteellisuuden osalta (ks. esim. Sato ym. 2005 ja Retraction paper 2017).

## 8.4 Johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella nuoren perusterveen miehen D-vitamiinitaso antaa viitteitä hänen fyysisestä toimintakyvystään, etenkin voimakestävyuden osalta. Optimaalinen D-vitamiinitaso yhdistettiin parempiin kuntomuuttujiin. Matalan D-vitamiinitason ryhmässä fyysisen toimintakyvyn muuttajat olivat heikompia. Matala D-vitamiinitaso johtunee ruokailutottumuksista, joihin eivät kuulu D-vitaminoidut maito- ja meijerituotteet. Tämän tutkimuksen koehenkilöt ovat saaneet D-vitamiininsa ravinnosta mittausajankohdan perusteella. D-vitamiinitaso toiminee tämän perusteella myös osoituksena elämäntavoista, eikä yhden ravintoaineen yhteyksistä fyysiseen toimintakykyyn voi tehdä kovinkaan voimakkaita johtopäätöksiä.

Tämä tutkimuksen data on osa laajempaa tutkimusta, jossa on tarkoitus verrata D-vitamiinilisän vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn ja sairaspöissaoloihin. Laajempi tutkimus tarjoaa mahdollisuuden vastaavan tutkimuksen toteuttamiseen pitkittäissuunnassa, jolloin voidaan selvittää D-vitamiinin vaikutusta fyysiseen toimintakykyyn pelkän yhteyden lisäksi. Carswellin ym. (2018) koeasetelmassa havaittiin, ettei D-vitamiinitasoa nostamalla saavutettu parempia fyysisen kunnan tuloksia, mutta mittauspatteri ei täysin vastannut Puolustusvoimien mittauksia.

Tutkimukseen tulisi kyetä lisäämään myös muuttuja ruokailu- tai liikuntatottumuksista. Ruokailupäiväkirjan täyttäminen olisi toisaalta vaivalloista ja varusmiesten seuranta alokaskauden jälkeisten valintojen jälkeen hankalaa. Tämä vaatisi joukko-osastoilta tukea ja ohjausta, jotta se voitaisiin toteuttaa. Vaihtoehtoisesti ruokailupäiväkirjaa voitaisiin pitää ainoastaan D-vitamiinia sisältävien ruokien ja maitotuotteiden osalta sähköisesti PVMoodlessa tai valmiiden sovelusten avulla, jolloin varusmies voisi tehdä seurantaa likimain reaaliajassa. Liikuntatottumusten selvittäminen auttaisi, mikäli palveluksen aluksi halutaan tehdä tämän tutkimuksen kaltainen poikittaistutkimus, jossa pyritään osoittamaan yhteys aktiivisemmän elämäntavan ja D-vitamiinin välille.

Jatkotutkimustarpeena voidaan myös nähdä vertailu suuremman, viikon tai kahden välein annettavan kerta-annoksen ja päivittäisen D-vitamiinilisän hyödyistä. Suuremman kerta-annoksen aiheuttama riski voidaan minimoida määrittämällä vertailu- ja interventiorhmiin jako vasta kun koko joukon D-vitamiinitasot on selvitetty. Mikäli jollakulla on yli tietyn rajan oleva D-vitamiinitaso, ei hänelle tulisi antaa suurempaa kerta-annosta. Asetelma ei kuitenkaan saa vaarantaa kaksoissokkotutkimusta.

## LÄHTEET

- Allen, R. & Cureton, T. 1945. *Effects of ultraviolet radiation on physical fitness*. Archives of Physical Medicine. 10 1945, 641–644. USA
- Augustsson, S., Bersås, E., Magnusson Thomas, E., Sahlberg, M., Augustsson, J. & Svantesson, U. 2009. *Gender differences and reliability of selected physical performance tests in young women and men*. Advances in Physiotherapy 2009, 11, 64–70. Ruotsi.
- Ahtiainen, J. 2014. *Maksimi- ja nopeusvoiman kehittäminen tukee tehokasta ja taloudellista lajisuoritusta*. Liikunta ja tiede, 51 (2–3), 61–65. Internet: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/43991> Ladattu 26.3.2019.
- Asevelvollisuuslaki 1438/2007. Annettu Helsingissä 28.12.2007
- Avela, J., Mero, A., & Kyröläinen, H. 2016. *Hermosto-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen (toim.). *Huippu-urheiluväestön valmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Livonia Print O. Lahti.
- Bandyopadhyay, A. 2015. *Validity of Cooper's 12-minute run test for estimation of maximum oxygen intake in male university students*. Biology of Sport 2015, 32, 59–63. Intia.
- Bartoszewska, M., Kamboj, M., Patel, D. 2010. *Vitamin D, muscle function, and exercise performance*. Pediatric clinics of North America 2010;57(3):849-61. doi: 10.1016/j.pcl.2010.03.008. Yhdysvallat
- Barger-lux, M., Heaney, R., Dowell, S., Chen, T. & Holick, M. 1998. *Vitamin D and its Major Metabolites: Serum Levels after Graded Oral Dosing in Healthy Men*. Osteoporosis international (1998) 8:222–230. USA
- Batista, M., Menegat, F., Ferreira, C., Faulhaber, A., Campos, D. & Manguera, C. 2018. Analytical and clinical validation of the new Roche Elecsys Vitamin D Total II assay. Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. Vol 56(12),
- Bikle, D. 2012. *Vitamin D and Bone*. Curr Osteoporos Rep. 2012 June, 10(2), 151–159. USA.

- Bikle, D. & Bouillon, R. 2018. *Vitamin D and bone and beyond*. Bone reports. 2018 Jul 4;9:120-121. doi: 10.1016/j.bonr.2018.07.003. eCollection 2018 Dec. Internet. 11.3.2019
- Bischoff, H., Stähelin, H., Dick, W., Akos, R., Knecht, M., Salis, C., Nebiker, M., Theiler, R., Pfeifer, M., Begerow, B., Lew, R. & Conzelmann, M. 2003. *Effects of vitamin D and calcium supplementation on falls: a randomized controlled trial*. Journal of Bone and Mineral Research. 2003 18(2), 343–351
- Bischoff-Ferrari, H., Dietrich, T., Orav, E., Zhang, Y., Karlson, E. & Dawson-Hughes, B. 2004. *Higher 25-hydroxyvitamin D concentrations are associated with better lower extremity function in both active and inactive persons aged > or =60 y*. American Journal of Clinical Nutrition. 2004;80(3):752–8. USA
- Carswell, A., Oliver, J., Roberts, R. & Wentz, L. 2018. *Influence of Vitamin D Supplementation by Sunlight or Oral D3 on Exercise Performance*. Medicine in Sports & Science. July 2018. USA.
- Cederberg, H. 2011, *Relationship of physical activity, unacylated ghrelin and gene variation with changes in cardiovascular risk factors during military service*. Väitöskirja, Oulun yliopisto, 25.11.2011. Juvenes Print Oy, Tampere.
- Cerhan J., Moore S., Jacobs E., Kitahara C., Rosenberg P., Adami H., Ebbert J., English D., Gapstur S., Giles G., Horn-Ross P., Park Y., Patel A., Robien K., Weiderpass E., Willett W., Wolk A., Zeleniuch-Jacquotte A., Hartge P., Bernstein L. & Berrington de Gonzalez A. 2014. *A pooled analysis of waist circumference and mortality in 650,000 adults*. Mayo Clinic Proceedings, 2014, 89(3), 335–345. USA.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Toinen painos. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers. USA
- Cohen, J. 1992. Quantitative methods in psychology – A Power Primer. Psychological Bulletin. July 1992; 112(1), 155–159. USA
- Connell, A., Jenkins, N., Black, N., Pasco, J., Kotowicz, M. & Schneider, H-G. 2011. *Overreporting of Vitamin D deficiency with the Elecsys Vitamin D (25-OH) method*. Pathology VI 43, 4, 368–371. Australia.

- Cooper, K. 1968 *A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing*. JAMA 1968; 203: 201–204, USA
- Deschenes, M., & McCoy, R. 2017. *Skeletal Muscle Anatomy and Biomechanics*. Teoksessa Alvar, B., Sell, K. & Deuster, P. (toim.) NSCA's Essentials of Tactical Strength and Conditioning. National Strength and Conditioning Association 2017. Ladattu EBSCO:n kautta 31.10.2017.
- EFSA paneelin jäsenet: Bresson, J., Burlingame, B., Dean, T., Fairweather-Tait, S., Heinonen, M., Ildico, K., Hirsch, E., Mangelsdorf, I., McArdle, H., Androniki, N., Neulhäuser-Berthold, M., Niwicka, G., Pentieva, K., Sanz, Y., Siani, A., Sjödin, A., Stern, M., Tomé, D., Turck, D., Van Loveren, H., Vinceti, M & Willatts, P.
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2016. *Scientific opinion on dietary reference values for vitamin D*. EFSA Journal 2016;14(10):4547, 145 pp. doi:10.2903/j.efsa.2016.4547
- EFSA (European Food Safety Authority), 2018. *Outcome of a public consultation on the Draft Scientific Opinion of the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA) on the update of the tolerable upper intake level for vitamin D for infants*. EFSA supporting publication 2018:EN–1456. 22 pp. doi:10.2903/sp.efsa.2018.EN–1456 In line with EFSA's policy on declarations of interest, Panel member Harry McArdle did not participate in the development and adoption of this scientific opinion.
- Elintarvikevirasto EVIRA (nykyinen Ruokavirasto) 2016. D-vitamiinilla täydennetyt elintarvikkeet Suomessa, tuotteiden markkinoilletulo ja koostumus vuosina 2012–2016. Eviran raportti.
- Enko, D., Kriegshäuser, G., Stolba, R., Worf, E. & Halwachs-Baumann, G. 2015 *Method evaluation study of a new generation of vitamin D assays*. Biochimica Medica 2015;25(2), 203–212. Itävalta.

- Fagundes, G., Macan, T., Rohr, P., Damiani, A., da Rocha, F., Pereira, M., Longaretti, L., Vilela, T., Ceretta, L., Silveira, C., Silveira, P., Teixeira, J. & Andrade, V. 2019 *Vitamin D3 as adjuvant in the treatment of type 2 diabetes mellitus: modulation of genomic and biochemical instability*. Oxford University Press (internet julkaisu), hyväksytty 24.1.2019. Brasilia.
- Fairbairn, K., Ceelen, I., Skeaff, C., Cameron, C. & Perry, T. 2018. *Vitamin D<sub>3</sub> Supplementation Does Not Improve Sprint Performance in Professional Rugby Players: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Intervention Study*. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2018, 28, 1–9. Uusi-Seelanti
- FDA 2018. U.S. Food & Drug administration 2018. Yhdysvaltain elintarvike- ja lääkehallinto. *Class 2 Device Recall Elecsys Vitamin D total II*. Internet: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfRes/res.cfm?ID=164204> ladattu 02.03.2019.
- FINAS (Finnish accreditation service) 2018. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kuntayhtymän kliinisen kemian toimintayksikön akkreditoinnin liite 1. T177/M23/2018. Seinäjoki.
- Fogelholm, M. ym. *Lihavuus (aikuiset)*. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Lihavuustutkijat ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2013 (viitattu 27.03.2019). Saatavilla internetissä: [www.kaypahoito.fi](http://www.kaypahoito.fi)
- Freese, R. & Voutilainen, E. 2017. *Vitamiinit ja kivennäisaineet sekä muut ravinnon yhdisteet*. Teoksessa A. Aro, M. Mutanen, M. Uusitupa (toim.) Ravitsemustiede. 4.–7. painos. Duodecim Helsinki: Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu, 88–167.
- Funderburk, L., Daigle, K. & Arsenault, J. 2015. *Vitamin D Status Among Overweight and Obese Soldiers*. Military Medicine, 180, 2:237–240, 2015. USA
- Girgis, C. M., Clifton-Bligh, R. J., Hamrick, M. W., Holick, M. F. & Gunton, J. E., *The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism*. Review article, Endocrine reviews 2013 34(1), 33–38, USA



- Glerup, H., Mikkelsen, K., Poulsen L., Jasse, E., Overbeck, S., Andersen, H., Charles, P. & Eriksen, E. 2000 *Hypovitaminosis D myopathy without biochemical signs of osteomalacic bone involvement*. *Calcified Tissue International*. 2000 (66), 419–424. Tanska
- Gorkin, Z., Gorkin M. & Teslenko, N. 1938. *Влияние облучения ультрафиолетовыми лучами на тренировку в беге на 100 м – The effect of ultraviolet irradiation upon training for 100m sprint*. *The journal of Physiology of the USSR* 25 1938, 695–701. Neuvostoliitto
- Grant, S., Corbett, K., Amjad, A., Wilson, J., Aitchison, T. 1995. *A comparison of methods of predicting maximum oxygen uptake*. *Physical Education and Sports Science*. Skotlanti, UK.
- Hackman, K., Gagnon, C., Briscoe, R., Lam, S., Anpalahan, M. & Ebeling, P. 2010. *Efficacy and safety of oral continuous low-dose versus short-term high-dose vitamin D: a prospective randomised trial conducted in a clinical setting*. *The Medical Journal of Australia*. vol 192, Nr 12, 2010. Australia
- Hara, M., Shibayama, A., Arakawa, H., & Fukashiro, S. 2008. *Effect of arm swing direction on forward and backward jumping performance*. *Journal of Biomechanics* 41 (2008), 2806–2815. Japan.
- He, C-H., Yong X. H. A, Walsh, N. P. & Gleeson, M. 2016. *Is there an optimal vitamin D status for immunity in athletes and military personnel?* *EIR* 22 2016, 42–62, Iso-Britannia
- Heaney, R., Davies, K., Chen, T., Holick, M., Barger-lux, M. 2003. *Human serum 25-hydroxy-cholecalciferol response to extended oral dosing with cholecalciferol*. *American Journal of Clinical Nutrition* vol 77, issue 1. 204–210. USA
- Hébert-Losier, K., Beaven, M. 2013. *The MARS for Squat, Countermovement, and the Standing Long Jump Performance Analyses: Are Measures Reproducible?* *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(7), 1849–1857. Ruotsi.

- Helén, J. 2017. *Sotilaan fyysisen toimintakyvyn ja keon koostumuksen muutosten yhteydet tehtäväsimulaattorin suorituksen muutokseen kuukauden kriisinhallintaoperaation aikana*. Pro gradu -tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.
- Hertzler, S., Carson-Phillips, A. 2017. *Basic Nutrition for Tactical Population*. Teoksessa Alvar, B., Sell, K., Deuter, P. (toim.). NSCA's Essentials of Tactical Strength and Conditioning. National Strength and Conditioning Association 2017. Ladattu EBSCO:n kautta 31.10.2017.
- Hickox, L., Ashby, B. & Aldernik, G. 2016. *Exploration the validity of two-dimensional sagittal plane assumption in modeling the standing long jump*. Journal of Biomechanics 49 (2008), 1085–1093. USA.
- Himberg, J.-J. 2012, *Vitamiinit*. Teoksessa Koulu, M., Mervaala, E., Tuomisto, J. (toim.) Farmakologia ja Toksikologia, 8. painos. 83 Bookwell Oy, Helsinki. 821–839.
- Holick, M., Frommer, J., McNeill, S., Richtand, J., Henley, J. & Potts Jr. J. 1977. *Photometabolism of 7-dehydrocholesterol to previtamin D<sub>3</sub> in skin*, Biochemical and Biophysical Research Communications, vol 76 issue 1, 1977, 107–114
- Holick, M. 2008. *The vitamin D deficiency pandemic and consequences for nonskeletal health: mechanisms of action*. Molecular aspects of Medicine. 2008 Dec;29(6):361-8. doi: 10.1016/j.mam.2008.08.008. Yhdysvallat
- Holick, M., Binkley, N., Bischoff-Ferrari, H., Gordon, C., Hanley, D., Heaney, R., Murad, H. & Weaver, C. 2011. *Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, Volume 96, Issue 7, 1 July 2011, Pages 1911–1930. Internet: <https://doi.org/10.1210/jc.2011-0385> (ladattu 3.4.2019)
- Holick, M. 2012. *Evidence-based update on health benefits of vitamin D revisited*. Dermatohormonologia. 2012 Apr 1;4(2):183-90. doi: 10.4161/derm.20015. Yhdysvallat
- Holick M. 2017. *The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention*. Internet-julkaisu 17.5.2017. Ladattu 2.2.2019

- Hopkins, W.G. 2016. *A new view of statistics*. Internet society of sport science. Internet: <http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html> (luettu 22.3.2019).
- Huupponen, R. & Savontaus E. 2018a, *Kalsium*, Teoksessa Ruskoaho, H., Hakkola, J., Huupponen, R., Kantele, A., Korpi, E., Moilanen, E., Piepponen, P, Savontaus, E., Tenhunen, O. & Vähäkangas, K. 2014, päivitetty 2018. *Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia*. Duodecim Oppiportista ladattu artikkeli 19.2.2019.
- Huupponen, R. & Savontaus E. 2018b. *Parathormoni*. Teoksessa Ruskoaho, H., Hakkola, J., Huupponen, R., Kantele, A., Korpi, E., Moilanen, E., Piepponen, P, Savontaus, E., Tenhunen, O. & Vähäkangas, K. 2014, päivitetty 2018. *Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia*. Duodecim Oppiportista ladattu artikkeli 19.2.2019
- Huupponen, R. & Savontaus E. 2018c. *D-vitamiini*. Teoksessa Ruskoaho, H., Hakkola, J., Huupponen, R., Kantele, A., Korpi, E., Moilanen, E., Piepponen, P, Savontaus, E., Tenhunen, O. & Vähäkangas, K. 2014, päivitetty 2018. *Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia*. Duodecim Oppiportista ladattu artikkeli 19.2.2019
- Hynynen, E. 2016. *Hengitys- ja verenkiertoelimistö*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen K (toim.) Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Livonia Print OY, Lahti.
- Isolehto, J. 2016. *Nopeusvoimaharjoittelu*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen (toim.). Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa. Livonia Print Oy. Lahti.
- Jeukendrup, A. & Gleeson M., *Sport Nutrition – An introduction energy production and Performance*. Versa Press 2010, USA
- Kafkalias, A. & Stavrou, M. 2017. *Importance of Vitamin D in Athletes and Exercise; A mini review*. Arab Journal of Nutrition and Exercise. Vol 2, issue 3. 2017. Kypros
- Kielitoimiston sanakirja. Ei päivämäärää. <https://www.kielitoimistonsanakirja.fi/net-mot.exe?motportal=80> “Asevelvollisuus”, viitattu 5.3.2019

- Koundourakis, N., Androulakis, N., Malliaraki, N. & Margioris, A. 2014. *Vitamin D and exercise performance in professional soccer players*. Public library of science 2014. Internet: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101659> Ladattu 22.2.2019. Kreikka.
- Koundourakis, N., Avgoustinaki, P., Malliaraki, N. & Margioris, A. 2016. *Muscular effects of vitamin D in young athletes and non-athletes and in the elderly*. Review. *Hormones* 2016, 15(4), 471–488. Kreikka
- Krull, C., Abramoff, B., Mairin, J., Principe, J., Qingpo, C., Taylor, Y. 2019. *Intervention for Increasing Vitamin D Supplementation in a Deficient Rehabilitation Population: Outcomes of a Quality Improvement Initiative*. 27.01.2019 hyväksytty julkasematon artikkeli. Internet: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pmrj.12092>, Ladattu 06.03.2019
- Kärki, T., Kaleva.fi 20.2.2018. internet: <https://www.kaleva.fi/uutiset/kotimaa/kysyimme-miksi-ykkostyyppin-diabeetikot-eivat-kelpaa-ena-vapaaehtoisinakaan-varusmiespalvelukseen/785508/> Luettu: 23.3.2019
- Laaksi, I. 2012, *Vitamin D Insufficiency in Young Finnish Men - Associations with bone stress fracture and respiratory tract infections*. Väitöskirja, Tampereen yliopistopaino Oy – Juvenes Print, Tampere
- Laki naisten vapaaehtoisesta asepalveluksesta 1995/194. Annettu Helsingissä 17.2.1995.
- Lehmann, G. & Müller, .E. 1944. *Ultravioletbestrahlung und Höhenfestigkeit*. *Luftfahrt Medizin* 9 1944, 37–43, Saksa
- Mayorga-Vega, D., Bocanegra-Parrilla, R., Ornelas, M. & Viciano, J. 2016. *Criterion-Related Validity of the Distance and Time-Based Walk/Run Field Tests for Estimating Cardiorespiratory Fitness: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Public Library of Science (PLoS ONE)* 11 (3). Internet: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4795745/> Ladattu 4.3.2019.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2018. *Exercise Physiology: Nutrition, Energy, and Human Performance, Eighth Edition*. Wolters Kluwer Health. 8. Painos. USA.

- Merriam-Webster online dictionary. Ei päivämäärää. "conscription" internet: <https://www.merriam-webster.com/dictionary/conscription> katsottu 5.3.2019
- Mikkola, I., 2011. *Prevalence of metabolic syndrome and changes in body composition, physical fitness and cardiovascular risk factors during military service*. Väitöskirja, Oulun yliopisto, 18.11.201. Juvenes Print Oy, Tampere.
- Miller, T. 2017. *Physiological Adaptations and bioenergetics*. Teoksessa Alvar, B., Sell, K. & Deuster, P. (toim.) NSCA's Essentials of Tactical Strength and Conditioning. National Strength and Conditioning Association 2017. Ladattu EBSCO:n kautta 31.10.2017.
- Monlezun, D., Bittner, E., Christopher, K., Camargo, Jr., C. & Quraishi, S. 2015. *Vitamin D Status and Acute Respiratory Infection: Cross Sectional Results from the United States National Health and Nutrition Examination Survey, 2001–2006*. *Nutrients* 2015, 7, 1933–1944; doi:10.3390/nu7031933. USA
- Moran, D. S., McChung, J. P., Kohen, T & Lieberman, H. R. 2013. *Vitamin D and Physical Performance*, Review article, internetjulkaisu. Springer International Publishing, 2013, Sveitsi
- Newsholme, E., Blomstrand, E. & Ekblom, B. 1992. *Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids*. *British Medical Bulletin* 1992 48(3), 477–95. Iso-Britannia
- Nieminen, O. 2019. Sähköpostiviesti. Jani Vaaran välittämä 6.2.2019.
- NIH. 2018 U.S. Department of Health & Human Services – National Institutes of Health. 2018. *Vitamin D – Fact Sheet for Professionals*. Tulostettu 1.2.2019, viimeisin päivitys 09.11.2018. <https://ods.od.nih.gov/factsheets/VitaminD-HealthProfessional/#en1>
- Nobel Prize 2019. Internet: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1928/windaus/facts/> Katsottu 11.4.2019.
- Nummela, A. 2016. *Energia-aineenvaihdunta*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen (toim.). *Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Livonia Print O. Lahti.

- Nurminen, V. 2019a. *Regulation of vitamin D target genes in human monocytes*. Itä-Suomen yliopisto. Väitöskirja. saatavilla internetistä. Viitattu 22.2.2019 [epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-3019-4/urn\\_isbn\\_978-952-61-3019-4.pdf](https://publications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-3019-4/urn_isbn_978-952-61-3019-4.pdf)
- Nurminen, V., 2019b. Radio Suomen päivä. Uutta tutkimustietoa D-vitamiinista. Saatavilla <https://areena.yle.fi/1-50035775>. Kuunneltu 22.3.2019.
- Ojala, A., Laaksonen, M., Arjanne, L. 2016. *Ruokailun toteuttaminen*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen (toim.). *Huippu-urheiluvalmennus – Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Livonia Print O. Lahti.
- Okorodudu, D., Jumean, M., Montori, V., Romero-Corral, A., Somers, V., Erwin, P. & Lopez-Jimenez, F. 2010. *Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis*. International Journal of Obesity (2010) 34, 791–799. USA.
- peda.net. Kuva verenkiertoelimistöstä. Ladattu 27.3.2019. [https://peda.net/forssa/forssan-yhteislyseo/luva-2017\\_18/varasto/ihminen22/sydan/verenkierto](https://peda.net/forssa/forssan-yhteislyseo/luva-2017_18/varasto/ihminen22/sydan/verenkierto)
- Pihlajamäki, H., Laaksi, I., Ruohola, J-P., Laaksonen, J., Kyröläinen, H., Niemelä, O., Vaara, J. & Luukkaala, T. 2017. *D-vitamiinilisän vaikutus varusmiesten terveyteen ja suorituskykyyn; satunnaistettu ja plasebokontrolloitu kaksoissokkotutkimus*. Tutkimussuunnitelma 12.10.2017. Helsinki
- Paakkari, I. 2012. Yle Puheen iltapäivä. Professori Ilari Paakkari: D-vitamiinin syönti kannattaa kohusta huolimatta. Saatavilla internet: <https://areena.yle.fi/1-1727716>
- Paakkari, I. 2016. *D-vitamiini*. Lääkärikirja Duodecim, 28.11.2016, internet: [https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk01044](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01044), ladattu 20.2.2019
- Paakkari I. 2019. Duodecim verkkokurssi: *Vitamiinit – ravintolisä ja lääke*. Julkaistu 15.1.2019 (internet: <https://www.oppoportti.fi/op/dvk00153>). Suoritettu 20.2.

- Parfrey, K., Xocherty, D., Workman, R. & Behm, D. 2008. *The effects of different sit- and curl-up positions on activation of abdominal and hip flexor musculature*. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. 01 Oct 2008 33(5), 888-895.
- Penry, J., Wilcox, A. & Yun, J. 2011. *Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults*. Journal of Strength and Conditioning research. 245(3), 597–605. USA.
- Pfeifer, M., Begerow, B., & Minne, H. *Vitamin D and musl function*. Osteopoross International 2002 Mar;13(3):187-94. Yhdysvallat.
- Puolustusvoimat 2019. *Varusmies 2019 – Opas varusmiespalvelukseen valmisautuvalle*. Varusmiesopas 2018.pdf (Versio 1.2). PunaMusta 2018. Helsinki.  
Internet:<https://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/2258487/Varusmiesopas+2018.pdf/522a30fe-5941-4d67-8eb1-be8a45dee004>  
päivitetty 22.2.2019, luettu 22.3.2019
- Pääesikunta 2011a. PVHSM KOULUTUSALA 058 – PEHENKOS FYYSISEN TOIMINTAKYVYN PERUSTEET, hallinnollinen määräys HH47/14.2.2011, Helsinki
- Pääesikunta 2011b. (Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O. Ilomäki, J., Rintakoski, M. & Tiainen, S.). *Puolustusvoimien kuntotestaaajan käsikirja 2011*, 2. painos, Edita Prima Oy 2011, Helsinki
- Pääesikunta 2012. PVHSMK KOULUTUSALA 067 – PEHENKOS ASEVELVOLLISTEN FYYSINEN KOULUTUS, hallinnollinen määräys, HI323/4.10.2012, Helsinki
- Pääesikunta 2015. PVHSMK–PE VARUSMIEHILLE YHTEISESTI KOULUTETTAVAT ASIAT, hallinnollinen määräys, HL967/1.10.2015, Helsinki
- Pääesikunta 2017. *Sotilaan käsikirja 2017*, Juvenes Print Oy 2018, Helsinki
- Pääesikunta 2018a. *Puolustusvoimien henkilöstötilinpäätös 2017*, Juvenes Print Oy 2018, Helsinki

- Pääesikunta 2018b, *Diabeetikoiden varusmiespalveluskäytännön päättäminen*. 28.12.2018. Helsinki
- Ratinen J. 2018. *Kaaderiperustamisesta aluejärjestelmään*. Suomalaisen liikekannallepanojärjestelmän kehittyminen 1918–1945. Maanpuolustuskorkeakoulu. Juvenes Print 2018, Tampere.
- Retraction Statement 2017. Paper '*Low-Dose Vitamin D Prevents Muscular Atrophy and Reduces Falls and Hip Fractures in Women after Stroke: A Randomized Controlled Trial*' by Sato et. al. *Cerebrovasc Dis* 2005;20:187–192. *Cerebrovascular Diseases* 2017;44:240–240, sekä <https://retractionwatch.com/2016/11/09/analysis-casts-doubt-on-bone-researchers-body-of-work/> Katsottu 7.3.2019
- Roche, Urgent Field Safety Notice. 2018. Elecsys Vitamin D total II: Non-reproducible, false high results. SBN-CPS-2018-005 Internet, ladattu 4.3.2019.
- Roche Diagnostics, 2018. Cobas e 801, Elecsys Vitamin D total II. Käyttöohje/esite 2018–12. V 2.0 English. Sähköposti, 6.2.2019.
- Romero-Corral, A., Somers, V., Sierra-Johnson, J., Thomas, R., Bailey, K., Collazo-Clavell, M., Allison, T., Korinek, J., Batsis, J. & Lopez-Jimenez, F. *Accuracy of Body Mass Index to Diagnose Obesity in the US Adult Population*. *International Journal of Obesity* 2008 June; 32(6): 959–966. Author manuscript available in in PMC 2010. Ladattu 1.4.2019.
- Rosen, C., Abrams, S., Aloia, J., Brannon, P., Clinton, S., Durazo-Arvizu, R., Gallagher, C., Gallo, R., Jones, G., Kovacs, C., Manson, J., Mayne, S., Ross, C., Shapses, S. & Taylor, C. 2012. *IOM Committee Members Respond to Endocrine Society Vitamin D Guideline*. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2012;97(4): 1146–1152. Internet: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22442278>. Ladattu 3.4.2019.
- Ruokavirasto, ei päivämäärää. <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/ravitsemus-ja-ruokasuositukset/erityisohjeet-ja-rajoitukset/>, viitattu 21.2.2019



- Ruokavirasto, ei päivämäärää. Internet: <https://www.ruokavirasto.fi/teemat/terveytta-edistava-ruokavalio/ravintoaineet/D-vitamiini/>, viitattu 22.2.2019
- Ruohola J-P., Laaksi I., Ylikomi T., Haataja R., Mattila V., Sahi T., Tuohimaa P. & Pihlajamäki H. 2006. *Association between serum 25OHD concentrations and bone stress fractures in Finnish young men*. J Bone Miner Res. 2006 Sep;21(9):1483–8.
- Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T., Tiainen, S., Palvalin, K., Häkkinen, A. & Häkkinen, K. 2006. *Physical Fitness Profiles in Young Finnish Men during the Years 1975–2004*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 38(11), 1990–1994. Helsinki.
- Santtila, M., Pihlainen, K., Koski, H., Vasankari, T., Kyröläinen, H. 2018. *Physical fitness in Young men between 1975–2015 with a focus on the Years 2005–2015*. Medicine & Science in Sports & Exercise. 50 (2), 292–298. Helsinki.
- Sato Y., Iwamoto J., Kanoko T. & Satoh, K. 2005. *Low-Dose Vitamin D Prevents Muscular Atrophy and Hip Fractures in Women after Stroke: A Randomized Controlled Trial*. Cerebrovasc Dis 2005;20:187–192, 2005, 20, 187–192. Japani
- Shi, W., Neubeck, L. & Gallagher, R. 2017. *Measurement matters: A systematic review of waist measurement sites for determining central adiposity*. Collegian 24 2017 513–523.
- Siilasmaa, R., Ahtisaari, M., Ala-Pietilä, P., Jungner, M., Komi, K., Ojajärvi, A., Parkkinen M., Siimes, O., Rätty, A. & Virtanen, V. 2010. *Suomalainen asevelvollisuus*, Painoyhtymä:Helsinki
- Siviilipalveluslaki 1446/2007. Annettu Helsingissä 28.12.2007
- Smith, D. 2017. *Cardiopulmonary and Endocrine Responses and Adaptations to Exercise*. Teoksessa Alvar, B., Sell, K. & Deuster, P. (toim.) NSCA's Essentials of Tactical Strength and Conditioning. National Strength and Conditioning Association 2017. Ladattu EBSCO:n kautta 31.10.2017.
- Spiro, A. & Buttriss, J., 2014. *Vitamin D: An overview of vitamin D status and intake in Europe*. Review. Nutrition Bulletin, 39, 322–350. British Nutrition Foundation Iso-Britannia.

Terveystarkastusohje 2012, Pääesikunta, Logistiikkaosasto. Juvnes Print Oy, Tampere.

Thelen, M. & Koppenhaver, S. 2015. *Performance optimization and injury prevention strategies for the army physical fitness test: technique matters*, The international journal of sports physical therapy, vol 10 nr 3, 391–401. Texas USA, 2015

Vaara, J., Kyröläinen, H., Niemi, J., Ohrankämmen, O., Häkkinen, A., Kocay, S. & Häkkinen, K. 2012. *Associations of Maximal Strength and Muscular Endurance Test Scores with Cardiorespiratory Fitness and Body Composition*. Journal of Strength and Conditioning Research 26(8), 2078–2086. Helsinki.

Wang, T–T., Nestel, F. P., Bourdeau, V., Yoshihiko N., Wang, Q., Liao, J., Tavera–Mendoza, L., Lin R., Hanrahan, J., Mader, S. & White, J. 2004. *Cutting edge 1,25-Dihydroxyvitamin D<sub>3</sub> is a Direct Inducer of Antimicrobial Peptide Gene Expression*. The Journal of Immunology October 2004, 2909–2912. Vahvistettu 2019.

Wicherts, I., van Schoor, N., Boeke, A., Visser, M., Deeg, D., Smit, J., Knol, D. & Lips, P. 2007. Vitamin D status predicts physical performance and its decline in older persons. J Clin Endocrinol Metab. 2007, 92(6), 2058–2065. Alankomaat.

Wilkinson, D., Blacker, S., Richmond, V., Rayson, M. & Bilson J. 2014. *Relationship between the 2.4-km run and multistage shuttle run test performance in military personnel*. Military Medicine, 179 (2), 203–207, USA.

WHO, World Health Organization. 2008. *Waist Circumference and Waist-Hip Ratio – Report of a WHO Expert Consultation*. Internet: [https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO\\_report\\_waistcircumference\\_and\\_waisthip\\_ratio/en/](https://www.who.int/nutrition/publications/obesity/WHO_report_waistcircumference_and_waisthip_ratio/en/) Ladattu: 15.3.2019.

WHO, World Health Organization. *Body Mass Index – BMI*. Ei päivämäärää. Saatavissa internet: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi> ladattu 27.3.2019

- Yang, J., Christophi, C., Farioli, A., Baur, D., Moffatt, S., Zollinger, T & Kales, S. 2019. *Association Between Push-up Exercise Capacity and Future Cardiovascular Events Among Active Adult Men*. Nutrition, Obesity, and Exercise. JAMA network Open 2019 2(2). internet: doi:10.1001/jamanetworkopen.2018.8341. Ladattu 2.3.2019.
- Ööpik, V., Timpmann, S., Rips, L., Olveti, I, Kõiv, K., Mooses, M., Mölder, H., Varblane, A., Lille, H-R. & Gapeyeva H 2017. *Anabolic Adaptations Occur in Conscripts During Basic Military Training Despite High Prevalence of Vitamin D Deficiency and Decrease in Iron Status*, Military Medicine Vol. 182, March/April, 2017, 1810–1818. Viro

## **LIITELUETTELO**

- Liite 1 Antropometrinen mittaus ja fyysisen toimintakyvyn testien viitearvot.
- Liite 2 Otosten kuvailevat tiedot.
- Liite 3 Otosten korrelaatiokertoimet.

Taulukko 1. Kehonpainoindeksin viitearvot selityksineen, Pääesikunta 2012, Liite 6, 8.

BMI	Selite
alle 18,5	<i>Alipaino.</i> Paino on normaalia pienempi. Sairastuvuusriski on suurentunut. Usein laihuus on kuitenkin seuraus sairaudesta, ei sen syy.
18,5–24,9	<i>Normaali paino.</i> Laihduttamiseen ei ole mitään terveydellistä syytä.
25–29,9	<i>Lievä ylipaino.</i> Sairastuvuusriski on hieman suurentunut. Riskiä voidaan pienentää elintapoja muuttamalla ilman selvää laihduttamista, lisäämällä liikuntaa ja muuttamalla ruokavaliota vähärasvaisemmaksi.
30–34,9	<i>Merkittävä ylipaino.</i> Sairastuvuusriski on selvästi suurentunut ja myös kuolleisuusriski on tavallista suurempi. Laihtuminen (5–15 % kehon painosta) saattaa olla hyödyllistä terveydelle.
35–39,9	<i>Vaikea ylipaino.</i> Riskit ovat edellistä suuremmat. Laihtuminen (10–20 % kehon painosta) on hyödyllistä terveydelle.
40 tai yli	<i>Sairaalloinen lihavuus.</i> Laihtuminen (10–20 % kehon painosta) on erittäin hyödyllistä terveydelle.

Taulukko 2. Vyötärön ympärysmittan suositusarvot, Pääesikunta 2012, Liite 6, 7.

Vyötärön ympärysmitta	Selite
Miehet 94 cm, Naiset 80 cm	Ei terveysriskiä
Miehet 94–102 cm, Naiset 80–88 cm	Lievästi suurentunut terveysriski
Miehet >102 cm. Naiset >88 cm	Huomattavasti suurentunut terveysriski

Varusmiesten kuntotestien viitearvot.

Taulukko 3. Kuntotestien tulosrajat (varsumiehet).

**Varusmiehet (miehet)**

		Vauhditon pituus- hyppy	Istumaannousu	Etunojapunnerrus	12 min juoksu
<b>Erinomainen</b>	5	2,60	46	40	3200
	4,75	2,55	45	39	3150
	4,5	2,50	44	38	3100
<b>Kiitettävä</b>	4,25	2,45	43	37	3050
	4	2,40	42	36	3000
	3,75	2,35	41	35	2950
	3,5	2,30	40	34	2900
<b>Hyvä</b>	3,25	2,25	39	33	2850
	3	2,20	38	32	2800
	2,75	2,15	37	31	2750
	2,5	2,10	36	30	2700
<b>Tyydyttävä</b>	2,25	2,05	35	29	2650
	2	2,00	34	28	2600
	1,75	1,95	33	27	2550
	1,5	1,90	32	26	2500
<b>Välttävä</b>	1,25	1,85	27	23	2225
	1	1,80	22	20	1950
<b>Heikko</b>	0,75	1,75	17	17	1675
	0,5	1,70	12	14	1400
	0,25	1,65	7	11	1350

Varusmiesten kuntotestien viitearvot, naiset.

Taulukko 4. Kuntotestien tulosrajat (vapaaehtoista aseellista palvelusta suorittavat naiset).

**Varusmiehet (naiset)**

		Vauhditon pituus- hyppy	Istumaannousu	Etunojapunnerrus	12 min juoksu
<b>Erinomainen</b>	5	2,10	40	32	2900
	4,75	2,05	39	31	2850
	4,5	2,00	38	30	2800
<b>Kiitettävä</b>	4,25	1,95	37	29	2750
	4	1,90	36	28	2700
	3,75	1,85	35	27	2650
	3,5	1,80	34	26	2600
<b>Hyvä</b>	3,25	1,75	33	25	2550
	3	1,70	32	24	2500
	2,75	1,65	31	23	2450
	2,5	1,60	30	22	2400
<b>Tyydyttävä</b>	2,25	1,55	29	21	2350
	2	1,50	28	20	2300
	1,75	1,45	27	19	2250
	1,5	1,40	26	18	2200
<b>Välttävä</b>	1,25	1,35	21	15	1950
	1	1,30	16	12	1700
<b>Heikko</b>	0,75	1,25	12	9	1450
	0,5	1,20	8	6	1200
	0,25	1,15	4	3	1150

Taulukko 1 Shapiro–Wilkin testi jakautuneisuudesta hyväksytylle otokselle

	Statistic	N	p
Pituus	,986	119	,251
Paino	,897	119	,000
BMI	,928	119	,000
Vyötärönympäryys	,922	119	,000
Istumaannousu	,989	119	,450
Etunojapunnerrus	,988	119	,353
Vauhditon pituushyppy	,951	119	,000
Lihaskuntoindeksi (LKI)	,919	119	,000
12 minuutin juoksutesti	,962	119	,002
Kestävyysindeksi (KEI)	,875	119	,000
Henkilökohtainen kuntoindeksi (HKI)	,988	119	,414
D-vitamiinitaso 25(OH)D	,951	119	,000

D-vitamiinitaso ei noudattanut normaalijakaumaa.



Taulukko 2. Analyysiin valitun otoksen kuvailutiedot ( $N = 119$ )

	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	36,1	123,0	60,4	13,7
Pituus [cm]	160	196	179	7
Paino [kg]	50,9	141,7	76,7	13,2
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	17,4	41,0	23,9	3,6
Vyötärön ympärys [cm]	65	128	84	10
Istumaannousu [kpl/min]	18	67	41	10
Etunojapunnerrus [kpl/min]	5	81	38	16
Vauhditon pituushyppy [m]	1,40	2,85	2,31	,26
LKI <sup>3</sup>	,42	5,00	3,51	1,24
12 min juoksutesti [m]	1300	3040	2415	310
KEI <sup>4</sup>	,00	4,00	1,64	,78
HKI <sup>5</sup>	,21	4,50	2,57	,90

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Taulukko 3. Alle 50 nmol/l otosjoukon kuvailutiedot ( $n = 27$ )

	<i>n</i>	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	27	36,1	49,4	44,1	3,9
Pituus [cm]	27	167	192	178	7
Paino [kg]	27	61,0	110,0	78,7	15,0
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	27	19,0	32,5	24,7	4,0
Vyötärönympärys [cm]	27	69	111	86	10
Istumaannousu [kpl/min]	27	18	50	37	9
Etunojapunnerrus [kpl/min]	27	5	67	32	16
Vauhditon pituushyppy [m]	27	1,90	2,65	2,28	0,23
LKI <sup>3</sup>	27	0,84	5,00	3,11	1,18
12 min juoksutesti [m]	27	1600	2750	2345	298
KEI <sup>4</sup>	27	0,50	2,75	1,42	0,57
HKI <sup>5</sup>	27	0,88	3,29	2,26	0,73

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Taulukko 4. Yli 50 nmol/l otosjoukon kuvailutiedot ( $n = 92$ )

	$n$	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	92	50,6	123,0	65,2	11,7
Pituus [cm]	92	160	196	179	7
Paino [kg]	92	50,9	141,7	76,1	12,7
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	92	17,4	41	23,7	3,5
Vyötärönympärys [cm]	92	65	128	84	9
Istumaannousu [kpl/min]	92	21	67	42	10
Etunojapunnerrus [kpl/min]	92	6	81	39	16
Vauhditon pituushyppy [m]	92	1,40	2,85	2,32	0,27
LKI <sup>3</sup>	92	0,42	5,00	3,63	1,24
12 min juoksutesti [m]	92	1300	3040	2435	315
KEI <sup>4</sup>	92	0,00	4,00	1,71	0,82
HKI <sup>5</sup>	92	0,21	4,50	2,67	0,93

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Taulukko 5. Kuvailevat tiedot 25(OH)D 50–75 nmol/l,  $n = 75$ 

	$n$	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	75	50,6	74,8	61,1	7,2
Pituus [cm]	75	166	196	180	6
Paino [kg]	75	50,9	141,7	76,9	13,3
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	75	17,4	41,0	23,8	3,6
Vyötärönympärys [cm]	75	65	128	85	10
Istumaannousu [kpl/min]	75	21	67	41	9
Etunojapunnerrus [kpl/min]	75	6	75	37	15
Vauhditon pituushyppy [m]	75	1,40	2,80	2,31	0,26
LKI <sup>3</sup>	75	0,42	5,00	3,53	1,26
12 min juoksutesti [m]	75	1300	3040	2415	310
KEI <sup>4</sup>	75	0,00	4,00	1,62	0,77
HKI <sup>5</sup>	75	0,21	4,50	2,58	0,91

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Taulukko 6. Kuvailevat tiedot 25(OH)D yli 75,  $n = 17$ .

	$n$	Alin	Ylin	Keskiarvo	Hajonta
25(OH)D <sup>1</sup> [nmol/l]	17	76,0	123,0	83,1	11,2
Pituus [cm]	17	160	189	177	8
Paino [kg]	17	62,0	94,0	72,5	8,5
BMI <sup>2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ]	17	20,1	28,7	23,3	2,8
Vyötärönympärys [cm]	17	72	92	80	6
Istumaannousu [kpl/min]	17	26	58	45	9
Etunojapunnerrus [kpl/min]	17	23	81	47	17
Vauhditon pituushyppy [m]	17	1,90	2,85	2,36	0,28
LKI <sup>3</sup>	17	1,50	5,00	4,06	1,08
12 min juoksutesti [m]	17	1820	3010	2530	320
KEI <sup>4</sup>	17	0,75	4,00	2,07	0,98
HKI <sup>5</sup>	17	1,13	4,50	3,07	0,95

<sup>1</sup>)25(OH)D: D-vitamiinitaso, <sup>2</sup>)BMI: Kehonpainoindeksi, <sup>3</sup>)LKI: Lihaskuntoindeksi, <sup>4</sup>)KEI: Kestävyysindeksi, <sup>5</sup>)HKI: Henkilökohtainen kuntoindeksi

Taulukko 1 Spearmanin korrelaatiokertoimet (N=119)

KOKO OTOS	25(OH)D	Pituus	Paino	BMI	Vyötärönympäryys	Istumaannousu	Etunojapunnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksutesti	KEI	HKI
HKI	<b>0,30**</b>	-0,02	-0,32**	-0,35**	-0,38**	0,78**	0,83**	0,67**	0,93**	0,84**	0,84**	1,00
	<i>p</i> 0,001	0,795	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
KEI	<b>0,18</b>	0,02	-0,37**	-0,42**	-0,37**	0,52**	0,55**	0,49**	0,62**	0,98**	1,00	
	<i>p</i> 0,056	0,836	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
12 min juoksutesti	<b>0,15</b>	0,00	-0,41**	-0,46**	-0,39**	0,53**	0,55**	0,51**	0,63**	1,00		
	<i>p</i> 0,100	0,966	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
LKI	<b>0,32**</b>	-0,03	-0,25**	-0,27**	-0,36**	0,85**	0,88**	0,72**	1,00			
	<i>p</i> 0,000	0,727	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000				
Vauhditon pituus	<b>0,17</b>	0,05	-0,32**	-0,38**	-0,43**	0,49**	0,56**	1,00				
	<i>p</i> 0,069	0,620	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
Punnerrus	<b>0,26**</b>	-0,16	-0,21*	-0,17	-0,28**	0,64**	1,00					
	<i>p</i> 0,004	0,088	0,019	0,073	0,002	0,000						
Istumaannousu	<b>0,29**</b>	0,01	-0,17	-0,21*	-0,27**	1,00						
	<i>p</i> 0,002	0,939	0,060	0,021	0,003							
Vyötärönympäryys	<b>-0,21*</b>	0,23*	0,80**	0,76**	1,00							
	<i>p</i> 0,022	0,014	0,000	0,000								
BMI	<b>-0,13</b>	-0,07	0,84**	1,00								
	<i>p</i> 0,170	0,469	0,000									
Paino	<b>-0,10</b>	0,43**	1,00									
	<i>p</i> 0,286	0,000										
Pituus	<b>0,01</b>	1,00										
	<i>p</i> 0,928											
25(OH)D	<b>1,00</b>											

\*\*.  $p < 0,01$  \*.  $p < 0,05$

Taulukko 2. Spearmanin korrelaatiot. D-vitamiinivajeelliset (n &lt; 50 nmol/l).

<b>&lt; 50 nmol/l</b>	<b>25(OH)D</b>	<b>Pituus</b>	<b>Paino</b>	<b>BMI</b>	<b>Vyötärönympäryys</b>	<b>Istumaannousu</b>	<b>Etunojapunnerrus</b>	<b>Vauhditon pituus</b>	<b>LKI</b>	<b>12 min juoksutesti</b>	<b>KEI</b>	<b>HKI</b>
<b>n = 27</b>												
HKI	<b>0,05</b>	-0,336	-0,466*	-0,334	-0,298	0,614**	0,808**	0,604**	0,896**	0,653**	0,685**	1,000
	<i>p</i> 0,799	0,086	0,014	0,089	0,131	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	
KEI	<b>-0,03</b>	-0,158	-0,506**	-,430*	-0,431*	0,308	0,297	0,224	0,395*	0,954**	1,000	
	<i>p</i> 0,890	0,433	0,007	0,025	0,025	0,118	0,132	0,262	0,042	0,000		
12 min juoksutesti	<b>-0,03</b>	-0,132	-0,558**	-,512**	-0,448*	0,313	0,277	0,165	0,383*	1,000		
	<i>p</i> 0,888	0,513	0,002	0,006	0,019	0,112	0,163	0,411	0,049			
LKI	<b>-0,00</b>	-0,278	-0,364	-0,251	-0,195	0,690**	0,877**	0,711**	1,000			
	<i>p</i> 0,995	0,160	0,062	0,207	0,330	0,000	0,000	0,000				
Vauhditon pituus	<b>0,00</b>	-0,004	-0,398*	-,427*	-0,321	0,485*	,560**	1,000				
	<i>p</i> 1,000	0,986	0,040	0,026	0,103	0,010	0,002					
Punnerrus	<b>-0,10</b>	-,517**	-0,375	-0,192	-0,221	0,385*	1,000					
	<i>p</i> 0,605	0,006	0,054	0,336	0,267	0,048						
Istumaannousu	<b>0,18</b>	-0,164	-0,248	-0,199	-0,161	1,000						
	<i>p</i> 0,364	0,414	0,213	0,319	0,423							
Vyötärönympäryys	<b>-0,09</b>	0,311	0,931**	,877**	1,000							
	<i>p</i> 0,659	0,114	0,000	0,000								
BMI	<b>-0,06</b>	0,021	0,908**	1,000								
	<i>p</i> 0,766	0,916	0,000									
Paino	<b>-0,08</b>	0,379	1,000									
	<i>p</i> 0,704	0,051										
Pituus	<b>0,05</b>	1,000										
	<i>p</i> 0,811											
25(OH)D	<b>1,00</b>											

\*\*. *p* < 0,01 \*. *p* < 0,05

Taulukko 3. Spearmanin korrelaatiot. Riittävän ja optimaalisen D-vitamiinin joukko. (>50 nmol/l,  $n = 92$ )

<b>&gt; 50 nmol/l</b>	<b>25(OH)D</b>	<b>Pituus</b>	<b>Paino</b>	<b>BMI</b>	<b>Vyötärönympäryys</b>	<b>Istumaannousu</b>	<b>Etunojapunnerrus</b>	<b>Vauhditon pituus</b>	<b>LKI</b>	<b>12 min juoksutesti</b>	<b>KEI</b>	<b>HKI</b>
<b>HKI</b>	<b>0,23*</b>	0,032	-0,289**	-0,351**	-0,390**	0,804**	0,823**	0,690**	0,927**	0,878**	0,877**	1,000
<i>p</i>	0,025	0,759	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>KEI</b>	<b>0,12</b>	0,063	-0,349**	-0,416**	-0,344**	0,581**	0,600**	0,564**	0,682**	0,981**	1,000	
<i>p</i>	0,252	0,553	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
<b>12 min juoksutesti</b>	<b>0,10</b>	0,035	-0,389**	-0,450**	-0,367**	0,586**	0,610**	0,590**	0,690**	1,000		
<i>p</i>	0,328	0,739	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
<b>LKI</b>	<b>0,28**</b>	0,030	-0,201	-0,258*	-0,370**	0,853**	0,893**	0,722**	1,000			
<i>p</i>	0,008	0,779	0,055	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000				
<b>Vauhditon pituus</b>	<b>0,18</b>	0,067	-0,292**	-0,355**	-0,446**	0,473**	0,536**	1,000				
<i>p</i>	0,079	0,526	0,005	0,001	0,000	0,000	0,000					
<b>Punnerrus</b>	<b>0,24*</b>	-0,079	-0,170	-0,149	-0,289**	0,701**	1,000					
<i>p</i>	0,020	0,452	0,105	0,158	0,005	0,000						
<b>Istumaannousu</b>	<b>0,23*</b>	0,051	-0,133	-0,212*	-0,259*	1,000						
<i>p</i>	0,027	0,631	0,207	0,042	0,013							
<b>Vyötärönympäryys</b>	<b>-0,18</b>	0,228*	0,761**	0,720**	1,000							
<i>p</i>	0,078	0,029	0,000	0,000								
<b>BMI</b>	<b>-0,10</b>	-0,086	0,824**	1,000								
<i>p</i>	0,365	0,418	0,000									
<b>Paino</b>	<b>-0,12</b>	0,431**	1,000									
<i>p</i>	0,256	0,000										
<b>Pituus</b>	<b>-0,09</b>	1,000										
<i>p</i>	0,409											
<b>25(OH)D</b>	<b>1,00</b>											

\*\*.  $p < 0,01$  \*.  $p < 0,05$



Taulukko 4. Spearmanin korrelaatiot. Riittävän D-vitamiinitason omaava joukko (50 –75 nmol/l,  $n = 75$ )

<b>50 nmol/l –</b>												
<b>75 nmol/l</b>												
<b><math>n = 75</math></b>	<b>25(OH)D</b>	<b>Pituus</b>	<b>Paino</b>	<b>BMI</b>	<b>Vyötärönympäryys</b>	<b>Istumaannousu</b>	<b>Etunojapunnerrus</b>	<b>Vauhditon pituus</b>	<b>LKI</b>	<b>12 min juoksutesti</b>	<b>KEI</b>	<b>HKI</b>
HKI	<b>0,16</b>	-0,010	-0,32**	-,378**	-0,392**	0,796**	0,835**	0,644**	0,924**	0,851**	0,846**	1,000
	<i>p</i> 0,182	0,931	0,006	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KEI	<b>-0,00</b>	0,002	-0,366**	-,418**	-0,319**	0,529**	0,588**	0,482**	0,628**	0,980**	1,000	
	<i>p</i> 0,993	0,988	0,001	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
12 min juoksutesti	<b>0,01</b>	-0,040	-0,419**	-,461**	-0,361**	0,542**	0,602**	0,509**	0,642**	1,000		
	<i>p</i> 0,906	0,736	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000			
LKI	<b>0,24*</b>	0,008	-0,223	-,293*	-0,378**	0,854**	0,895**	0,687**	1,000			
	<i>p</i> 0,037	0,947	0,055	0,011	0,001	0,000	0,000	0,000				
Vauhditon pituus	<b>0,26*</b>	0,031	-0,293*	-,352**	-0,469**	0,438**	0,506**	1,000				
	<i>p</i> 0,027	0,790	0,011	0,002	0,000	0,000	0,000					
Punnerrus	<b>0,17</b>	-0,062	-0,172	-0,191	-0,273*	,698**	1,000					
	<i>p</i> 0,149	0,600	0,140	0,100	0,018	0,000						
Istumaannousu	<b>0,19</b>	-0,005	-0,170	-0,245*	-0,266*	1,000						
	<i>p</i> 0,095	0,965	0,145	0,034	0,021							
Vyötärönympäryys	<b>-0,10</b>	,243*	0,753**	0,729**	1,000							
	<i>p</i> 0,405	0,035	0,000	0,000								
BMI	<b>-0,07</b>	-0,038	0,844**	1,000								
	<i>p</i> 0,533	0,748	0,000									
Paino	<b>-0,04</b>	0,442**	1,000									
	<i>p</i> 0,711	0,000										
Pituus	<b>-0,02</b>	1,000										
	<i>p</i> 0,843											
25(OH)D	<b>1,00</b>											

\*\*.  $p < 0,01$  \*.  $p < 0,05$

Taulukko 5. Spearmanin korrelaatiot. Optimaalisen D-vitamiinitason omaava joukko (&gt; 75 nmol/l, n = 17)

<b>&gt; 75 nmol/l</b>													
<b>n = 17</b>	<b>25(OH)D</b>	Pituus	Paino	BMI	Vyötärön ympäryys	Istumaannousu	Etunojapunnerrus	Vauhditon pituus	LKI	12 min juoksu-	testi	KEI	HKI
HKI	<b>-0,07</b>	0,416	-0,074	-0,429	-0,254	0,781**	0,627**	0,879**	0,917**	0,961**	0,968**	1,000	
	<i>p</i> 0,786	0,097	0,779	0,086	0,325	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
KEI	<b>-0,03</b>	0,460	-0,184	-0,555*	-0,332	0,758**	0,518*	0,839**	0,860**	0,987**	1,000		
	<i>p</i> 0,910	0,063	0,480	0,021	0,193	0,000	0,033	0,000	0,000	0,000			
12 min juokсутesti	<b>-0,05</b>	0,471	-0,130	-0,514*	-0,255	0,748**	0,519*	0,856**	0,858**	1,000			
	<i>p</i> 0,864	0,056	0,618	0,035	0,323	0,001	0,033	0,000	0,000				
LKI	<b>-0,19</b>	0,202	-0,181	-0,325	-0,343	0,836**	0,784**	0,915**	1,000				
	<i>p</i> 0,470	0,437	0,487	0,203	0,178	0,000	0,000	0,000					
Vauhditon pituus	<b>-0,06</b>	0,222	-0,252	-0,421	-0,343	0,667**	0,669**	1,000					
	<i>p</i> 0,822	0,392	0,329	0,092	0,178	0,003	0,003						
Punnerrus	<b>-0,48</b>	-0,157	-0,193	-0,059	-0,393	0,537*	1,000						
	<i>p</i> 0,051	0,549	0,459	0,822	0,118	0,026							
Istumaannousu	<b>-0,19</b>	0,352	-0,089	-0,380	-0,302	1,000							
	<i>p</i> 0,459	0,166	0,735	0,132	0,239								
Vyötärön ympäryys	<b>0,25</b>	0,183	0,735**	0,543*	1,000								
	<i>p</i> 0,332	0,482	0,001	0,024									
BMI	<b>-0,03</b>	-0,401	0,601*	1,000									
	<i>p</i> 0,903	0,111	0,011										
Paino	<b>0,33</b>	0,417	1,000										
	<i>p</i> 0,197	0,096											
Pituus	<b>0,41</b>	1,000											
	<i>p</i> 0,106												
25(OH)D	<b>1,00</b>												

\*\*.  $p < 0,01$  \*.  $p < 0,0$

This page intentionally left blank