

**MIESENTOPALLOILIJOIDEN VOIMAOMINAISUUKSIEN  
SÄILYMINEN VALMISTAVAN KAUDEN JA KILPAILUKAU-  
DEN AIKANA**

Kaappo Aittokallio

Pro gradu –tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Kevät 2010

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Ohjaaja: Keijo Häkkinen

## TIIVISTELMÄ

**Aittokallio, Kaappo 2010. Mieslentopalloilijoiden voimaominaisuuksien säilyminen valmistavan kauden ja kilpailukauden aikana. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 60 s.**

Lentopallo on intervallityyppinen laji, jossa energiantuotto on alaktista. Räjähävällä voimalla on lajissa keskeinen merkitys. Pelaajien vertikaalihyppykyvystä riippuva ulottuvuus ja lyönnin voimakkuus ovat tärkeimpiä joukkueen menestystä selittäviä fyysisiä tekijöitä. Näitä teho-ominaisuuksia pystytään voimaharjoittelun avulla kehittämään. Kilpailu- eli ottelukaudella tulisi voimaominaisuudet pystyä vähintään säilyttämään. Jos voimaharjoittelu lopetetaan kilpailukauden ajaksi, voimatasot laskevat ja suorituskyky myös lajisuorituksissa heikenee.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää neljästi viikossa toteutetun voimaharjoittelun vaikutus lentopalloilijoiden voimaominaisuuksiin yhdeksän viikon peruskuntokauden aikana. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, riittääkö kaksi voimaharjoitusta viikossa ylläpitämään voimaominaisuudet yhteensä 33 viikon valmistavan kauden ja kilpailukauden ajan, kun nopeusvoima ja maksimivoimaharjoitusten määrän suhde on ensin 1:1 ja myöhemmin 2:1. Koehenkilöinä oli 11 SM-liigalentopalloilijamiestä, joiden ikä oli 27,9 ( $\pm$  2,9) vuotta, pituus 191,6 ( $\pm$  5,7) cm ja paino 92,0 ( $\pm$  10,3) kg. Tutkimuksessa mitattiin jalkakyykyn, rinnallevedon, penkki-punnerruksen ja ylivedon maksimivoimaa, vertikaalihyppyjen nousukorkeutta ja ulottuvuutta, heittopituutta 1 ja 3 kg palloilla sekä toistomäärää kestovoimakuntopiirissä. Maksimivoima kehittyi peruskuntokauden aikana 3-10 % ( $p < 0,05$ ), hyppyt ja heitot kehittyivät 4-7 % ( $p < 0,05$ ) ja kestovoima 5 % ( $p < 0,05$ ). Vertikaalihyppyissä kehitystrendi jatkui vielä valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen ajan. Kevennyshyppyn nousukorkeuden keskiarvo parani yhteensä 4,0 ( $\pm$  0,47) cm ( $p < 0,05$ ), torjuntahyppyn ulottuvuuden keskiarvo 6,4 ( $\pm$  0,21) cm ( $p < 0,05$ ) ja vauhdillisen ulottuvuushyppyn keskiarvo 5,5 ( $\pm$  0,23) cm ( $p < 0,05$ ). Kilpailukauden aikana mikään mitattu voimaominaisuus ei laskenut, vaikka voimaharjoittelun määrä väheni puoleen peruskuntokaudesta.

Tulokset osoittavat, että lentopalloilijan maksimivoiman ja nopeusvoiman säilymiselle kilpailukaudella näyttäisi riittävän kaksi voimaharjoitusta viikossa. Lisäksi voimaominaisuuksien säilymisen kannalta riittää, että maksimivoimaharjoitus tehdään yhdeksän päivän välein ja nopeusvoimaharjoitus viiden päivän välein.

**Avainsanat: Lentopallo, kilpailukausi, voimaharjoittelu, maksimivoima, nopeusvoima**

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	
1 JOHDANTO .....	4
2 SUORITUSKYKYTEKIJÄT LENTOPALLOSSA .....	6
2.1 LAJILLE TYYPILLISET LIKEMALLIT .....	6
2.2 VOIMA- JA NOPEUSVAATIMUKSET .....	7
2.3 ENERGIANTUOTTO .....	10
2.4 PELAAJAN SUORITUSKYKYPROFIILI .....	13
3 FYYSISEN HARJOITTELUN OHJELMOINTI LENTOPALLOSSA.....	17
3.1 HARJOITTELUN TAVOITTEET .....	17
3.2 PERUSKUNTOKAUSI.....	18
3.3 VALMISTAVA KAUSI.....	20
3.4 KILPAILUKAUSI.....	21
3.4.1 Erityishaasteet ja fyysisen harjoittelun merkitys .....	22
3.4.2 Yhden kilpailukauden malli .....	23
3.4.3 Kahden kilpailukauden malli .....	25
3.5 SIIRTYMÄKAUSI .....	25
4 KILPAILUKAUDEN VAIKUTUS VOIMAOMINAISUUKSIIN	
JOUKKUEPALLOILULAJEISSA.....	26
4.1 KILPAILUKAUDEN PITUUS .....	26
4.2 VOIMAHARJOITTELUN MÄÄRÄ .....	28
5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESEIT .....	31
6 MENETELMÄT .....	32
6.1 TUTKIMUSASETELMA .....	32
6.2 KOEHENKILÖT.....	32
6.3 HARJOITTELUN OHJELMOINTI.....	32
6.4 MITTAUKSET.....	35
6.5 TILASTOANALYYSIT .....	38
7 TULOKSET .....	40
8 POHDINTA .....	46
9 LÄHTEET.....	53

# 1 JOHDANTO

Tässä pro gradu –tutkielmassa on tutkimus- ja valmennuskirjallisuuteen perustuen tarkasteltu lentopalloa huippu-urheilumuotona. Näkökulma on lajin fysiologisissa ja biomekaanisissa vaatimuksissa, joihin lentopalloilijan tavoitteellinen ja tarkoituksenmukainen fyysinen valmennus perustuu.

Lentopallo kilpa- ja huippu-urheiluna on intervallityyppinen laji, jossa energiantuotto pallon ollessa pelissä tapahtuu lihassolujen korkeaenergisistä fosfaattivarastoista hyödyntäen anaerobisesti. On arvioitu, että ATP-KP -systeemi kattaisi 90 % ja anaerobinen glykolyysi 10 % energiantuotosta lentopallo-ottelun suoritusjaksojen aikana. Palautumistauoilla lihassolujen aineenvaihdunta on aerobista. Maitohappoa ei yleensä kerry. (Gionet 1980.)

Siirtyminen ns. juoksevaan pistelaskutapaan 10 vuotta sitten lyhensi lentopallo-otteluiden kestoja noin 30 %. Nykyisin yhden erän pituus on EM-kisoissa tehtyjen otteluanalyysien mukaan keskimäärin 22 minuuttia ja otteluvoittoon vaaditaan edelleen kolme erävoittoa. Myös yksittäisten pallorallien kesto on lyhentynyt ja palautumisaika pallorallien välillä pidentynyt. Pallorallin kesto on keskimäärin 5,3 sekuntia ja taukojen kesto 27,0 sekuntia. (Häyrinen ym. 2000a-c.)

Räjähtävällä voimalla on keskeinen merkitys, koska lentopallon lajisuorituksissa korostuvat nopeat ylöspäin suuntautuvat hyppy, vauhdit, lyönnit ja muutaman metrin pyräykset. Viiden erän ottelun aikana pelaaja tekee 200-300 tällaista tehosuoritusta, joista yli puolet on hyppyjä (Hasegawa ym. 2002). Pelirooli vaikuttaa jonkin verran tehosuorituksen määrään ja tiheyteen. Yleispelaajien, keskipelaajien ja hakkurien tehosuoritusmäärä eroaa passarin tehosuoritusmäärästä, joka on suurempi. Lisäksi keskipelaajien tehosuoritusstiheys on pienempi johtuen liberovaihtojen tuomasta pidemmästä palautumisajasta. Liberon rooli eroaa muista pelaajista eniten. Libero pelaa vain takakentällä eikä näin ollen tee hyppysuorituksia lainkaan. (Häyrinen ym. 2000a-c.)

Ympärivuotinen voimaharjoittelu on olennainen osa lentopalloilijan fyysisen suorituskyvyn kehittämistä. Yhdistetty maksimivoima-, nopeusvoima- ja plyometrinen harjoittelu on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi kehittää lentopalloissa vaadittavia tehoominaisuuksia ja hyppykykyä (Powers 1996). Voimaominaisuuksien kehittäminen painottuu 1-3 kuukauden mittaiselle peruskuntokaudelle (Bompa & Carrera 2003, Häyrinen 2007). Kilpailukauden aikana kehittäväälle voimaharjoittelulle on vain hyvin rajalliset mahdollisuudet johtuen lajiharjoitusten ja otteluiden suuresta määrästä (Gamble 2006), joka vähentää palautumisaikaa ja saattaa aiheuttaa suurivolyymiselle yhdistelmäharjoittelulle tyypillisen voima- ja teho-ominaisuuksien kehittymistä estävän vaikutuksen ja altistaa jopa yliharjoittelulle (Kraemer & Nindl 1998). Säännöllinen voimaharjoittelu on kuitenkin välttämätöntä myös kilpailukauden aikana, jotta pelaajien nopeus- ja maksimivoimatasot säilyisivät (Häkkinen 1993a). Usean viikon voimaharjoittelutauko palloilulajien kilpailukaudella saattaa nimittäin aiheuttaa maksimivoiman laskun lisäksi heikentymistä myös lajinomaisissa tehosuorituksissa kuten hypyissä (Hoffman ym. 1991) ja pallonheittonopeudessa (Marques & Gonzales-Badillo 2006).

## 2 SUORITUSKYKYTEKIJÄT LENTOPALLOSSA

### 2.1 Lajille tyypilliset liikemallit

Liikeopillisesti ajateltuna lentopallossa vaadittavia keskeisimpiä suorituksia ovat hyppy, lyönnit, muutaman askeleen juoksut, nopeat sivuttaisliikkeet, suunnanmuutokset ja syöksyt (Bahr & Bahr 1997). Fyysisistä ominaisuuksista yksittäisten maksimaalisten suoritusten kohdalla korostuvat nopeus ja räjähtävä voima (Cisar & Corbelli 1989). Hyppyjä tehdään useimmiten kahdella jalalla ponnistaen, joko paikaltaan tai muutaman askeleen vauhdilla. Hyppy suuntautuvat ylös tai eteen ja ylös. Hyppyt ovat useimmiten voimantuotoltaan maksimaalisia tai lähes maksimaalisia. (Hasegawa ym. 2002.) Lyöntejä tehdään sekä yhdellä että kahdella kädellä, paikaltaan tai liikkeessä, jalat lattiassa tai ilmassa (Bahr & Bahr 1997). Ilmassa tapahtuviin lyönteihin yhdistyy oikea aikaisen ponnistuksen avulla suoritettu hyppy (Black 1995). Lyöntien liikesuunta voi olla alhaalta ylös tai ylhäältä alas. Lyöntisuoritus voi tapahtua hartiatason alapuolelta tai pään yläpuolelta (Hasegawa ym. 2002.) Toisin kuin hypyissä, lyöntisuoritusten voimantuotto vaihtelee hyvin paljon. Lyönnin voima tulee olla pelitilanteeseen nähden tarkoituksenmukainen ja vaihtelee hyvin kevyestä kosketuksesta maksimaaliseen lyöntiin. (Cisar & Corbelli 1989, Hasegawa ym. 2002) Lyhyet juoksut voivat olla pallon pelaamiseen liittyviä maksimaalisia spurteja tai sijoittumiseen liittyviä kevyitä siirtymisiä (Black 1995).

Lentopallon perussuoritukset voidaan jaotella syöttövuoron mukaan. Omasta syötöstä käynnistyvä palloralli noudattaa ideaalikulussaan järjestystä syöttäminen, torjuminen, puolustaminen, jatkohyökkäys ja varmistaminen. Vastustajan syötöstä käynnistyvä palloralli puolestaan etenee järjestyksessä vastaanottaminen, passaaminen, hyökkääminen, varmistaminen. Näissä suorituksissa vaaditaan jatkuvasti toistettavia liikemalleja, jotka ovat vastaanoton, puolustamisen ja varmistamisen osalta lähinnä matalan ja reagointivalmiin asennon ylläpitämistä, sivuliikettä ja pallokosketuksen tekemistä. (Zetou ym. 2006.) Syöttämisen ja hyökkäämisen liikemallit ovat keskenään samantyyppisiä, sisältäen vauhtiaskeleet, käsiheilautuksen hypyissä, hypyn ja lyönnin pään yläpuolelta. Passaamisen liikesuoritus on monipuolinen, koska se voidaan tehdä erilaisista asennoista pelitilanteen mukaan, hypyllä tai ilman sekä etu- tai takasuuntaan. Torjunnassa vaaditaan

nopeaa 2-3 askeleen sivuliikettä, ylöspäin hyppäämistä ja keskivartalon stabilointikykyä. (Häyrinen ym. 2006.)

Lajisuoritukset vaativat tiettyjä liikemalleja, joita suorittavien lihasten hermostollinen säätely on harjoitettava taidollisesti automaation tasolle sekä hankittava riittävä voima, nopeus ja lihaskestävyys, jotta suorituksia pystyttäisiin toistamaan ja muuntelemaan sekä säilyttämään suoritusten teho läpi ottelun (Black 1995). Seuraavassa on eritelty eri lajisuoritusten vaatimien liikemallien edellytyksiä Hasegawan ym. (2002) mukaan. Valmiusasennon, vastaanottamisen, puolustamisen ja varmistamisen suorittamisessa tapahtuu olkanivelen koukistus sekä kyynärnivelen stabilointi. Hyökkäämisessä ja syöttämisessä lyönnin tehokkuus riippuu voimasta ja nopeudesta olkanivelen ojennuksessa pään yläpuolelta sekä olkanivelen ulko- (eksentrinen vaihe) ja sisäkierrossa (konsentrinen vaihe). Myös vartalon koukistuksella on merkitystä molemmissa. Hypyt ja lähes kaikki erilaiset lentopallossa vaadittavat ponnistukset edellyttävät nilkan, polven ja lantion ojennusta. Nämä liikkeet korostuvat myös vauhtiaskeleissa, mutta syklisesti ja vuorojaloin. Käsien heilautuksella tehostetaan hyppyjä ja tällöin olkanivelen ojennuksen ja koukistuksen nopeus ja oikea-aikaisuus on olennaista. Passaamisen eli sormilyönnin voimantuotossa keskeisessä asemassa olevia liikkeitä ovat yläraajojen loitonuus olkanivelen suhteen pään yläpuolelle, kyynärnivelen ojennus ja ranteen koukistus. Torjunnassa suoritetaan yläraajojen loitonuus olkanivelen suhteen pään yläpuolelle sekä olkanivelen ojennus pallon törmäysvoimaa vastustettaessa.

Kaikki edellä mainitut lentopallon yleiset liikesuoritukset edellyttävät tehokasta vartalon stabilointia, jonka tärkeys lajissa usein esiintyvissä dynaamisissa ja tasapainokykyä haastavissa pelitilanteissa korostuu. Selkärangan ojennus, koukistus, lateraalikoukistus ja kierto sekä näiden oikea-aikaisuus ovat vartalon stabiloinnin perusta. Lajisuoritusten kinesiologian ymmärtäminen mahdollistaa taito-, voima-, ja teho-ominaisuuksien harjoittelun tarkoituksenmukaisen suunnittelun ja toteutuksen. (Hasegawa ym. 2002.)

## **2.2 Voima- ja nopeusvaatimukset**

Nykyaikainen huipputason lentopallo on laji, jossa nopeusvoima ja tehokestävyys ovat keskeisiä ominaisuuksia. Useat lajissa vaaditut taidot edellyttävät kykyä korkealle nou-

sevan, nopean ja räjähtävän hypyn suorittamiseen. Pallon lyöminen vaatii myös keski- ja ylävartalon nopeaa voimantuottoa.

Vertikaalisesti suuntautuvat hyppyvät ovat tärkeä osa lentopalloa. Niitä esiintyy syötön, passauksen, iskulyönnin ja torjunnan yhteydessä lähes jokaisen pelatun pisteen aikana. Menestyäkseen pelaajan on paitsi pystyttävä hyppäämään korkealle, niin myös pystyttävä suorittamaan hyppy nopeasti ja toistuvasti. Huipputasen miespelaajien on laskettu tekevän 200-300 räjähtävää voimaa vaativaa tehosuoritusta viiden erän ottelun aikana. Näistä tehosuorituksista noin 30 % on lyhyitä pyrähdyksiä, 12-16 % erilaisia syöksyjä pallontavoittelussa ja yli puolet erilaisia hyppyjä. Hyppyt ovatkin merkittävien tehosuoritusten osa-alue. Huipputasen naispelaajien on raportoitu suorittavan keskimäärin 12, mutta jopa 35 hyppyä yhden erän aikana. Eri pelipaikoilla hyppytiheys ja hyppyjen tyyppi on erilainen. Keskitorjujat suorittavat 50 % kaikista verkolla tapahtuvista hypyistä. Valtaosa näistä keskitorjujien hypyistä, samoin kuin oikean laidan hypyistä, on torjuntahyppyjä, kun taas lähes 60 % vasemman laidan hypyistä on hyökkäykseen liittyviä. (Hasegawa ym. 2002.)

Useat tekijät vaikuttavat ylöspäin suuntautuvien hyppyjen onnistumiseen ja nousukorkeuteen. Tärkeimpiä suorituskykytekijöitä ovat lihas-jänne-kompleksin elastisuuden hyödyntäminen ja alaraajojen maksimivoima ja voimantuottonopeus. Myös käsiheilauksen hyödyntämisellä ja kehon koostumuksella on vaikutusta vertikaalihyppysuoritukseen. (Semenick & Adams 1987.) Lentopallossa suoritettavat hyppyt voidaan jakaa kahteen tyyppiin kontaktiajan perusteella. Nopea päkiöllä tapahtuva kontakti, joka alkaa pienen tasajalkaa alas tulevan hypähdyksen jälkeen, on biomekaanisesti verrattavissa reaktiiviseen pudotushyppyyn, jossa voimantuottoaika on lyhyt ja venymis-lyhenemisyklin voimantuottoon vaikuttavat myös lihasten esiaktiivisuus ja refleksivasteet (Voigt ym. 1998). Reaktiivisuuden hyödyntäminen on mahdollista vain, jos kontaktiaika on noin 200 ms tai vähemmän (Komi 1983). Toisen tyyppisessä hypytavassa, jossa ei tapahdu pudotusta, esiintyy pidemmän kontaktin ponnistus, jossa venymis-lyhenemisykli on vastaava kuin esikevennyshypyissä ja myös kantapää on kontaktissa alustaan (Voigt ym. 1998).

Vertailtaessa kineettisiä muuttujia 86 lentopalloilijalla havaittiin keskimääräisen voiman, huippuvoiman ja voimantuottoajan eroavan näiden kahden hyppytyypin välillä, mutta



voiman impulssissa, irtoamisvaiheen nopeudessa tai nousukorkeudessa ei ollut eroa (Coutts 1982). Reaktiivisuuden kehittämisestä harjoittelun avulla voi kuitenkin olla hyötyä, koska lentopallossa vertikaalihyppyjen ponnistusnopeus on tärkeä tekijä nopeassa torjunnassa tai yllätyksellisessä hyökkäyksessä. Toisaalta väsymys voi pidentää nopean reaktiivisen hypyn venymis-lyhenemissykliä, koska nivelten jäykkyyttä säätelevien lihasten refleksiaktivaatio on vähentynyt (Avela ym. 1999), mikä saattaa lentopallossa heikentää suoritusta ponnistusajan pidentymisen takia sekä altistaa loukkaantumisille, koska törmäysenergiasta suurempi osa absorboituu luu- ja nivelsiderakenteisiin.

Voimaominaisuuksien vaikutusta vertikaalihyppyihin on tutkittu paljon ja näyttäisi siltä, että alaraajojen ojentajalihasten maksimi- ja räjähtävä voima ovat tärkeimmät hyppysuoritukseen vaikuttavat tekijät eri lajien aikuisurheilijoilla (Wisloff ym. 2004, Hedrick & Anderson 1996, Pääsuke ym. 2001, Saliba & Hrysonmallis 2001), urheilemattomilla henkilöillä (Yamauchi & Ishii 2007) sekä naisilla (Ashley & Weiss 1994), lapsilla (Ball ym. 1992) ja junioriurheilijoilla (Ugarkovic ym. 2002, Podolsky ym. 1990). Myös ammattilaismieslentopalloilijoilla maksimivoima mitattuna raa'alla rinnallevedolla ja jalkakyykyllä korreloi merkitsevästi sekä kevennyshypyn että iskulyöntihypyn nousukorkeuden kanssa (Sheppard ym. 2008).

Vertikaalihyppyyn vaikuttavat tärkeimmät alavartalon lihakset ovat nilkan, polven ja lonkan ojentajat. Näiden lihasryhmien keskinäiset osuudet ponnistuksen voimantuotossa ovat 36 %, 24 % ja 40 %, vastaavasti (Robertson & Fleming 1987). On osoitettu, että vertikaalihyppykorkeus kasvoi sitä enemmän, mitä enemmän näitä lihasryhmiä kuormittavien painoharjoitteluliikkeiden maksimitulokset parantuivat kahden vuoden seurannan aikana 45 miesurheilijalla. Lisääntyneen lihasmassan aiheuttama kehon painon nousuun ei vähentänyt lisääntyneen voiman hyppykorkeutta parantavaa vaikutusta, vaan ne henkilöt, joiden paino nousi eniten, paransivat myös hyppykorkeutta eniten. (Hedrick & Anderson 1996.) Lentopalloilijalle ylimääräinen lihasmassa saattaa kuitenkin olla haitaksi, koska hyppyjen alastulon aiheuttamien iskujen voima kasvaa ja saattaa altistaa mm. polven alueen rasitusvammoille (Øystein ym. 2003).

Lentopallon iskulyönti ja hyppysyöttö ovat EMG-mittausten perusteella määritettyjen lihasaktiivisuuksien suhteen samankaltaisia suorituksia (Rokito ym. 1998). Tehokas iskulyönti- ja hyppysyöttösuoritus edellyttävät alaraajojen, keskivartalon ja yläraajojen mak-

simi- ja nopeusvoimaa, sillä pallon lähtönopeus korreloi positiivisesti lyöntikäden olkanivelen isokineettisen sisäkierron voiman maksimimomenttiin kolmella eri kulmanopeudella, kyynärnivelen isokineettisen ojennuksen ja koukistuksen voiman maksimimomenttiin, iskulyöntihypyn nousukorkeuteen, kehon painoindeksiin ja voimaharjoittelun määrään (Forthomme ym. 2005). Myös kolmiulotteisissa liikeanalyysitutkimuksissa on osoitettu olkavarren kulmanopeuden suuri merkitys pallon lähtönopeudelle iskulyönnissä (Chung ym. 1990, Coleman ym. 1993).

## 2.3 Energiantuotto

Lentopallon lajisuoritukset vaativat pelaajalta suurta tehoa ja anaerobista energiantuotto-kykyä. Lajin säännöt ja otteluiden luonne ovat syynä toistuville intensiivisille voimannostuksien sarjoille, mutta mahdollistavat myös toistuvat palautumistauot. Räjähävää voimaa, nopeutta ja hyviä teho-ominaisuuksia vaativia suorituksia lentopallossa ovat mm. hypyt, lyönnit, spurtit, suunnan muutokset ja syöksyt. Otteluissa aika, jolloin pallo on pelissä, on lyhyempi kuin pelitaukojen yhteenlaskettu aika. Pelitauot koostuvat ajasta pisteiden välillä, mutta lisäksi erätouot ja aikalisät pidentävät palautumisen kokonaisaika ottelussa entisestään. (Lecompte & Rivet 1979.) Lentopalloilijan on pystyttävä tuottamaan lajisuorituksissa energiaa nopeasti ja myös palautumaan nopeasti taukojen aikana ennen seuraavan pisteen käynnistymistä. Palautumisen aikana lihasten aineenvaihdunta on pääosin aerobista. Niinpä sekä aerobisen että anaerobisen järjestelmän tulee olla hyvin kehittynyt huippusuoritukseen pyrittäessä. (Viitasalo ym. 1987.)

Lentopallo-ottelussa pelatessa käytetään lihassolun korkeaenergisii fosfaatteja eli adensiinitrifosfaattia (ATP) ja kreatiinifosfaattia (KP) sekä glykogenolyysiä ja anaerobista glykolyysiä energian tuottamiseen työskentelevissä lihaksissa. Palautumistaukojen aikana taas käytetään aerobista aineenvaihduntaa lihassolujen ATP- ja KP-varastojen täydentämiseen sekä myoglobiinien hapettamiseen. (Gionet 1980, Gastin 2001.) Mitä pidempään yhdestä pisteestä pelataan, sitä todennäköisemmin pelaajan elimistö joutuu turvautumaan anaerobiseen metaboliaan lihassolujen ATP:n riittävyyden turvatakseen. Tällöin solujen energiantuotossa muodostuvien vetyionien kerääntyminen ylittää solun puskurointikapasiteetin, jolloin vetyionikonsentraatio nousee ja happamuus lisääntyy. Pa-

lautumistauoilla vetyionien puskurointi taas tehostuu, kun aerobisen aineenvaihdunnan osuus lisääntyy. (Robergs RA ym. 2004.)

Lentopallo-ottelun suoritusjaksot, jolloin pallo on pelissä, kestivät noin 30 vuotta sitten tyypillisesti 4-30 sekuntia ja keskimäärin noin 9 sekuntia. Palautumistauot kestivät tyypillisesti 10-20 sekuntia ja keskimäärin 12 sekuntia. Näin ollen kuormitus-lepo-suhteeksi tulee karkeasti ottaen 1:1,3. (Lecompte & Rivet 1979.) Lajisuoritusten intensiteetti- ja tehontuottovaatimus sekä usein toistuvat palautumistauot johtavat korkeaenergistien fosfaattien ja anaerobisen glykolyysin hyödyntämiseen ATP:n tuotossa suoritusjaksojen aikana (Gionet 1980). ATP-KP -systeemi kattaa noin 90 % energiantuotosta lentopallo-ottelun suoritusjaksojen aikana ja vain 10 % energiasta muodostetaan anaerobisen glykolyysin avulla. Suhteellisen pitkät palautumistauot pisteiden välillä sekä vaihdot ja aikalisät mahdollistavat pelaajan elimistön aerobisesti korvata lihassolujen kulutettuja ATP- ja KP -varastoja ennen seuraavaa korkeaintensiivistä suoritusta. On arvioitu, että ottelun aikaisesta kokonaisenergiantarpeesta, mukaan lukien niin suoritusjaksot kuin palautumistauotkin, 40 % täytetään ATP-KP -systeemin, 10 % anaerobisen glykolyysin ja 50 % aerobisen aineenvaihdunnan avulla. (Gionet 1980.)

Lentopallo on siis jo 30 vuotta sitten ollut räjähtävää voimaa ja nopeutta, ja siten suurta tehontuottoa vaativa laji. Lentopallo-otteluiden kesto lyhenyi, kun juokseva pistelaskusääntö, jossa jokaisesta voitetusta pallosta saa pisteen riippumatta siitä, kumpi joukkue syöttää, otettiin käyttöön vuoden 1998 jälkeen. Tällä on saattanut olla vaikutusta myös lajin energiantuotolle asettamiin vaatimuksiin. Esimerkiksi vuoden 1996 olympiakisojen sijoitusotteluissa erien keskimääräinen kesto oli 31 min, vuoden 1998 MM-kisojen 33 min ja 1999 EM-kisojen 22 min, joten juoksevan pistelaskun vaikutus on ollut noin 11 minuuttia. Erien keston lyheneminen johtuu osaltaan siitä, että yhdessä erässä pelattavien pallorallien määrä on laskenut vuoden 1990 noin 75 pallorallista nykyiseen 45 palloralliin. Myös yksittäisten pallorallien kesto on lyhentynyt 8,6 sekunnista 5,3 sekuntiin, sitä vastoin taukojen kesto on pidentynyt 13,9 sekunnista 27,0 sekuntiin. Pallorallien lyhentymiseen on syynä ainakin kovan yläkierteisen hyppäyksen yleistyminen ja hyökkäysvoittoisen pelityylin suosiminen. Taukojen pidentymistä selittää teknisten aikalisien mukaantulo. (Häyrinen ym. 2000a-c.)

Häyrisen ym. (2000a-c) tutkimuksen mukaan hyppyjen osuus oli kaikista tehosuorituksesta (hypyt, pyrähdykset, vauhdinotot) ylivoimaisesti suurin kaikilla muilla pelaajilla paitsi liberolla (taulukko 1). Kutakin erää kohti hyppyjä kertyi pelaajalle keskimäärin 16,2 - 29,5 peliroolista riippuen. Passarille hyppyjä kertyi eniten.

TAULUKKO 1. Pelaajien tehosuoritusten määrä pelaajaroolikohtaisesti koko erässä. Muokattu lähteestä Häyrinen ym. 2000a-c.

	Passari	Yleis- pelaaja 1	Yleis- pelaaja 2	Keski- pelaaja 1	Keski- pelaaja 2	Hakkuri	Libero
<b>Hyppy</b>	29,5	17,0	16,2	27,0	22,0	18,7	2,3
<b>Vauhti</b>	0,0	1,3	1,8	0,3	0,2	1,7	0,0
<b>Pyrähdys</b>	5,7	4,7	6,2	2,0	1,2	4,8	1,0
<b>Yhteensä</b>	35,2	23,0	24,2	29,3	23,3	25,2	3,3

Samaisessa otteluanalyysissä tutkittiin myös tehosuoritusten tiheyttä, koska tehosuoritusten välinen aika kertoo myös ottelun kuormittavuudesta. Pelaajat tekivät tehosuorituksia noin 40–60 sekunnin välein, eli suoritusten välillä oli varsin pitkä palautumisaika (taulukko 2). Keskipelaajilla aika pitenee entisestään, kun otetaan huomioon liberovaihtojen tuomat lisätautot, ja silloin tehosuoritusten välinen aika on keskimäärin noin 123 sekuntia. Etu- ja takakenttävaiheiden eroja vertailtaessa havaitaan, että etukentällä tehosuorituksia tehdään tiheämmin.

TAULUKKO 2. Pelaajien tehosuoritusten väliset keskimääräiset ajat (s) pelaajaroolikohtaisesti koko erässä sekä etu- ja takakenttävaiheisiin jaettuna. Muokattu lähteestä Häyrinen ym. 2000a-c.

	Passari		Yleis- pelaaja 1		Yleis- pelaaja 2		Keski- pelaaja 1		Keski- pelaaja 2		Hakkuri		Libero
<b>Ilman libero-vaihtoja</b>	40,1		62,6		51,2		40,4		39,8		49,3		309,8
<b>Libero-vaihtojen kanssa</b>							125,8		121,5				
<b>Libero-vaihdon kesto</b>							230,8		253,0				
	Etu	Taka	Etu	Taka	Etu	Taka	Etu	Taka	Etu	Taka	Etu	Taka	Taka
	30,7	47,6	32,8	41,0	37,7	106	23,4	30,0	28,5	16,0	40,6	81,7	309,8

Verrattaessa tehosuoritusten välisiä taukoja Viitasalon ym. (1987) tuloksiin on havaittavissa, että tauot etukenttäosuuksilla ovat kasvaneet laitapelaajilla (yleispelaajat ja hakku-

rit) 20–30 sekunnista 30–40 sekuntiin ja keskipelaajilla 15–20 sekunnista 23–28 sekuntiin. Näiden muutosten takana on teknisten aikalisien mukaantulo.

Aerobinen suorituskyky on olennainen ominaisuus lentopalloilijalle, jotta suurta tehontuottoa toistuvina sarjoina vaativien lajiharjoitusten ja otteluiden aikaisesta energiantuotosta mahdollisimman pieni osuus jouduttaisiin kattamaan lihasten happamuutta aiheuttavan ja siten suorituskykyä alentavan anaerobisen glykolyysin avulla (Kunstlinger ym. 1987). Urheilija, jolla on hyvin kehittynyt aerobinen kapasiteetti, eli korkea hapenotto-kyky, pystyy tuottamaan energiaa ilman vetyionien kumuloitumista korkeammalla absoluuttisella kuormitustasolla (Gastin 2001). Toisin sanoen korkeampi anaerobinen kynnys vähentää anaerobisen aineenvaihdunnan todennäköisyyttä lentopallossa (Gionet 1980). Tämä on tärkeää lajin vaatiman niin sanotun tehokestävyyden kannalta, sillä happamointuminen alentaa räjähtävin suoritusten maksimaalista tehontuottoa (Robergs ym. 2004), joka lentopallossa tulisi säilyä korkeana läpi ottelun.

Hyvän aerobisen suorituskyvyn omaava lentopalloilija palautuu nopeammin pisteiden ja erien välillä, koska happea saadaan enemmän ja nopeammin lihassoluihin kuin huonolla hapenottokyvyllä. Niinpä korkeaenergiset fosfaatit korvautuvat nopeammin, anaerobisen metabolian aineenvaihduntatuotteet poistetaan nopeammin ja happamuus korjautuu nopeammin. (Robergs ym. 2004.) Lentopalloilijoilla ei tyypillisesti esiinnykään korkeita laktaattitasoja ottelussa. Kuitenkin pelipaikkakohtaisesti tarkasteltuna passareilla on havaittu korkeampia laktaattitasoja ja sykkeitä kuin muiden paikkojen pelaajilla (Kunstlinger ym. 1987). Kun huomioidaan, että passarit osallistuvat peliin lähes jokaisessa pallossa ja liikkuvat suhteellisen laajalla alueella, ovat tällaiset fysiologiset ja aineenvaihdunnalliset vasteet odotettuja.

## **2.4 Pelaajan suorituskykyprofiili**

Urheilulajin fyysisiä vaatimuksia voidaan arvioida kilpa- ja huippupelaajilta mitattujen suorituskyvyn testitulosten perusteella. Lentopallossa yleisimmin käytettyjä testejä ovat erilaiset vertikaalihyppyt. Yksittäisissä hyppysuorituksissa ja reaktiivisuustesteissä mie- ja naislentopalloilijat jäävät hieman yleisurheilun teholajien urheilijoiden tasosta, mutta muiden palloilulajien urheilijoihin verrattuna tämän tyyppinen nopeusvoimasuoritusky-

ky on parempi. Esimerkiksi suomalaisilla kuntotestausasemilla vuosien 1982-1990 aikana tehtyjen testien perusteella mieslentopalloilijoiden keskitasoinen tulos viisiportaisen viitearvotaulukon mukaan on vähintään 52 cm, kun se mieskori- ja pesäpalloilijoilla sekä jääkiekkoilijoilla on 47, 46 ja 43 cm, vastaavasti. (Kyröläinen 2004.) Myös ylävartalon räjähtävää voimaa mittaavissa kuntopallonheittotesteissä lentopalloilijoilla on osoitettu olevan parempi suorituskyky kuin koripalloilijoilla (Häkkinen 1989).

Testituloksia vertailtaessa on otettava huomioon pelaajien taso. Ammattilaisilla ja maajoukkuepelaajilla on odotetusti parempi suorituskyky kuin amatööreillä ja kansallisen tason pelaajilla. Liikkeiden nopeus, suhteellinen voima, teho ja anaerobinen kestävyys paranevat sarjatasojen mukaan, ja näiden muuttujien on havaittu korreloivan positiivisesti taitotasoon pallon vastaanotossa, iskulyönnissä, torjunnassa ja passissa. Pelaajien torjuntahyppyulottuvuuksien keskiarvot Neuvostoliiton III-, II-, I- ja mestaruussarjassa olivat 274 cm, 286 cm, 296 cm ja 309 cm, vastaavasti, eikä ero selittynyt ainoastaan parempien pelaajien pituusedulla, sillä hypyn nousukorkeudet kasvoivat samassa järjestyksessä: 53,4 cm, 63,7 cm, 67,5 cm ja 76,4 cm. (Filin ym. 1977.)

Myös joukkueen menestys on yhteydessä pelaajien fyysiseen suorituskykyyn. 1960-luvulla tutkituista maajoukkueista Neuvostoliiton maailmanmestarijoukkueen keskiarvo ulottuvuudessa oli 323 cm ja ulottuvuushypyn korkeudessa 88,1 cm. Romanian Euroopan mestarijoukkueen vastaavat tulokset olivat 321 cm ja 84,3 cm ja Euroopan mestaruusturnauksen kaikkien finalistijoukkueiden 318 cm ja 81,1 cm. (Wielki 1964.) Jugoslavian maajoukkue ei menestynyt vuoden 1985 Euroopan mestaruusturnauksessa odotetulla tavalla. Joukkuetta analysoineiden tutkijoiden mukaan yhtenä syynä saattoi olla pelaajien heikko suorituskyky vertikaalihypyissä. Keskiarvo ulottuvuudessa oli 311 cm ja ulottuvuushypyn korkeudessa 64,2 cm. (Heimer ym. 1988.)

Hollannin vuoden 1996 miesten olympiavoittajajoukkueen pelaajien kevennyshypyn keskiarvo oli 48 cm ja iskulyöntiulottuvuus 346 cm (Bredeweg 2003), kun iskulyöntiulottuvuus Suomen miesten maajoukkuepelaajilla vuonna 2005 oli 342 cm (Häyrinen 2007). Tosin suomalaisten keskipituus, 195 cm (Häyrinen 2007), oli 7 cm alhaisempi kuin hollantilaisten 202 cm (Bredeweg 2003). USA:n naismaajoukkueen pelaajien kädet vapaana suoritettuna kevennyshypyn korkeus oli  $52,4 \pm 4,5$  cm ja yliopistopelaajien  $45,5 \pm 6,4$  cm (Fleck ym. 1985). Kuitenkin joukkueiden sisäinen hajonta eli yksilöiden väliset

erot voivat olla hyvinkin suuria. Erään SM-liigajoukkueen miespelaajien tulokset kevennyshypyssä sijoittuivat 41-58 cm välille ja Suomen miesten maajoukkueen pelaajien tulokset 38-58 cm välille (Häyrinen 2007). Myös iskulyönnin lähtönopeus riippuu pelaajien tasosta. Belgian pääsarjataso miespelaajilla iskulyöntinopeus oli  $100,9 \pm 6,0$  km/h, kun se sarjatasoa alempana pelaavilla oli  $90,4 \pm 8,3$  km/h (Forthomme ym. 2005). Taulukossa 3 on esitetty yhteenveto joistakin julkaistuista huippupelaajien testituloksista.

TAULUKKO 3. Eri maiden pääsarja- ja maajoukkueetason mieslentopalloilijoilta mitattuja ominaisuuksia. Luvut ovat koko joukkueen keskiarvoja.

Ominaisuus	Koko joukkueen keskiarvo
Pituus	190-202 cm (Häyrinen 2007, Bredeweg 2003)
Paino	85-95 kg (Häyrinen 2007, Bredeweg 2003)
Rasvaprosentti	12,8 (Bredeweg 2003)
Torjuntahypyn korkeus	76,4 cm (Filin ym. 1977)
Torjunt <ulottuvuus< td=""> <td>309 cm (Filin ym. 1977)</td> </ulottuvuus<>	309 cm (Filin ym. 1977)
Hyökkäyshypyn korkeus	64,2-88,1 cm (Wielki 1964, Heimer ym. 1988)
Hyökkäys <ulottuvuus< td=""> <td>311-346 cm (Wielki 1964, Heimer ym. 1988, Bredeweg 2003, Häyrinen 2007)</td> </ulottuvuus<>	311-346 cm (Wielki 1964, Heimer ym. 1988, Bredeweg 2003, Häyrinen 2007)
Kevennyshypyn korkeus	48 cm (Bredeweg 2003)
Iskulyöntinopeus	100,9 km/h (Forthomme ym. 2005)

Pelaajan pituuden ja lihasmassan on todettu vaikuttavan myönteisesti suoriutumiseen lentopallotaidoissa sekä miehillä että naisilla (Ongley & Hopley 1981, Gladden & Colacino 1978, Kansal ym. 1983), kun taas ihonalaisen rasvan on osoitettu ennustavan heikompa suoriutumista (Strahonja 1980). Antropometrinen ominaisuuksien testituloksista havaitaan, että huippupelaajat ovat pidempiä kuin amatöörinpelaajat (Häyrinen 2007, Smith ym. 1992) ja nashuippupelaajien rasvaprosentti on alhaisempi kuin naisamatöörinpelaajien (Malina & Shoup 1985, Fleck ym. 1985, Kovaleski ym. 1980). USA:n naismaajoukkuepelaajien rasvaprosentti oli  $11,7 \pm 3,7$  ja yliopistopelaajien  $18,3 \pm 3,4$  (Fleck ym. 1985). Suomen miesten maajoukkueen pelaajien keskipituus vuonna 2005 oli noin 195 cm ja keskipaino noin 90 kg, kun taas erään SM-liigajoukkueen pelaajien keskipituus ja paino olivat 190 cm ja 85 kg, vastaavasti (Häyrinen 2007). Hollannin miesten maajoukkuepelaajien keskipituus ja -paino vuonna 1996 oli 202 cm ja 95 kg. Rasvapro-

sentti oli 12,8. (Bredeweg 2003.) Myös maksimivoimataso on huippupelaajilla parempi kuin amatööreillä, eikä ero selity pelkästään huippupelaajien suuremmalla koolla. SM-liigajoukkueen pelaajien rinnallevedon indeksit (rinnallevedon tulos:kehon paino) olivat 0,79-1,22, kun Suomen maajoukkueen pelaajilla ne olivat 0,95-1,35 (Häyrinen 2007).

Maksimaalisen hapenoton arvoiksi huipputaso tai maajoukkueen lentopalloilijoita tutkittaessa on saatu 56 ml/min/kg (Ongley & Hopley 1981), 59 ml/min/kg (Heimer ym. 1988) ja 60 ml/min/kg (Rodionova ym. 1976). Myös Viitasalo ym. (1987) osoittivat lentopalloilijoiden maksimaalisen hapenottokyvyn olevan 55-65 ml/min/kg, kun se hyväntasoisilla kestävyysurheilijoilla on yleensä 55-85 ml/min/kg (Wilmore & Costill 1999). Hollannin vuoden 1996 olympiavoittajajoukkueen aloituskuusikolla maksimaalinen hapenottokyky ennen kisoja oli 60 ml/min/kg (Bredeweg 2003).



## **3 FYYSISEN HARJOITTELUN OHJELMOINTI LENTOPALLOSSA**

### **3.1 Harjoittelun tavoitteet**

Fyysisen harjoittelun ohjelmointi lentopallossa perustuu tietoon edellä kuvatuista lajin fysiologisista, biomekaanisista ja taidollisista elementeistä. Taidon, tekniikan ja joukkuepelaamisen harjoittelu eli ns. lajiharjoittelu on keskeisessä asemassa läpi harjoitusvuoden (Häyrinen 2007), mutta myös erillinen fyysinen harjoittelu on tärkeää kestävyys-, voiman ja teho-ominaisuuksien kehittämiseksi (Black 1995, Bompa & Carrera 2003) sekä vammojen ehkäisemiseksi (Briner & Kacmar 1997, Bahr 2003).

Koska taidollinen suoriutuminen palloilulajeissa heikkenee lihasväsymyksen myötä, lentopalloilijan lihaskestävyyden ja hapenottokyvyn on oltava riittävällä tasolla, jotta pelaaja jaksaa suuremmin väsymättä pelata noin 1,5-2,5 tuntia kestävästä ottelusta (Häyrinen ym. 2000a-c). Peruskuntokaudella tehdään jonkin verran peruskestävyys- ja harjoittelua (Häyrinen 2007), mutta kilpailukaudella lajiharjoitusten ja otteluiden suuri määrä riittää hapenottokyvyn ylläpitämiseen (Häkkinen 1993a).

Lentopalloissa olennaiset tehosuoritukset kuten hyppäys, iskulyönti ja erilaiset vertikaalihyppy edellyttävät pelaajalta voimaa ja nopeaa voimantuottoa eli räjähtävyyttä (Black 1995, Powers 1996). Voimaharjoittelussa tulee huomioida myös tehokestävyyden vaatimus, koska yhden ottelun aikana pelaaja voi tehdä jopa 150 maksimaalista tai lähes maksimaalista hyppyä ja yhtä paljon muita tehosuorituksia (Hasegawa ym. 2002). Etenkin takakenttäpuolustukseen osallistuvat yleispelaajat ja libero sekä lähes jokaisen hyökkäyksen rakentamiseen osallistuva passari hyötyvät myös reaktio-, ketteryysharjoittelusta, koska heille yli kolmen metrin, mutta yleensä alle kymmenen metrin mittaisia juoksupyrähdyksiä tulee ottelun aikana kymmeniä (Häyrinen ym. 2000a-c).

Fyysisellä harjoittelulla on tärkeä rooli myös urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä ja kuntouttamisessa. Lentopallo kuormittaa lihaksistoa ja niveliä toispuoleisesti, jolloin on tärkeää kesto- ja voimaharjoittelulla vahvistaa myös vastavaikuttajalihaksia ja huolehtia

keskeisten nivelten, kuten olkapään, selkärangan ja lonkan, säännöllisestä liikkuvuusharjoittelusta. Huoltavaa harjoittelua toteutetaan vastusharjoitteiden avulla käyttäen oman kehon painoa, vapaita painoja, taljoja, kuntosalilaitteita, vastuskumeja tai veden vastusta uima-altaassa. Myös proprioseptiivista harjoittelua, esim. tasapainolautoja tai -tyynyjä hyödyntäen, suositellaan osaksi lentopalloilijan huoltavaa ja ennalta ehkäisevää fysiikkaharjoittelua. (Bahr 2003.) Vammojen ehkäisyyn pyritään myös tehoharjoittelun voilymikontrollilla ja palautumisesta huolehtimalla sekä turvallisen suoritustekniikan opetelemisellä mm. hyppyjen alastuloissa ja painoharjoitteluliikkeissä. (Bahr & Bahr 1997, Briner & Kacmar 1997, Bahr ym. 2003.)

### **3.2 Peruskuntokausi**

Lentopallon peruskuntokausi kestää n. 1-3 kuukautta, koska pituus riippuu kansallisen sarjan päättymis- ja alkamisajankohdasta, pelaajan mahdollisista maajoukkuevelvoitteista ja arvokisaedustuksista. Pelaajien yksilölliset erot, heikkoudet ja vahvuudet, peliroolin vaatimukset sekä mahdolliset vammat tulee huomioida peruskuntokauden voimaharjoittelua suunniteltaessa (Gamble 2006). Suomen oloissa myös amatööriurheilun asettamat rajoitukset, kuten pelaajien harjoitteluun käytettävissä olevien aikaresurssien vaihtelevuus, vaikuttavat harjoittelun ohjelmointiin (Häyrinen 2007).

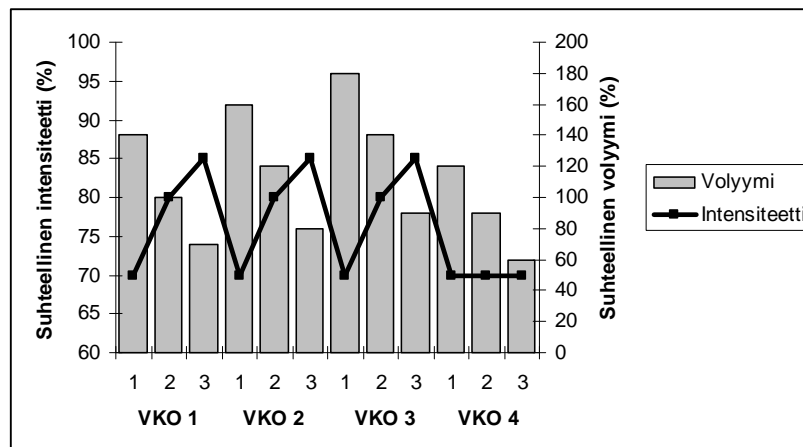
Lajiharjoittelun osuus on peruskuntokaudella vähäisempi kuin muilla kausilla. Sitä on 1-4 kertaa viikossa (Häyrinen 2007, Bompa & Carrera 2003). 1-2 kertaa viikossa tehtävällä kestävyystyypillisellä harjoittelulla pyritään lihaskestävyyden kehittämiseen, submaksimaalisen hyppykestävyyden parantamiseen ja hapenottokyvyn ylläpitämiseen (Black 1995, Bompa & Carrera 2003). Kestovoimaharjoitteilla pyritään parantamaan lihastapainoa ja kuormittamaan lajissa kuormittuvien lihasten vastavaikuttajia. Hyvä toiminnallinen lihastapaino ehkäiseekin vammoja (Bahr ym. 2003). Liikkeitä tehdään monipuolisesti, isolla määrällä, mutta pienellä tai kohtalaisella intensiteetillä (Bompa & Carrera 2003).

Voimaharjoituksia on peruskuntokaudella 3-4 viikossa ja tarkoitus on rakentaa perustaa myöhempää intensiivisempää harjoittelua varten (Bompa 1999b). Toinen tavoite on perusvoiman lisääminen hypertrofis-hermostollisella maksimivoimaharjoittelulla (Bompa

& Carrera 2003). Joukkuepalloilulajeissa peruskuntokauden ja vielä valmistavankin kauden voimaharjoittelun ohjelmoinnissa perinteinen lineaarinen ohjelmointimalli on toimiva tapa säädellä harjoitusärsykkeen vaihtelevuutta (Gamble 2006). Tällöin volyyymi asteittain laskee ja intensiteetti nousee, kun kilpailukausi lähestyy (Bompa 1999a).

Linearisessakin ohjelmointimallissa on usein mikrosykli- tai viikkotasolla vaihtelua harjoitusintensiteetissä, -volyymissä ja -liikkeissä monipuolisuuden varmistamiseksi (Bradley-Popovich 2001). Peruskuntokausi jaetaan muutaman viikon mittaisiin jaksoihin, joissa harjoitusohjelman muuttujia muunnellaan uuden ärsykkeen aikaansaamiseksi ja hermolihasjärjestelmän homeostaasin järkyttämiseksi. Muuntelu ehkäisee myös harjoittelun monotonisuutta, joka on yksi vammoille ja yllirasitukselle altistava tekijä (Fry ym. 1992). Voimaharjoituksen muuttujia ovat harjoitusliikkeet, liikkeiden järjestys, sarjapituus, kokonaistoistomäärä eli volyyymi, kuorma eli intensiteetti, liikenopeus ja sarjapalautusten kesto (Kraemer & Nindl 1998).

Myös jaksojen sisälle tulee ohjelmoida vaihtelua ja progressiivisuutta, jolloin kokonaiskuormitus ei pysy samansuuruisena kaiken aikaa ja hermolihasjärjestelmän on mukaututtava jatkuvasti uudelleen muuttuviin olosuhteisiin, mikä edistää suorituskyvyn kehittymistä (Hasegawa ym. 2002). Volyymiprogressio voidaan toteuttaa harjoituskauden yhden 3 viikon jakson aikana esimerkiksi kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Viikoittainen volyyymi nousee joka viikko keskimääräisen intensiteetin pysyessä samana. Lisäksi jokaisen viikon sisällä volyyymi laskee ja intensiteetti nousee loppuviikkoa kohti. Neljäs viikko on selvästi kevyempi ja sen jälkeen alkaa uusi jakso, jossa käytetään uusia liikkeitä tai liikkeiden suoritusjärjestys muuttuu ja asetetaan korkeampi keskimääräisen intensiteetin taso. (Bompa & Carrera 2003.)



KUVA 1. Voimaharjoittelun volyymin ja intensiteetin vaihtelu neljän viikon jakson aikana, kun viikoittaisia voimaharjoituksia on kolme. Muokattu lähteestä Bompa & Carrera 2003.

Moninivelliikkeet vapaalla tangolla ja käsipainoilla tehtynä ovat lentopallon voimaharjoittelun perusta. Erityisesti painonnostoharjoitteet sopivat hyvin lentopalloilijan maksimivoiman, tehon, nopeuden ja kehonhallinnan kehittämiseen (Cross 1993). Nämä liikkeet kehittävät myös lentopalloilijan vertikaalihyppykykyä, koska niissä liikenopeus ja siten tehontuotto on suuri maksimipainoillakin tehtäessä (Garhammer 1993), ja liikeopillisesti ne muistuttavat suuresti vertikaalihyppyä (Burkhardt & Garhammer 1987, Semenick & Adams 1987).

### 3.3 Valmistava kausi

Kilpailukauteen valmistavalla kaudella, joka alkaa yleensä 1-2 kuukautta ennen kilpailukauden alkua, lajiharjoittelun määrä lisääntyy, harjoitusottelut alkavat ja fyysisen harjoittelun määrä vähenee. Lajiharjoituksia tai harjoitusotteluita on yleensä 4-6 kertaa viikossa ja fysiikkaharjoituksia 2-4. Fyysisen harjoittelun painopiste siirtyy maksimi- ja nopeusvoiman suuntaan ja kestävyysharjoitusten määrä vähenee. (Häyrinen 2007, Bompa & Carrera 2003.)

Maksimivoimaa tulee edelleen harjoitella säännöllisesti valmistavalla jaksolla, jotta voimataso ei putoaisi. Maksimivoimaharjoittelun määrä ja taajuus voivat hieman laskea, mutta intensiteetti nousee verrattuna peruskuntokauteen. (Kutzer 1995, Hasegawa ym. 2002.) Voima- ja painonnostoliikkeet ovat keskeisessä asemassa lentopalloilijan maksi-

mi- ja räjähtävän voiman harjoittamisessa valmistavallakin kaudella (Cross 1993, Hasegawa ym. 2002).

Valmistavalla kaudella peruskuntokauden aikana parantuneita voimaominaisuuksia pyritään muuntamaan tehoksi lajisuorituksissa. Harjoitusliikkeet tulisi olla mahdollisimman lajispesifisiä eli liikemallien tulisi muistuttaa lentopallon lajisuorituksia. Tehoharjoittelu sisältää räjähtävän voiman ja nopeusvoiman harjoitteita, joissa lihaksen supistumisnopeus on olennaista. (Bompa 1999b, Kraemer & Newton 2000, Bompa & Carrera 2003.)

Usein teoharjoitteluun sisällytetään myös plyometrisia harjoitteita (Bompa 1996, Chu & Panariello 1987), joissa liike on iskuttava, ja joissa esiintyy nopea lihas-jännekompleksin venymis-lyhenemis-sykli, mikä kehittää voimantuoton reaktiivisuutta ja voi parantaa lajiominaisuuksia esim. vertikaalihypyn ponnistusnopeuden lisääntymisen kautta (Miller 1982). Tutkimusten mukaan lentopalloilijalle tärkeää vertikaalihyppykykyä pystytäänkin parhaiten kehittämään maksimivoima- tai perusvoima- ja plyometrisen harjoittelun yhdistelmällä sekä harjoittelemattomilla (Adams ym 1992), muiden lajien urheilijoilla (Clutch ym. 1983, Duke & BenElياهو 1992, Hedrick & Anderson 1996) että lentopalloilijoilla (Powers 1996). Lentopalloon sopivia lajinomaisia plyometrisia harjoitteita ovat mm. erilaiset aita-, pudotus-, boksi- ja lisäpainohypyt sekä kuntopallonheitto- liikkeet (Bompa & Carrera 2003).

### **3.4 Kilpailukausi**

Lentopallon kilpailu- eli ottelukausi alkaa useimmissa sarjoissa syys- tai lokakuussa ja kestää 4-8 kuukautta. Etenkin ammattilaissarjoissa kilpailukaudet ovat pitkiä. Suomessa SM-liigan kilpailukausi kestää noin 6 kuukautta. Kesäkuukausina pelataan arvokisoja tai Maailman Liigan otteluita. (Häyrinen 2007, Suomen Lentopalloliitto 2009.) Tämä lyhennää harjoittelukautta 1-3 kuukautta maajoukkuepelaajilla. Maajoukkuepelaajat pelaavat siis vuodessa kaksi kilpailukautta.

### 3.4.1 Erityishaasteet ja fyysisen harjoittelun merkitys

Lajiharjoittelun ja otteluiden runsas määrä, kilpailukauden pituus, useiden fyysisen suorituskyvyn osa-alueiden ylläpitovaatimus ja palautumispäivien huomioiminen asettavat erityishaasteita lentopallon fyysisen harjoittelun ohjelmoinnille kilpailukauden aikana (Gamble 2006). Vaikka lentopalloharjoittelu tai pelaaminen ei olekaan fysiologisesti varsinaista kestävyysharjoittelua, on mahdollista, että suurivolyymisen kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistämisen ongelmat ilmenevät jossain määrin myös lentopallossa kilpailukauden aikana. Jo 25 minuutin kestoinen korketehoinen aerobinen ja anaerobinen kestävyysharjoitus nimittäin laskee akuutisti voimantuottoa ja nopeutta (Leveritt & Abernethy 1999). Myös voima- ja teho-ominaisuuksien pitkän aikavälin kehittyminen häiriintyy kestävyysominaisuuksien harjoittelusta (Hickson 1980). Syynä pidetään liian vähäistä palautumisaikaa, anabolisten hormonien erityksen vähentymistä ja erilaista motoristen yksiköiden aktivointimallia kestävyys- ja voimaharjoittelun välillä (Hickson 1980, Kraemer ym. 1995, Kraemer & Nindl 1998).

Kilpailukaudella harvat voimaharjoitukset tulisikin priorisoida tärkeimmiksi ja tehdä ne aina mahdollisimman hyvin palautuneena, erillisenä harjoituksenaan (Sale ym. 1990), päivän muita harjoituksia ennen (Nelson ym. 1990), eikä koskaan heti lajiharjoituksen jälkeen (Caterisano ym. 1997, Leveritt & Abernethy 1999). Ottelupäivän jälkeisenä päivänä ei ole yleensä laji- tai raskasta voimaharjoittelua, vaan se käytetään palautumiseen. Ottelussa vähemmän pelanneet vaihtopelaajat voivat kuitenkin tuolloin tehdä normaalin voimaharjoituksen (Häyrinen 2007).

Fyysisen harjoittelun yksi keskeinen merkitys on auttaa säilyttämään pelaajan tehontuottoa eli nopeusvoima mahdollisimman hyvin läpi pitkän kauden (Bompa & Carrera 2003). Lisäksi nopeusvoiman säilyminen vaatii maksimivoiman säilyttämistä, joten kilpailukaudellakaan ei pidä unohtaa kokonaan maksimivoimaharjoittelua (Häkkinen 1993a). On osoitettu, että keskimääräisen voimaharjoitteluintensiteetin tulisi olla yli 80 % maksimista, jotta voimatasot säilyisivät kilpailukauden aikana (Hoffman & Kang 2003). Harjoitustiheys tulisi olla vähintään kerran viikossa (Wathen ym. 2000, Hoffman & Kang 2003). Myös mahdollinen peruskuntokaudella lihaskudoksen hypertrofian myötä saavutettu lihasmassa tulisi pyrkiä säilyttämään, sillä lihasmassan on todettu olevan

positiivisessa yhteydessä urheilijoiden hyppykorkeuden kanssa (Hedrick & Anderson 1996).

Joidenkin lähteiden mukaan suositeltava suhde maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelulle kilpailukaudella olisi 1:4 (Bompa & Carrera 2003). Usean viikon tauon kilpailukauden maksimivoimaharjoittelussa onkin osoitettu heikentävän nopeusvoimaominaisuuksia ja alentavan maksimaalista hyppykorkeutta lentopalloilijoilla (Häkkinen 1993a). Kuitenkin tehontuoton kannalta optimaalisella kuormalla toteutetun nopeusvoimaharjoittelun merkitys ponnistusvoiman säilyttämisessä kilpailukaudella näyttäisi olevan tärkeämpi kuin pelkän hypertrofis-hermostollisen maksimivoimaharjoittelun (Newton ym. 2006). Kilpailukauden voimaharjoittelussa harjoitusliikkeiden määrä on suppea, harjoittelun kokonaismäärä pieni ja intensiteetti korkea (Hasegawa ym. 2002, Bompa & Carrera 2003).

Voimaominaisuuksien ylläpidon lisäksi fyysisellä harjoittelulla on edelleen kilpailukaudellakin tärkeä rooli vammojen ehkäisyssä ja lihashuollossa. Lajiliikkeiden vastavaikuttajalihaksien ja keskivartalon tukilihaksien kesto-voimaa sekä keskeisten nivelalueiden, kuten olkapään, lonkan ja selkärangan, liikkuvuutta tulee ylläpitää ympäri vuoden. (Bahr 2003.)

### **3.4.2 Yhden kilpailukauden malli**

Eri maiden kansallisissa sarjoissa ja yliopistosarjoissa pelataan yksi 4-8 kuukauden pituinen kilpailukausi vuodessa. Useimmissa sarjoissa kilpailukauden keskeyttää joulukuussa 2-3 viikon sarjatauko. Kilpailukaudella lajiharjoituksia on 4-7, otteluita 1-2 ja fyysikkaharjoituksia 1-3 viikossa (Häyrinen 2007, Bompa & Carrera 2003).

Fyysisen harjoittelun ohjelmointimalliksi näin pitkällä kaudella ei sovi yksilölajeissa paljon käytetty lineaarinen ohjelmointimalli, koska tällöin tiettyjen fyysisten suorituskykytekijöiden harjoitteluun tulisi liian pitkä tauko (Bompa 1999b), joka vaikuttaa heikentävästi ominaisuuksiin, esim. lihasmassan määrään (Allerheiligen 2003). Kyseeseen tulee ns. epälineaarinen ohjelmointi, jonka avulla useita suorituskykytekijöitä pyritään ylläpitämään tai kehittämään rinnakkain (Bradley-Popovich 2001). Tämä on yleinen ja käyttökelpoinen tapa joukkuepalloilulajien pitkillä kilpailukausilla, jolloin kuntohuippua

ei pyritä rakentamaan tiettyyn kauden pääkilpailuun tietylle viikolle, vaan urheilijan on oltava hyvässä kilpailukunnossa usean kuukauden ajan (Wathen ym. 2000).

Käytännössä lentopallon fyysisen harjoittelun epälineaarinen ohjelmointi voidaan toteuttaa siten, että kahden viikon miniperiodeissa tehdään tiettyä painopistealueeksi valittua ominaisuutta kehittäviä harjoituksia ja miniperiodin päätyttyä vaihdetaan painopiste eri ominaisuuteen. Painopiste voi vaihdella järjestyksessä esim. hypertrofisen voimaharjoittelun, maksimivoimaharjoittelun, räjähtävän voimaharjoittelun ja pikavoimaharjoittelun välillä, jolloin yksi sykli kestää kahdeksan viikkoa, jonka jälkeen sama toistetaan. Kunkin miniperiodin sisälle ohjelmoidaan sopivasti progressiota volyymissä tai intensiteetissä. (Gamble 2006.) Itse asiassa tällainen ohjelmointi on ikään kuin klassinen lineaarinen malli jatkuvasti toistuvassa tiivistetyssä muodossa.

Toinen tapa käyttää epälineaarista ohjelmointia on vaihdella harjoitettavia ominaisuuksia joka harjoituksessa siten, että kullekin ominaisuudelle on tietty taajuus, jolla ko. harjoitus tehdään. Esim. nopeusvoimaharjoitus tehdään seitsemän päivän välein, maksimivoimaharjoitus 10 päivän välein ja hypertrofinen voimaharjoitus 15 päivän välein. Taajuuksien painotuksia voidaan välillä vaihtaa. Lisäksi aikaresurssien rajallisuuden kannalta toimiva tapa kilpailukaudella on yhdistää joidenkin fyysisten suorituskykyominaisuuksien harjoitteita lajiharjoitusten yhteyteen lyhyinä pätkinä. Yhdistettävä ominaisuus ja suoritusjärjestys on kuitenkin valittava harkiten, jotta lajiharjoitus ei haittaa fyysisen suorituskykyominaisuuden harjoitettavuutta. Esim. 15-30 minuutin nopeusvoimaharjoitus painonnostoliikkeillä tai plyometrisillä harjoitteilla sopii tehtäväksi ennen lajiharjoitusta, mutta ei sen jälkeen. Myös nopeusvoima- ja maksimivoimaharjoitteita voi yhdistää keskenään samalle harjoituskerralle. (Gamble 2006.)

Kilpailukauden keskeyttävällä sarjatauolla on mahdollista vähentää lajiharjoittelun määrää ja muutaman palautumispäivän jälkeen tehdä 2-3 viikon mittainen voimaharjoitteluun painottuva jakso, jossa fyysisten harjoitusten määrä on 3-4 viikossa (Kutzer 1995). Tällä tavoin pystytään kesken kilpailukaudenkin mahdollisesti kehittämään jotakin haluttua fyysisen suorituskyvyn osa-aluetta, kun hermolihasjärjestelmä saa usean viikon jälkeen uudenlaista harjoitusärsykettä ja riittävään palautumiseen on mahdollisuus (Gamble 2006).



### 3.4.3 Kahden kilpailukauden malli

Kaksi kilpailukautta toteutuu maajoukkuepelaajilla, jotka pelaavat touko-, kesä- ja heinäkuussa Maailman Liigan otteluita ja/tai elo-syyskuussa arvokisoja. Tällöin kilpailukaudet voivat viedä siis yhteensä 10-11 kuukautta vuodesta (Häyrinen 2007, Suomen Lentopalloliitto 2009). Varsinaiselle fyysisiä ominaisuuksia rakentavalle peruskuntokaudelle jää vain rajoitetusti mahdollisuuksia. Suuri osa vuodesta ylläpidetään fyysisiä ominaisuuksia yleensä edellä kuvatulla epälineaarilla ohjelmointimallilla. Yksi tapa kehittää voimaominaisuuksia on priorisoida fyysinen harjoittelu etusijalle muutamaksi viikoksi kesken kilpailukauden lajiharjoittelun kustannuksella. Ajankohta valitaan siten, että tärkeimpiä pelejä, esim. pudotuspelejä, ei tuon jakson aikana ole. (Bompa & Carrera 2003.)

Myös kansallisen sarjan päättymisen ja maajoukkue tehtävien alkamisen välissä on mahdollista toteuttaa muutaman viikon mittainen peruskuntokausi tai valmistava kausi, jolla fyysinen harjoittelu on painopistealueena (Bompa & Carrera 2003). Joissakin maajoukkueissa fysiikkaharjoittelua tehdään kuitenkin koko kesän ajan 3-5 kertaa viikossa (Bredeweg 2003, Pozzi 2008), eli huomattavasti enemmän mitä seurajoukkueissa kilpailukaudella yleensä (Häyrinen 2007). Maajoukkuekauden jälkeen ennen seuraavan sarjakauden alkua tulisi kuitenkin jättää aikaa palautumisjaksolle, jolloin ei ole muutamaa viikkoon lajiharjoittelua eikä raskasta voima- tai tehoharjoittelua (Bompa & Carrera 2003).

### 3.5 Siirtymäkausi

Siirtymä- eli ylimenokaudella fyysisen harjoittelun rooli on estää liiallista suorituskyvyn laskua. Harjoittelun tulee mahdollistaa myös fyysinen ja henkinen palautuminen ja rentoutuminen pitkän kilpailukauden jälkeen. Siksi se toteutetaan usein omaehtoisena ja kevyenä. Raskaasta voimaharjoittelusta ja tehoharjoittelusta pidetään kokonaan taukoa. Tämä jakso ei saisi kuitenkaan mielellään kestää pidempään kuin 4-6 viikkoa, koska voimaominaisuuksien kehittäminen uudella peruskuntokaudella tulisi päästä aloittamaan ennen voimatasojen huomattavaa laskua. (Bompa & Carrera 2003.)

## **4 KILPAILUKAUDEN VAIKUTUS VOIMAOMINAISUUKSIIN JOUKKUEPALLOILULAJEISSA**

Palloilulajeissa kilpailu- eli ottelukausi kestää usein paljon pidempään kuin monien yksilölajien kilpailukaudet. Lentopallossa kilpailukausi tai -kaudet voivat viedä vuodesta jopa 10-11 kuukautta. Tämä asettaa erityishaasteita fyysisen harjoittelun suunnittelulle, koska käytettävissä olevaa aikaa varsinaisiin kehittäviin voimaharjoituksiin on vain vähän ja pelaajan kokonaiskuormitus ei saa nousta liian suureksi. Lajiharjoittelun ja otteluiden suuri määrä kuormittaa myös aerobista aineenvaihduntaa (Gionet 1980), jonka suurivolyyminen kuormitus voimaharjoittelun yhteydessä heikentää voiman ja tehon harjoitettavuutta johtuen hormonaalisista ja hermostollisista tekijöistä (Hickson 1980, Kraemer ym. 1995, Kraemer & Nindl 1998).

Tutkimuksia kilpailukauden pituuden ja voimaharjoittelun määrän vaikutuksesta lentopalloilijoiden voimaominaisuuksien ylläpitämiseen tai kehittymiseen on julkaistu vai muutamia. Siksi mukaan tarkasteluun on otettu julkaisuja myös muista joukkuepalloilulajeista. Tutkimustulosten vertailu on haastavaa, koska muuttujia on paljon. Pelaajien sukupuoli, ikä, harjoitustausta, laji, harjoitusmenetelmät ja testausmenetelmät vaihtelevat tutkimusten välillä. Lisäksi osa em. tiedoista jätetään monessa tutkimusraportissa mainitsematta kokonaan. Voimaharjoittelun määrä ja kilpailukauden pituus on kuitenkin tuotu esille kaikissa tutkimuksissa, joita tässä kappaleessa tarkastellaan.

### **4.1 Kilpailukauden pituus**

Lentopallosta julkaistuissa tutkimuksissa kilpailukauden kestot ovat vaihdelleet 10-12 viikon välillä. Kun otetaan huomioon myös muista joukkuepalloilulajeista julkaistut tutkimukset ovat kilpailukauden kestot olleet 10-29 viikkoa. Suuressa osassa tutkimuksia voimaharjoittelua on tehty 2 kertaa viikossa kilpailukaudella (Häkkinen 1993a, Caterisano ym. 1997, Piper 1997, Baker 2001, Rogers ym. 2001, Marques ym. 2004, Newton ym. 2006, Marques ym. 2008).

10-12 viikon aikana on naispelaajien maksimivoimatasojen parannus ollut 0-25 % (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Marques ym. 2008), voimantuottoajan lyhentyminen 12-26 % (Häkkinen 1993a), vertikaalihyppyjen parannus 0-11 % (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Newton ym. 2006, Marques ym. 2008), lisäpainohyppyjen parannus 9-12 % (Rogers ym. 2001, Marques ym. 2008) ja kuntopallonheiton parannus 0-12 % (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Marques ym. 2008).

Vastaavasti miespelaajilla 10-12 viikon kilpailukauden aikana ovat maksimivoimatasot säilyneet muuttumattomina (Baker 2001, Marques ym. 2004) tai laskeneet 8-14 % (Caterisano ym. 1997), vertikaalihyppyt säilyneet muuttumattomina (Marques ym. 2004) tai parantuneet 13 % (Marques & Gonzales-Badillo 2006) ja lisäpainohyppyt säilyneet muuttumattomina (Baker 2001). Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto joukkuepallolijoiden voimaominaisuuksien muutoksien suuruudesta kilpailukauden aikana.

TAULUKKO 4. Mies- ja naispallolijoiden voimaominaisuuksien suhteellisia muutoksia 10-12 viikon kilpailukausien aikana, kun voimaharjoituksia oli kaksi viikossa.

	<b>Miehet</b>	<b>Naiset</b>
<b>Maksimivoima</b>	<b>- 0-14 %</b> (Baker 2001, Marques ym. 2004, Caterisano ym. 1997)	<b>+ 0-25 %</b> (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Marques ym. 2008)
<b>Voimantuottoaika</b>		<b>- 12-26 %</b> (Häkkinen 1993a)
<b>Vertikaalihyppyt</b>	<b>+ 0-13 %</b> (Marques ym. 2004, Marques & Gonzales-Badillo 2006)	<b>+ 0-11 %</b> (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Newton ym. 2006, Marques ym. 2008)
<b>Lisäpainohyppyt</b>	<b>± 0 %</b> (Baker 2001)	<b>+ 9-12 %</b> (Rogers ym. 2001, Marques ym. 2008)
<b>Pallonheitonopeus</b>		<b>+ 0-12 %</b> (Häkkinen 1993a, Piper 1997, Marques ym. 2008)

Tutkimusjakson pitenemisellä ei ole juurikaan vaikutusta em. voimaominaisuuksien muutoksiin. Naispelaajien maksimivoima säilyi muuttumattomana, voimantuottoaika lyheni 23 % ja vertikaalihyppyt paranivat 6-12 % 22 viikon kilpailukauden aikana, kun voimaharjoituksia oli 1-2 viikossa (Häkkinen 1993b). Miespelaajien maksimivoima, lisäpainohyppyt ja ylävartalon tehontuotto säilyivät muuttumattomina 9, 19 ja 29 viikon kilpailukausien ajan, kun voimaharjoituksia oli kahdesti viikossa (Baker 2001).

Kilpailukauden aikainen voimaharjoittelutauko aiheuttaa maksimivoiman ja vertikaalihyppykorkeuden laskua jo muutamassa viikossa. Mieskoripalloilijoiden maksimivoima ja kevennyshyppykorkeus laskivat noin 10 % ensimmäisten 10 viikon aikana, mutta seuraavat 10 viikkoa eivät enää aiheuttaneet lisälaskua (Hoffman ym. 1991) (taulukko 5). Kun voimaharjoitustauko kesti 6 kuukautta, ei maksimivoimatasot edelleenkään pudonneet enempää kuin 10 % (Häkkinen 1988). Toisessa tutkimuksessa mieskäsipalloilijoiden kevennyshyppykorkeus ei vielä 7 viikon voimaharjoittelutauon aikana laskenut, mutta pallonheittonopeus laski 3 % (Marques & Gonzales-Badillo 2006). Naislentopalloilijoilla sen sijaan jo viiden viikon tauko maksimivoimaharjoittelussa aiheutti maksimivoimassa 6 % laskun, vertikaalihypyissä 2-4 % laskun, pallonheittonopeuksissa n. 10 % laskun ja voimantuottonopeuksissa 16-32 % laskun, vaikka nopeusvoimaharjoittelua edelleen pidettiin yllä (Häkkinen 1993a). Saattaakin olla, että voimaharjoitustauko aiheuttaa naisurheilijoilla nopeampia ja voimakkaampia vasteita kuin miesurheilijoilla.

TAULUKKO 5. Muutokset voima- ja nopeussuorituksissa mieskoripalloilijoilla, kun voimaharjoittelu lopetettiin kilpailukauden ajaksi. Luvut ovat joukkueen keskiarvoja keskihajontoineen. Yksi tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa verrattuna ennen harjoittelua mitattuun arvoon ja kaksi tähteä (\*\*) valmistavalla kaudella mitattuun arvoon ( $p < 0,05$ ). Muokattu lähteestä Hoffman ym. 1991.

	Ennen harjoittelua (0 viikkoa)	Valmistavan kauden jälkeen (5 viikkoa)	Kilpailukauden puoliväli (15 viikkoa)	Kilpailukauden loppu (25 viikkoa)
<b>Jalkakyykyn maksimitulos (kg)</b>	119,4 ± 25,2	140,6 ± 21,0*	126,5 ± 19,4**	134,6 ± 15,3
<b>27 m juoksuaika (s)</b>	4,01 ± 0,21	3,93 ± 0,23	4,10 ± 0,17**	4,06 ± 0,24**
<b>Ulottuvuushypyn korkeus (cm)</b>	64,5 ± 9,7	64,3 ± 7,9	58,7 ± 5,2**	60,3 ± 6,9

## 4.2 Voimaharjoittelun määrä

Joukkuepallolajeista julkaistujen tutkimusraporttien mukaan lajin ulkopuolista fyysistä harjoittelua tai voimaharjoittelua tehdään kilpailukauden aikana lähes aina 0-3 kertaa viikossa. Jos voimaharjoittelusta on kokonaan taukoa, voimaominaisuudet heikentyvät kilpailukauden aikana. Mieskoripalloilijoiden jalkakyykyn maksimitulos ja vertikaalihyppyjen korkeus laskivat n. 10 %, kun 10 viikon kilpailukauden aikana ei tehty lainkaan voimaharjoittelua ja valmistavalla kaudella oli tehty 2-3 voimaharjoitusta viikossa

viiden viikon ajan (Hoffman ym. 1991). Mielenkiintoista tässä tutkimuksessa oli, että isokineettinen ja isometrinen maksimivoima ei muuttunut.

Toisessa tutkimuksessa voimaharjoittelutauko aiheutti koripalloilijoiden jalkojen isometriseen maksimivoimaan n. 10 % ja voimantuottonopeuksiin 16-22 % laskut 6 kuukauden kilpailukauden aikana (Häkkinen 1988). Lisäksi ennestään nopeilla pelaajilla voimantuottonopeus laski eniten. Käsipalloilijoilla 7 viikon voimaharjoittelutauko kilpailukaudella ei vielä heikentänyt vertikaalihyppyjä merkitsevästi, mutta pallonheittonopeus laski n. 3 % (Marques & Gonzales-Badillo 2006).

Jo 1-2 kertaa viikossa toteutettu voimaharjoittelu näyttäisi ainakin naiskoripalloilijoilla riittävän maksimivoiman ylläpitoon ja nopeusvoiman kehittymiseen kilpailukauden aikana. Häkkisen (1993b) tutkimuksessa nimittäin vertikaalihyppyjen korkeudet paranivat 6-12 %, isometrinen voimantuottoaika lyheni ja isometrinen maksimivoima säilyi ennallaan 5 kuukauden kilpailukauden aikana.

Myös muissa tutkimuksissa, joissa naislentopalloilijat ovat tehneet kaksi voimaharjoitusta viikossa 11-12 viikon kilpailukauden ajan, ovat maksimivoima- ja nopeusvoimaominaisuudet säilyneet tai parantuneet. Newton ym. (2006) havaitsivat, että vertikaalihyppykorkeus säilyi muuttumattomana, mutta se edellytti nopeusvoimaharjoittelua perusvoimaharjoittelun ohessa. Lisäpainokevennyshypyn teho ja voima paranivat 12 %, kun voimaharjoittelu oli plyometrista harjoittelua (Rogers ym. 2001). Eri liikkeiden dynaaminen maksimivoima kasvoi 9-25 %, kuntopallonheittopituus parani 8 % ja vertikaalihyppykorkeudet säilyivät ennallaan voimaharjoittelun ollessa perus- ja nopeusvoimaharjoittelua (Piper 1997). Dynaaminen maksimivoima kasvoi 12-15 %, lisäpainokevennyshypyt paranivat 9-11 %, kevennyshyppy 4 % ja kuntopallonheittopituus 12 %, kun voimaharjoittelu oli nopeusvoima- ja plyometrista harjoittelua (Marques ym. 2008).

Kuitenkin, jos aiemmin kilpailukaudella on tehty nopeusvoimaharjoittelun ohella maksimivoimaa, mutta jätetään se pois ja jatketaan pelkällä nopeusvoimaharjoittelulla kahdesti viikossa, naislentopalloilijoiden vertikaalihyppy- ja kuntopallonheittotulokset laskevat jo 5 viikon aikana johtuen maksimivoiman laskusta (Häkkinen 1993a).

Miespelaajilla kahdesti viikossa tehty voimaharjoittelu ei näyttäisi riittävän voimaominaisuuksien kehittymiseen kilpailukauden aikana. Ylä- ja alavartalon dynaaminen maksimivoima ja kevennyshyppy säilyivät muuttumattomina mieslentopalloilijoilla voimaharjoittelun ollessa nopeusvoima- ja plyometrista harjoittelua (Marques ym. 2004). Myös miesrugbypelaajilla ylä- ja alavartalon dynaaminen maksimivoima ja teho säilyivät muuttumattomina kilpailukauden ajan kahdella viikoittaisella perus- ja nopeusvoimaharjoituksella, kun valmistavalla kaudella voimaharjoituksia oli ollut neljä viikossa (Baker 2001). Kaksi kertaa viikossa tehty voimaharjoitus ei kuitenkaan riitä voimatasojen ylläpitoon kilpailukaudella, jos harjoitus tehdään väsyneenä. Mieskoripalloilijoiden ala- ja ylävartalon dynaaminen maksimivoima nimittäin laski 8-14%, kun perusvoimaharjoitus tehtiin heti lajiharjoituksen jälkeen eikä omana erillisenä harjoituksenaan (Caterisano ym. 1997).

Yhteenvedona voidaan todeta, että pelaajien voimaominaisuudet säilyvät tai voivat jopa kehittyä hieman joukkuepallolajien kilpailukauden aikana, jos erillisiä voimaharjoituksia on ainakin kaksi viikossa. Kilpailukauden pituudella ei ole muutoksiin suurta vaikutusta. Kokeneilla miesurheilijoilla voimaominaisuudet pysyvät tällä harjoitusmäärällä yleensä muuttumattomina ja naisilla tai aiemmin vähän harjoitelleilla saattavat kehittyä jonkin verran. Voimaharjoitustaukoa ei kilpailukaudella kannata pitää, koska tällöin maksimivoiman lisäksi myös teho- ja nopeusvoimaominaisuudet heikkenevät jo muutamassa viikossa.

## 5 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA HYPOTEESIT

Tämän pro gradu –tutkielman kokeellisen osan tavoitteena oli osoittaa, että mieslentopalloilijoiden maksimivoima-, nopeusvoima- ja kestovoimaominaisuuksia voidaan parantaa yhdeksän viikon peruskuntokauden aikana, kun voimaharjoituksia on neljä kertaa viikossa, ja ylläpitää 18 viikkoa kestävien valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen ajan sekä 15 viikkoa kestävä kilpailukauden kevätkierroksen ajan, kun voimaharjoituksia on kahdesti viikossa.

Hypoteesina oli, että peruskuntokauden aikana maksimivoima-, nopeusvoima- ja kestovoimatasoja voidaan parantaa neljästi viikossa toteutettavalla voimaharjoittelulla. Toinen hypoteesi oli, että maksimivoimaharjoittelun sekä nopeusvoimaharjoittelun taajuuDET yksi harjoitus seitsemän päivän välein riittävät ylläpitämään maksimi- ja nopeusvoimatasot 18 viikkoa kestävien valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen ajan, ja että maksimivoimaharjoittelun taajuus yksi harjoitus yhdeksän päivän välein sekä nopeusvoimaharjoittelun taajuus yksi harjoitus viiden päivän välein riittävät ylläpitämään maksimi- ja nopeusvoimatasot 15 viikkoa kestävä kilpailukauden kevätkierroksen ajan.

## **6 MENETELMÄT**

### **6.1 Tutkimusasetelma**

Tutkimusasetelmana oli vuoden pituinen pitkittäinen harjoittelututkimus, jossa fyysinen harjoittelu oli ohjelmoitu lentopallojoukkueen peruskuntokaudelle, valmistavalle kaudelle ja kilpailukauden syyskierrokselle (kilpailukausi 1), kilpailukauden kevätkierrokselle (kilpailukausi 2) sekä siirtymäkaudelle (kuva 2). Suorituskykymuuttujien mittaukset tehtiin aina harjoituskauden vaihtuessa. Kontrolliryhmää ei ollut, vaan ennen harjoittelun alkua oli viiden viikon harjoittelua sisältämätön kontrollijakso. Sopivan kontrolliryhmän löytäminen huippu-urheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa on vaikeaa ja harjoittelututkimuksissa sitä voidaan pitää epäeettisenäkin, koska potentiaalisesti tärkeän harjoittelun kieltäminen häiritäisi urheilijoiden mahdollisuuksia kehittää suorituskykyään ja harjoittaa ammattiaan (Kraemer 2005).

### **6.2 Koehenkilöt**

Koehenkilöinä oli yhden SM-liigajoukkueen (Loimaan Hurrikaani) 11 miespelaajaa, joiden ikä oli  $27,9 \pm 2,9$  vuotta, pituus  $191,6 \pm 5,7$  cm ja paino  $92,0 \pm 10,3$  kg. Luvut ovat keskiarvoja keskihajontoineen. Kaikilla pelaajilla oli yli 15 vuoden kokemus lentopallon pelaamisesta ja harjoittelusta.

### **6.3 Harjoittelun ohjelmointi**

Viiden viikon kontrollijakson aikana ei ollut ohjelmoitua harjoittelua. Koehenkilöitä oli kielletty tekemästä mitään voima- tai nopeusharjoittelua, mutta kevyt aerobinen liikunta oli sallittua. Kontrollijakso sijoittui siirtymäkaudelle, jolloin lajiharjoittelua tai otteluita ei ollut. Yhdeksän viikon peruskuntokaudella voimaharjoittelu oli submaksimaalista voimaharjoittelua. Alussa intensiteetti oli 70-80 % maksimista ja loppua kohden painotus siirtyi hermostollisen maksimivoiman suuntaan intensiteetin ollessa 80-95% maksimista. Harjoitteina käytettiin painonnosto- ja voimanostoliikkeitä sekä muita vapailla painoilla tehtäviä voimaharjoitteluliikkeitä. Yleisimpiä harjoitteita olivat raaka tempaus, raaka



rinnalleveto, ylöstyöntö saksauksella tai raakana, työntöpunnerrus, pystypunnerrus, jalkakyykky, etukyykky, puolikyykky, askelkyykky, maastanosto, korkea veto, hyvää huomenta –liike, penkkipunnerrus, vinopenkkipunnerrus ja yliveto. Harjoitteita vaihdeltiin säännöllisesti, 3-4 viikon välein, jotta hermolihasjärjestelmä saisi jatkuvasti uudenlaisia ärsykeitä.

Peruskuntokauden aikana tehtiin myös nopeusvoima- ja kestävyysharjoittelua. Nopeusvoimaharjoitteina käytettiin painonnostoliikkeitä ja niiden erilaisia variaatioita sekä plyometrisia harjoitteita omalla kehon painolla ja lisäpainoja käyttäen. Yleisimpiä harjoitteita olivat raaka tempaus ja rinnalleveto polvista, ylöstyöntö, penkkipunnerrus, yliveto, lisäpainohyppy, hyppy ilman painoa ja kuntopallonheitot. Intensiteetti oli 30-60 % maksimista. Myös nopeusvoimaharjoitteita vaihdeltiin 3-4 viikon välein. Kestävyysharjoittelu sisälsi intervallityyppisiä osittain anaerobisia, mutta submaksimaalisia loikka- ja hypykestävyysharjoituksia, huoltavaa kestovoimaharjoittelua ja aerobista hölkkää tai erilaisia pallopelejä.

Valmistavan kauden ja kilpailukauden aikana voimaharjoittelun intensiteetti oli 80-100 % maksimista ja harjoitteet olivat samoja, joita peruskuntokaudellakin käytettiin. Taulukossa 6 on esitetty esimerkki kilpailukauden voimaharjoituksesta. Harjoitteita ja niiden järjestystä vaihdeltiin joka harjoituskerralla. Nopeusvoimaharjoittelun intensiteetti oli edelleen 30-60 % maksimista, mutta hyppyharjoitteiden määrä väheni verrattuna peruskuntokauteen, koska lajiharjoittelussa ja otteluissa hyppykuormitus oli suuri. Taulukossa 7 on esitetty esimerkki kilpailukauden nopeusvoimaharjoituksesta. Kilpailukauden kestävyysharjoittelu sisälsi enää huoltavaa kestovoimaharjoittelua ja hyvin kevyen palauttavan hölkin, kävelylenkin tai uinnin, korkeintaan kerran viikossa.

Voimaharjoitusten kesto oli 60-80 minuuttia. Harjoitteita oli 4-6 per harjoitus ja sarjoja 3-6 per liike. Palautumisajat sarjojen välillä olivat 2-3 minuuttia. Toistomäärä voimaharjoitteissa oli 1-8 toistoa ja nopeusvoimaharjoitteissa 2-6 toistoa.

TAULUKKO 6. Esimerkki kilpailukauden maksimivoimaharjoituksesta.

Harjoite	Sarjat x Toistot x Kuorma (% maksimista)	Sarjapalautus
Raaka rinnalleveto	1x4x80, 1x3x85, 2x2x90	3 min
Jalkakyykky	4x5x80	3 min

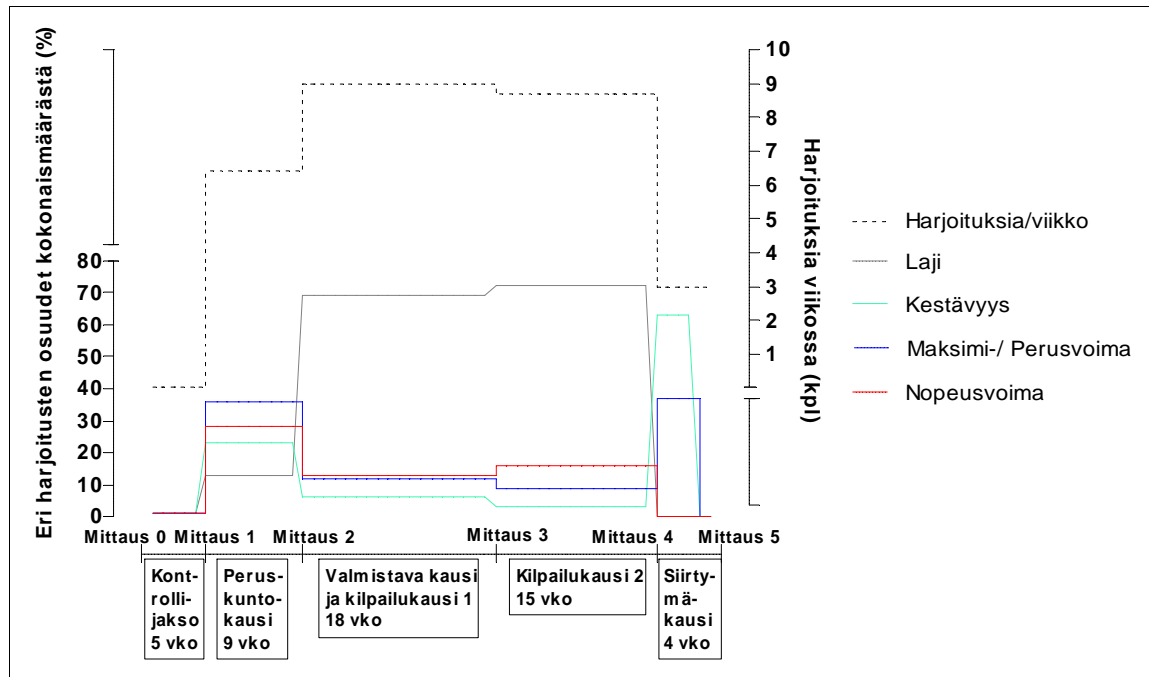
Työntöpunnerrus	2x5x80, 2x3x85	3 min
Yliveto	4x5x80	3 min

TAULUKKO 7. Esimerkki kilpailukauden nopeusvoimaharjoituksesta. %-merkki viittaa prosenttiosuuteen yhden toiston maksimikuormasta.

Harjoite	Sarjat x Toistot x Kuorma	Sarjapalautus
Raaka tempaus polvista	5x3x60%	2 min
Kevennyshyppy lisäpainolla	2x4x30%, 2x3x35%, 2x2x40% (% jalkakyykyn maksimista)	2 min
Penkipunnerrus	6x4x50%	2 min
Pallonheitto pään yli eteen	6x4x1-3 kg	2 min

Siirtymäkauden voimaharjoittelun intensiteetti oli 50-70 % maksimista ja painonnosto-  
liikkeitä ei tehty lainkaan. Myöskään nopeusvoimaharjoituksia ei ollut. Kestävyysharjoittelu oli pallopelejä, hölkkää, kävelyä, pyöräilyä, rullaluistelua tai uintia. Ohjelmoidun harjoittelun toteutumista seurattiin siten, että aina yksi valmentaja oli paikalla valvomas-  
sa harjoitusta ja lisäksi kukin koehenkilö piti harjoituspäiväkirjaa, jotka tarkastettiin nel-  
jän viikon välein.

Eri ominaisuuksien suhteelliset harjoitusmäärät ja harjoitusten määrä viikossa alkujak-  
son, peruskuntokauden, valmistavan kauden ja ottelukauden syyskierroksen, sarjatauon  
ja ottelukauden kevätkierroksen sekä siirtymäkauden aikana on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Eri harjoitusten osuudet harjoittelun kokonaismäärästä, harjoitusten määrä viikossa sekä tutkimuksen harjoituskausien pituudet viikkoina (vko) ja mittausajankohdat. Määrät ovat harjoituskausien keskiarvoja, viikoittaista pientä vaihtelua ei ole esitetty. Lajiharjoituksiin sisältyvät myös ottelut. Yhden harjoituksen kesto on 60-120 minuuttia.

## 6.4 Mittaukset

Mittausten ajankohdat näkyvät kuvassa 2. Tutkimuksessa oli kuusi mittauskertaa. Alkumittaus tehtiin viisi viikkoa ennen (mittaus 0) ja välittömästi ennen (mittaus 1) peruskuntokauden alkua. Seuraavat mittausajankohdat olivat peruskuntokauden jälkeen (mittaus 2), valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen (kilpailukausi 1) jälkeen (mittaus 3), kilpailukauden kevätvierroksen (kilpailukausi 2) jälkeen (mittaus 4) ja siirtymäkauden jälkeen (mittaus 5).

Jokainen mittauskerta oli kolmen päivän mittainen ja kunkin mittauspäivän pituus oli alkulämmittelyineen 60-120 minuuttia. Ensimmäisenä päivänä mitattiin vertikaalihyppy, kuntopallon heitot ja 30 sekunnin toistohyppy, toisena päivänä maksimivoima ja kolmantena päivänä kestovoima ja antropometriset muuttujat. Mittausten järjestys, vuorokaudenaika ja mittausten suorittajat olivat joka kerralla samat.

*Antropometria.* Pituus mitattiin mitattavan seistessä ilman kenkiä kantapäät, selkä ja takaraivo seinää vasten. Paino mitattiin joka kerta samalla vaa'alla ja samaan vuorokaudenaikaan mitattavan seistessä alusvaatteissa vaa'alla. Yhden käden kurotuskorkeus mitattiin keskisormen pään tasolta mitattavan seistessä kengät jalassa kylki seinää vasten ja ojentaessa lyöntikätensä mahdollisimman ylös seinää vasten. Rinnan ympäryys mitattiin rintalastan puolivälin tasolta ja vyötärön ympäryys suoliluun harjun etureunan tasolta mitattavan seistessä jännittämättä lihaksia, käsivarret alhaalla ja uloshengitettyä. Reiden ympäryys mitattiin reisiluun ison sarvennoisen ja polvilumpion alareunan puolivälin tasolta mitattavan seistessä jännittämättä lihaksia hartioiden levyisessä haara-asennossa ja paino kummallakin jalalla. Rasvaprosentti määritettiin neljän ihopoimun (hauis, ojentaja, lapa, suoliluun harju) summan avulla käyttäen miesurheilijoiden taulukkoa (Durnin & Womersley 1974). Mittaustulos kunkin ihopoimun kohdalla laskettiin kolmen mittauksen keskiarvona.

*Vertikaalihyppy.* Alaraajojen nopeusvoiman mittaamiseen käytettiin kevennyshyppyä, torjuntahyppyä ja vauhdillista yhden käden ulottuvuushyppyä. Kevennyshypyssä koehenkilö seisoi kontaktimatolla kapeassa haara-asennossa, jalat suorina ja kädet lanteilla. Hyppy käynnistyi kevennyksellä, jolloin koehenkilö laskeutui nopeasti kyykkyyneen, polvet kävivät noin 90 asteen kulmassa ja selkä pysyi lähes pystysuorassa, josta asennosta ilman taukoa lähti maksimiponnistus kohtisuoraan ylös. Alastulo tapahtui samaan kohtaan, josta ponnistus oli lähtenyt, polvet suorina kontaktivaiheessa ja päkiät edellä. Torjuntahyppy suoritettiin kontaktimatolla kuten kevennyshyppy, mutta mukana oli käsien vapaa heilahdus ja kurotus molemmilla käsillä yläpuolella olleeseen mittatauluun mahdollisimman korkealle. Kevennyshypyssä ja torjuntahypyssä nousukorkeus mitattiin kontaktimaton ja siihen kuuluvan kellon (Newtest Powertimer, Newtest oy, Oulu) avulla. Kellossa oleva laskin laskee hyppyjen korkeuden lentoajan perusteella kaavalla  $h=gt^2/8$  (Asmussen & Bonde-Petersen 1974), jossa h on nousukorkeus, g on putoamiskiihtyvyys ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) ja t on lentoaika. Torjuntahypyn kahden käden ulottuvuuskorkeus katsottiin mittataulun lukemasta alemman käden keskisormen pään tasolta. Vauhdillisessa ulottuvuushypyssä koehenkilö otti neljän askeleen juoksuvauhdin valitsemastaan suunnasta ja valitsemansa etäisyyden päästä mittataulusta ja ponnisti tasajalkaa ylöspäin kurottaen lyöntikätensä mahdollisimman korkealle mittatauluun. Torjuntahypyn ja vauhdillisen ulottuvuushypyn ulottuvuuden mittaamiseen käytetty mittataulu oli kiinnitetty koripallon korilevyyn siten, että mittataulun alareuna oli 280 cm:n korkeudella lattiasta ja hyppy-

paikan ympärillä oli joka suunnassa useita metrejä vapaata tilaa. Mittataulun pinta oli maalattu tummalla liitutaulumaalilla ja koehenkilöiden sormenpäihin laitettiin ennen hyppyä magnesiumkarbonaattijauhoa, jotta tauluun jäi ulottuvuuskorkeuteen valkoinen jälki tuloksen lukua helpottamaan. Mitta-asteikko oli viivoitettu tauluun 1 cm:n välein. Alkulämmittelyn jälkeen kukin koehenkilö suoritti kolme peräkkäistä yritystä kussakin hypyssä ja yritysten välinen palautumistauko oli yksi minuutti.

*Kuntopallon heitot.* Koko vartalon nopeusvoiman mittaamiseen käytettiin kuntopallon heittoa kaksin käsin pään yli eteenpäin 1 kg ja 3 kg palloilla. Heitto suoritettiin paikaltaan jalat vierekkäin hartioiden levyisessä asennossa. Saatossa sai kaatua tai juosta heiton perään. Heiton pituus mitattiin 10 cm:n tarkkuudella. Alkulämmittelyn jälkeen kukin koehenkilö suoritti kolme peräkkäistä yritystä kummallakin painolla ja yritysten välinen palautumistauko oli yksi minuutti.

*Maksimivoima.* Maksimivoiman mittaamisessa käytettiin raa'an rinnallevedon yhden toiston maksiminostoa, penkkipunnerruksen yhden toiston maksiminostoa, jalkakyykyn yhden toiston maksiminostoa ja ylivedon kolmen toiston maksiminostoa. Liikkeiden suoritusjärjestys oli joka kerralla tämä. Alkulämmittelyn jälkeen kussakin liikkeessä noustiin kohti maksimipainoa 1-3 toiston sarjoilla aloittaen noin 50 %:lla arvioidusta tai edellisen mittauskerran maksimista ja lisäämällä noin 10 % maksimista joka sarjaan. Näin ollen lämmittelysarjoja tuli ennen maksiminostoa noin 5 kussakin liikkeessä. Maksiminostoissa korotukset olivat kuitenkin pienempiä, 2,5-10 kg, riippuen liikkeestä ja koehenkilöstä. Palautumistauot olivat 2 minuuttia lämmittelysarjoissa ja 4 minuuttia yli 90 % painoilla maksimista tehdyissä nostoissa. Kaikissa liikkeissä oli sallittua käyttää nostovyötä ja magnesiumkarbonaattijauhoa käsissä.

Rinnalleveto mitattiin raa'alla rinnallevedolla, jossa allemeno tehtiin puolietukyykyasentoon siten, että polvikulma kävi noin 100-120°:ssa. Noston alussa tanko oli lattialla ja loppuasennossa olkapäillä kaulan edessä koehenkilön seistessä suorana. Penkkipunnerrus tehtiin pitämällä jalat ilmassa penkin tason yläpuolella. Vakio-oteleveys määritettiin siten, että pikkusormet olivat voimanostotangon merkkiurien kohdalla. Tangon tuli koskettaa ala-asennossa rintaan, mutta pompauttaminen rinnasta oli kielletty. Jalkakyykyssä tanko oli harteilla, ei selässä, ja vakiosyvyys määritettiin siten, että ala-asennossa pakaralan alaosa kevyesti kosketti penkkiä, jonka korkeus oli sama kuin koehenkilön pol-

vilumpion alareunan taso henkilön seistessä suorana jalat vierekkäin. Jalka-asennon leveys ja jalkojen etäisyys syvyysmerkkinä toimineesta penkistä olivat vakiot joka mittauskerralla. Polvikulman ryhmäkeskiarvo ja keskihajonta ala-asennossa oli  $84^{\circ} \pm 6^{\circ}$ . Yliveto tehtiin tasapenkillä selällään maaten siten, että jalat olivat kiinni lattiassa. Selän kaari, takapuolen irtoaminen penkistä ja päkiöille nousu oli sallittu. Alkuasennossa tanko oli suorilla käsillä kädet pystysuorassa ja myötätöteen vakioleveys määritettiin siten, että etusormien väli oli 30 cm joka mittauskerralla. Ala-asennossa kyynärpää sai koukistua, mutta olkavarren tuli käydä vähintään vaakatasossa. Nostovaihe tuli tehdä yhtenäisenä vetona takaisin alkuasentoon suorille käsille.

*Nopeuskestävyys.* Pitkäkestoisen nopeusvoiman ja nopeuskestävyyden mittaamiseen käytettiin 30 sekunnin toistohyppelytestiä, joka tehtiin kontaktimaton päällä maksimaalisena pohjehyppelynä suurella polvikulmalla pitäen kädet lanteilla. Hyppijän keskimääräinen mekaaninen teho saatiin kaavalla  $P = g^2 T_f T_t / (4n(T_t - T_f))$  (Bosco ym. 1983), jossa P on teho (wattia/hyppijän kehon painokilo), g on putoamiskiihtyvyys ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ),  $T_f$  on kokonaislentoaika,  $T_t$  on kokonaissuoritus-aika ja n on hyppyjen kokonaismäärä. Teho laskettiin aikavälille 0-15 s ja 0-30 s.

*Lihaskestävyyskuntopiiri.* Kestovoiman mittaamiseen käytettiin lihaskestävyyskuntopiiritestiä, jossa oli viisi suorituspaikkaa, työaika kullakin paikalla 45 sekuntia ja palautumisaika 2 minuuttia. Kierros kesti 11 minuuttia ja 45 sekuntia. Kierroksia oli yksi. Liikkeet olivat etukyykky ja työntöpunnerrus 20 kg:n tangolla, istumaannousu 5 kg:n paino-levy niskan takana, vähintään 30 cm korkea torjuntahyppy ja 3 metrin sivuttaisliike edestakaisin, yliveto 16 kg:n tangolla sekä ketteryysviivajuoksu, jossa 10 metrin matkalla toistettiin kuperkeikkaa eteen, tiikerisyöksyä lattialle, juoksua eteen, kuperkeikkaa taakse ja juoksua taakse. Testin pistemäärä määräytyi kaikissa liikkeissä suoritettujen kokonaistoistomäärän perusteella. Jokaisella suorituspaikalla oli valvoja, joka laski toistot ja hylkäsi epäpuhtaat toistot.

## 6.5 Tilastoanalyysit

Tilastoanalyysit tehtiin SPSS Statistics 15.0 –tietokoneohjelmalla, joka laski aritmeettiset keskiarvot ja keskihajonnat tavanomaisilla menetelmillä. Aineiston normaalijakautu-

neisuus testattiin Kolmogorov-Smirnov –testillä. Suorituskykymuuttujien keskiarvoja verrattiin eri mittauskertojen välillä toistomittausten kaksisuuntaisella ANOVA-testillä ja Tukeyn post-hoc testiä käytettiin merkitsevien erojen paikallistamiseen tiettyjen mittauskertojen välille. Muuttujien välistä korrelaatiota testattiin Pearsonin korrelaatiokerroimen avulla. Merkitsevyysrajana käytettiin arvoa  $p \leq 0,05$ .

## 7 TULOKSET

Kontrollijakso, jolloin voimaharjoittelua ei tehty, osoitti mittausparametrien toistettavuuden. Minkään suorituskykymuuttujan tai antropometrisen muuttujan keskiarvossa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä ( $p \leq 0,05$ ) muutoksia mittausten 0 ja 1 välillä ja kaikkien muuttujien sisäinen korrelaatio oli korkea ja tilastollisesti merkitsevä ( $r > 0,98$ ;  $p < 0,01$ ).

Koehenkilöiden kehon painossa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia tutkimuksen aikana (taulukko 8). Kehon rasvaprosentti pysyi tilastollisesti muuttumattomana peräkkäisten mittausten välillä, mutta tarkasteltaessa harjoittelun aloitushetkeä ja kilpailukauden kevätkierron loppua (mittausten 1 ja 4 välinen aika) havaittiin 1,1 prosenttiyksikön lasku ( $p < 0,05$ ).

TAULUKKO 8. Antropometristen muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat. Tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa mittaukseen 1 verrattuna ( $p \leq 0,05$ ).

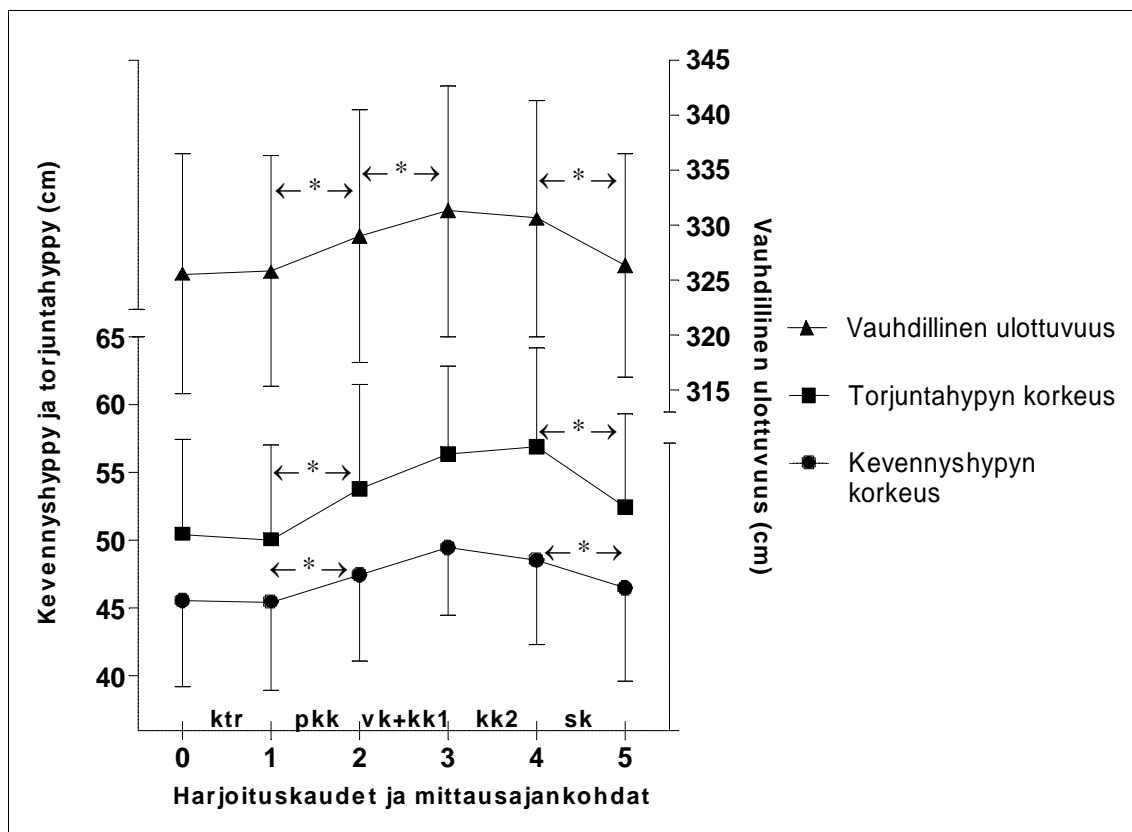
<b>Muuttuja</b>	<b>Mittaus 1</b> (ennen peruskuntokautta)	<b>Mittaus 3</b> (kilpailukausien 1 ja 2 välissä)	<b>Mittaus 4</b> (kilpailukauden 2 jälkeen)
Ikä (vuosi)	27,9 ± 2,9		
Pituus (cm)	191,6 ± 5,7		
Yhden käden kurotus (cm)	251,3 ± 6,4		
Paino (kg)	92,0 ± 10,3	91,7 ± 9,6	91,7 ± 10,0
Rasvaprosentti (%)	16,6 ± 3,0	16,2 ± 2,5	15,5 ± 2,6 *
Rinnan ympäryys (cm)	105,3 ± 6,4	104,8 ± 6,1	105,0 ± 6,1
Vyötärön ympäryys (cm)	89,4 ± 6,3	88,5 ± 5,7	87,4 ± 5,8 *
Reiden ympäryys (cm)	59,5 ± 2,6	59,9 ± 2,7	59,8 ± 2,6

Kaikki mitatut nopeusvoimaominaisuudet kehittyivät peruskuntokauden aikana ja säilyivät vähintään samoina koko kilpailukauden ajan (kuva 3). Kevennyshyppykorkeus kasvoi 2,0 cm ( $p < 0,05$ ) peruskuntokauden aikana ja yhteensä 4,0 cm ( $p < 0,05$ ) peruskuntokauden, valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierron aikana, suhteellinen ke-



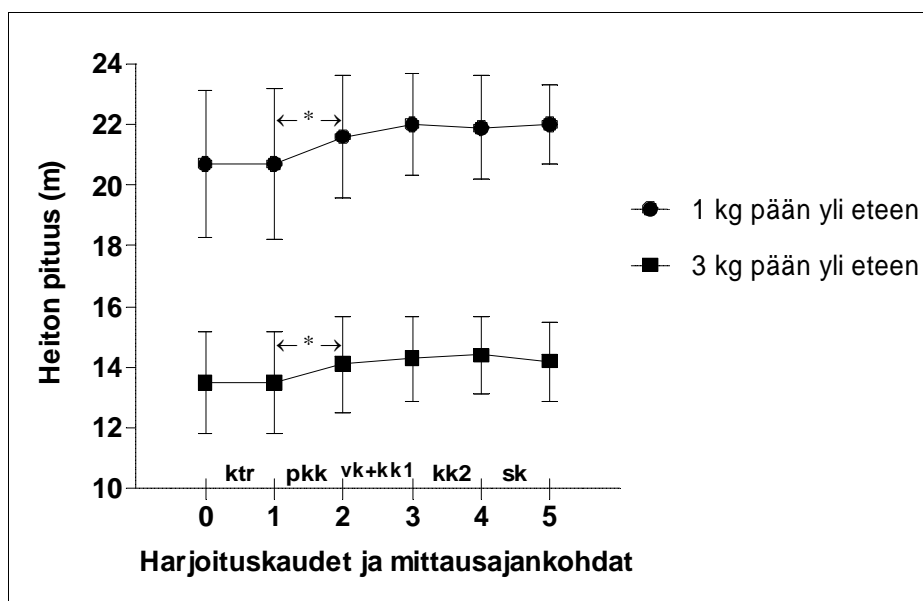
hitys oli siis yhteensä 9 %. Torjuntahypyn korkeus parani samassa ajassa 13 % ( $p < 0,05$ ).

Torjuntahypyn ulottuvuus parani 304,6 ( $\pm 7,9$ ) cm:sta 307,9 ( $\pm 9,4$ ) cm:iin ( $p < 0,05$ ) peruskuntokauden aikana ja edelleen 311,0 ( $\pm 7,8$ ) cm:iin ( $p < 0,05$ ) valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen aikana. Kilpailukauden kevätkierroksen ajan torjuntahypyn ulottuvuus pysyi tilastollisesti muuttumattomana. Vauhdillinen yhden käden ulottuvuus parani 3,2 cm ( $p < 0,05$ ) peruskuntokauden aikana ja edelleen 2,3 cm ( $p < 0,05$ ) valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen aikana (kuva 3). Kilpailukauden kevätkierroksen ajan vauhdillinen yhden käden ulottuvuushyppy pysyi tilastollisesti muuttumattomana. Siirtymäkaudella hyppyjen korkeudet ja ulottuvuudet laskivat (kuva 3), mutta pallonheittopituudet säilyivät muuttumattomina (kuva 4).



KUVA 3. Vertikaalihiippytulosten keskiarvot ja keskihajonnat eri harjoituskausien aikana. Tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p \leq 0,05$ ) peräkkäisten mittauskertojen välillä. Ktr = kontrollijakso (5 viikkoa), pkk = peruskuntokausi (9 viikkoa), vk+kk1 = valmistava kausi ja kilpailukauden syyskierros (18 viikkoa), kk2 = kilpailukauden kevätkierros (15 viikkoa), sk =

siirtymäkausi (4 viikkoa). Kontrollijaksolla ei ollut mitään harjoittelua. Ottelut alkoivat valmistavan kauden alussa (mittaus 2) ja kestivät kilpailukauden kevätkierroksen loppuun (mittaus 4).



KUVA 4. Pallonheittotulosten keskiarvot ja keskihajonnat eri harjoituskausien aikana. Tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p \leq 0,05$ ) peräkkäisten mittauskertojen välillä. Ktr = kontrollijakso (5 viikkoa), pkk = peruskuntokausi (9 viikkoa), vk+kk1 = valmistava kausi ja kilpailukauden syyskierros (18 viikkoa), kk2 = kilpailukauden kevätkierros (15 viikkoa), sk = siirtymäkausi (4 viikkoa). Kontrollijaksolla ei ollut mitään harjoittelua. Ottelut alkoivat valmistavan kauden alussa (mittaus 2) ja kestivät kilpailukauden kevätkierroksen loppuun (mittaus 4).

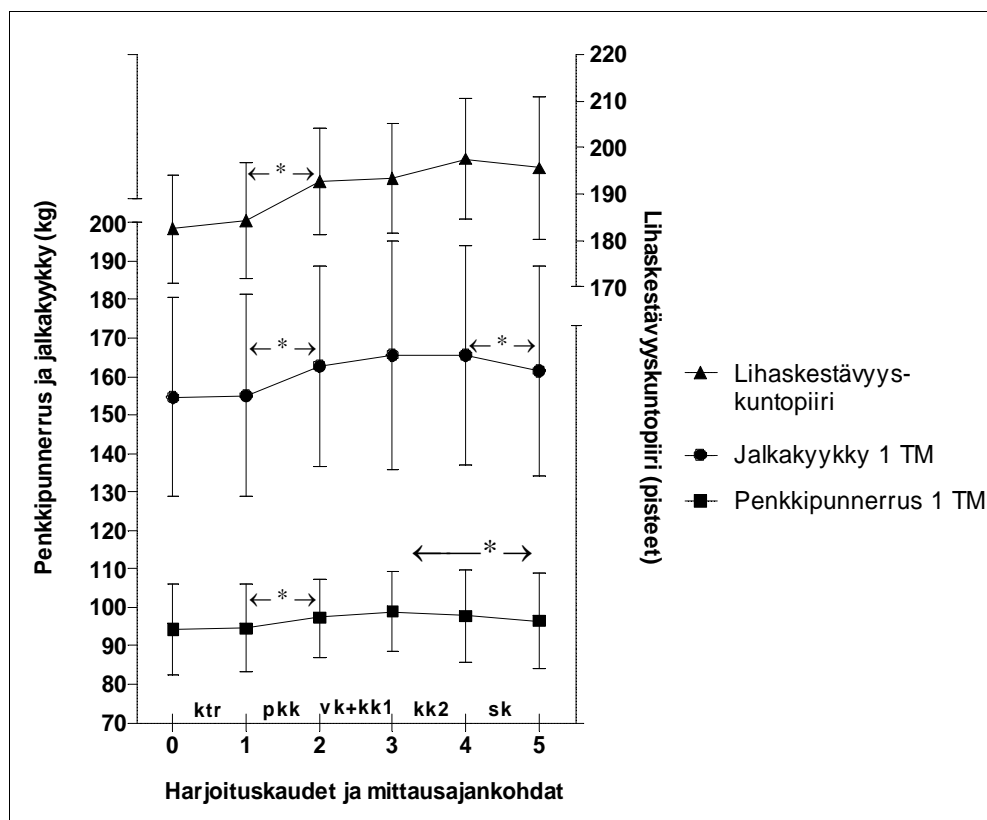
Maksimivoima kehittyi peruskuntokauden aikana kaikissa mittausliikkeissä 3-10 % ( $p < 0,05$ ). Valmistavan kauden ja koko kilpailukauden ajan maksimivoimatasot säilyivät tilastollisesti muuttumattomina (taulukko 9 ja kuva 5). Neljän viikon pituisella siirtymäkaudella maksimivoima laski jalkakyykyssä 4,1 kg eli 2,5 % ( $p < 0,05$ ). Muissa maksimivoimamuuttujissa siirtymäkauden trendi oli lievästi laskeva, mutta tilastollisesti merkitsevää lasku ei ollut.

Lihaskestävyyskuntopiirillä mitattu kestovoima parani peruskuntokaudella 5 % ( $p < 0,05$ ) ja säilyi valmistavan kauden, koko kilpailukauden ja siirtymäkauden muuttumattomana (kuva 5). Mekaaninen teho parani 15 sekunnin hyppelyssä valmistavan kauden

ja kilpailukauden syyskierroksen aikana 12 % ( $p < 0,05$ ) ja säilyi muuttumattomana kilpailukauden kevätkierroksen ajan (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Maksimivoima- ja nopeuskestävyysmuuttujien keskiarvoja ja keskihajontoja. Yksi tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa mittaukseen 1 verrattuna ja kaksi tähteä (\*\*) tilastollisesti merkitsevää eroa mittauksiin 1 ja 2 verrattuna ( $p \leq 0,05$ ). 1 TM tarkoittaa yhden toiston maksimipainoa ja 3 TM kolmen toiston maksimipainoa.

Muuttuja	Mittaus 1 (ennen peruskuntokautta)	Mittaus 2 (peruskuntokauden jälkeen)	Mittaus 3 (kilpailukausien 1 ja 2 välissä)	Mittaus 4 (kilpailukauden 2 jälkeen)
Rinnalleveto 1TM (kg)	93,2 ± 15,5	101,4 ± 13,6 *	101,4 ± 11,2 *	100,9 ± 11,1 *
Yliveto 3TM (kg)	47,5 ± 9,6	52,1 ± 8,9 *	53,0 ± 9,1 *	52,7 ± 9,0 *
Mekaaninen teho 15 s hypellyssä (W/kg)	35,5 ± 8,3	36,5 ± 7,8	41,0 ± 4,3 **	40,6 ± 3,3 **
Mekaaninen teho 30 s hypellyssä (W/kg)	31,1 ± 5,9	32,0 ± 6,8	32,7 ± 2,8	33,4 ± 2,4



KUVA 5. Maksimi- ja kestovoimatulosten keskiarvoja ja keskihajontoja eri harjoituskausien aikana. Tähti (\*) tarkoittaa tilastollisesti merkitsevää eroa ( $p \leq 0,05$ ) peräkkäisten mittauskertojen välillä. Ktr = kontrollijakso (5 viikkoa), pkk = peruskuntokausi (9 viikkoa), vk+kk1 = valmistava kausi ja kilpailukauden syyskierros (18

viikkoa), kk2 = kilpailukauden kevätkierrös (15 viikkoa), sk = siirtymäkausi (4 viikkoa). Kontrollijaksolla ei ollut mitään harjoittelua. Ottelut alkoivat valmistavan kauden alussa (mittaus 2) ja kestivät kilpailukauden kevätkierröksen loppuun (mittaus 4). 1 TM = yhden toiston maksimipaino.

Voimaominaisuuksien suhteellisten (%) muutosten välisiä yhteyksiä tarkasteltaessa havaitaan tilastollisesti merkitsevä korrelaatio jalkakyykyn maksimituloksen ja vertikaalihyppyjen korkeuden ja ulottuvuuden välillä (taulukko 10). Myös rinnallevedon maksimituloksen kehittyminen korreloi positiivisesti vertikaalihyppyjen korkeuden ja ulottuvuuden kehittymiseen. Sen sijaan ylävartalon maksimivoiman kehittymisen ja vertikaalihyppyjen kehittymisen välillä ei ollut yhteyttä. Lajihyppyjen ulottuvuuksien kehittyminen oli yhteydessä kevennyshypyn kehittymiseen. Ylävartalon maksimivoimaliikkeistä vain penkkipunnerruksen kehittämisellä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys pallonheittopituuden parantumiseen ja sekin ilmeni vain 1 kg:n pallonheitossa, jonka kehittyminen oli yhteydessä myös jalkakyykynmaksimituloksen kehittymiseen. Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita ei esiintynyt koehenkilön lähtötason ja absoluuttisen tai suhteellisen muutoksen välillä missään mitatussa suorituskykymuuttujassa

TAULUKKO 10. Korrelaatiokertoimet voimaominaisuuksien suhteellisten muutosten välillä. Muutos on laskettu mittausten 1 ja 3 väliltä. Tähti (\*) tarkoittaa tilastollista merkitsevyyttä ( $p \leq 0,05$ ). 1 TM tarkoittaa yhden toiston maksimipainoa ja 3 TM kolmen toiston maksimipainoa.

	Kevennyshyppy	Torjuntaulottuvuus	Vauhdillinen yhden käden ulottuvuus	Heitto pään yli eteen 1 kg	Heitto pään yli eteen 3 kg	Jalkakyykky 1 TM	Rinnalleveto 1 TM	Penkkipunnerrus 1 TM	Yliveto 3 TM	Mekaaninen teho 0-15 s	Lihaskestävyyskuntopiirin pisteet
Kevennyshyppy	1,0										
Torjuntaulottuvuus	0,65*	1,0									
Vauhdillinen yhden käden ulottuvuus	0,79*	0,71*	1,0								
Heitto pään yli eteen 1 kg	0,45	0,37	0,23	1,0							
Heitto pään yli eteen 3 kg	0,36	0,43	0,54	0,82*	1,0						
Jalkakyykky 1 TM	0,57*	0,68*	0,69*	0,62*	0,54	1,0					
Rinnalleveto 1 TM	0,69*	0,60*	0,53*	0,35	0,41	0,62*	1,0				
Penkkipunnerrus 1 TM	0,27	0,19	0,16	0,72*	0,61	0,44	0,47	1,0			
Yliveto 3 TM	0,30	0,12	0,21	0,53	0,56	0,32	0,41	0,69*	1,0		
Mekaaninen teho 0-15 s	0,25	0,10	0,14	0,19	0,26	0,12	0,42	-0,21	0,06	1,0	
Lihaskestävyyskuntopiirin pisteet	0,18	-0,20	-0,04	0,05	0,13	0,34	0,27	0,08	0,22	0,45	1,0

## 8 POHDINTA

Tämän tutkielman kokeellinen osa oli luonteeltaan pitkittäinen harjoittelututkimus, jossa koehenkilöinä oli 11 SM-sarjatason mieslentopalloilijaa, jotka pelasivat samassa joukkueessa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lentopalloilijoiden maksimivoima-, nopeusvoima- ja kestovoimaominaisuuksia parantaa neljä kertaa viikossa toteutetun voimaharjoittelun avulla, sekä ylläpitää valmistavan kauden ja kilpailukauden syys- ja kevätkierroksen ajan kaksi kertaa viikossa toteutetun voimaharjoittelun avulla. Tulokset osoittavat, että yhdeksän viikon peruskuntokauden aikana neljä kertaa viikossa tehty voimaharjoittelu aiheutti kaikkien mitattujen voimaominaisuuksien tilastollisesti merkitsevän kehittymisen, ja että kaksi kertaa viikossa tehty voimaharjoittelu oli riittävä määrä ylläpitämään nämä voimaominaisuudet samalla tasolla yhteensä 33 viikkoa kestäneiden valmistavan kauden ja kilpailukauden syys- ja kevätkierroksen ajan.

Tutkimuksen voimaharjoittelu sisälsi maksimivoimaharjoituksia ja nopeusvoimaharjoituksia. Maksimivoimaharjoittelu koostui sekä hermostollisen maksimivoiman että hypertrofisen maksimivoiman harjoittamisesta. Sarjapalautukset olivat aina vähintään kaksi minuuttia. Tulosten mukaan miespelaajien maksimi- ja nopeusvoiman säilyttäminen lentopallon valmistavan kauden ja kilpailukauden aikana on mahdollista, kun sekä maksimivoimaharjoituksen että nopeusvoimaharjoituksen taajuus on yksi harjoitus seitsemän päivän välein. Toisaalta myös harvempi maksimivoima- ja tiheämpi nopeusvoimaharjoittelu näyttäisi riittävän, koska voimaominaisuudet säilyivät kilpailukauden kevätkierroksen ajan tilastollisesti muuttumattomina yhdeksän päivän välein tehdyn maksimivoimaharjoituksen ja viiden päivän välein tehdyn nopeusvoimaharjoituksen avulla.

Vertikaalihyppykorkeudet kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi peruskuntokauden aikana ja kehitystrendi jatkui edelleen valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskauden ajan, vaikkakin tilastollisesti merkitsevää kehitys oli enää vain lajinomaisissa ulottuvuushyppyissä. Mahdollisina syinä hyppyn kehittymiseen valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen aikana lienee toisaalta hyppyjä sisältävän harjoittelun määrän lisääntyminen lajiharjoitusten ja otteluiden osuuden kasvun myötä, ja toisaalta määrällisesti keventynyt voimaharjoittelu. Voimaharjoittelun kokonaisvolyymien lasku ja paino-

tuksen siirtyminen nopeusvoimaharjoittelun suuntaan saattaa nimittäin aiheuttaa teho- ja nopeusominaisuuksien parantumista, jolloin lentopalloilijan vertikaalihypyjen nousukorkeus lisääntyy (Newton ym. 1999, Newton ym. 2006). Tehontuoton lisääntymisestä vertikaalihypyjen yhteydessä kertoo myös 15 sekunnin hyppelytestin tulos, joka parani valmistavan kauden ja kilpailukauden aikana. Sen sijaan 30 sekunnin aikana tuotettu hyppyteho ei muuttunut. Lyhyempi testi onkin lajinomaisempi suoritus lentopallossa, jossa palloralli kestää keskimäärin vain muutaman sekunnin ja suoritus on alaktinen (Gionet 1980).

Tässä tutkimuksessa ei mitattu voimantuottoa ajan funktiona tai lihasaktiivisuuksia lihassähkökäyrä (EMG) -menetelmällä hyppytestien yhteydessä, joten suorituskyky muutujien kehittymistä selittäviä mahdollisia mekanismeja voidaan arvioida vain aiemmin julkaistujen tutkimusten perusteella. Vertikaalihypyjen nousukorkeuden parantuminen voi johtua voimantuottonopeuden lisääntymisestä jolloin maksimivoima ei välttämättä muutu, mutta lihasten supistuessa maksimaalisesti tietty voimataso saavutetaan nopeammin kuin ennen harjoittelua. Tämä on normaali vaste nopeusvoima- ja plyometrisessä harjoittelussa ja liittyy hyppykyvyn parantumiseen (Häkkinen ym. 1985). Tällöin maksimaalinen tahdonalainen lihasaktivaatio on parantunut, mikä näkyy voimantuottonopeuden lisäksi keskimääräisen EMG-amplitudin kasvuna voimantuoton alussa ennen kuin maksimaalinen voimataso ja EMG-amplituditaso on saavutettu. Voimaharjoittelun aiheuttamaa EMG-aktiivisuuden nousua selittäviä hermostollisia adaptaatiomekanismeja ovat uusien motoristen yksiköiden rekrytointi, aktiopotentiaali tiheyden kasvu liikehermosolun aksonissa ja motoristen yksiköiden synkronisaation parantuminen (Sale 1991). Hermostollisten tekijöiden lisäksi nopeusvoimaharjoittelu saattaa parantaa hypyissä tarvittavaa nopeaa voimantuottokykyä lisäämällä nopeiden lihassyiden pinta-alaa suhteessa hitaiden lihassyiden pinta-alaan (Häkkinen ym. 1985). Plyometrinen harjoittelu ja voimaharjoittelu yhdessä kehittää myös lihas-jänne –kompleksin suorituskykyä venymislyhenemis –syklin sisältävissä suorituksissa (Lyttle ym. 1996). Nopeat esikevennyksen sisältävät vertikaalihypyt, kuten lentopallon lajihypyt, ovat juuri tällaisia suorituksia.

Torjunta- ja vauhdillisen ulottuvuushypyn parantuminen valmistavan kauden ja kilpailukauden syyskierroksen aikana saattoi johtua osittain käsiheilahduksen tekniikan kehittymisestä. Käsiheilahduksen nopeus ja kuroituksen oikea-aikaisuus hypyn lakikorkeudessa luultavasti paranivat näissä lajisuurituksissa johtuen lajiharjoittelun määrän lisäänty-

misestä. Ulottuvuushypyt ovatkin hyvin lajinomaisia testejä lentopalloilijalle, mutta luotettavammin vertikaalihypyissä tarvittavasta nopeusvoimasta kertoo kädet lanteilla ja ilman vauhtiaskeleita suoritettu hyppy, jossa suoritus on helpompi vakioida (Kyröläinen 2004). Tällöin suoritustekniikan erojen osuus tuloksen selittäjänä vähenee.

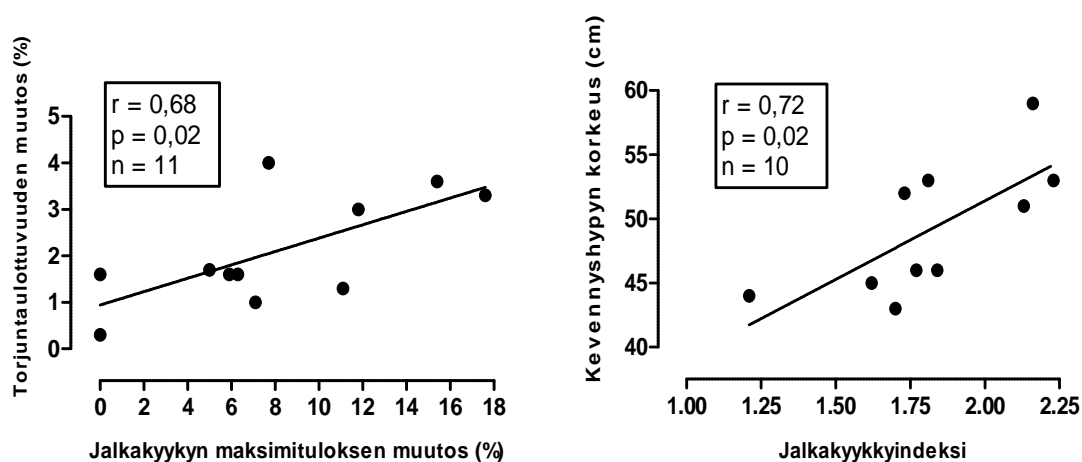
Kuntopallon heitto pään yli eteen on yleisesti lentopalloilijoilla käytetty nopeusvoimatesti, koska liike muistuttaa yläkierteistä hyppysyöttöä ja iskulyöntiä. Heittotulokset paransivat merkittävästi peruskuntokauden aikana, kun nopeusvoimaharjoittelu sisälsi mm. heittoa. Tulokset pysyivät valmistavan kauden ja kilpailukauden ajan tilastollisesti muuttumattomina. Myös siirtymäkauden ajan, jolloin heitto- tai muuta nopeusvoimaharjoittelua ei ollut lainkaan, heittotulokset säilyivät. Heittotekniikan parantuminen saattoi olla osasy s tulosten kehittymiseen harjoittelun alussa peruskuntokaudella. Luotettavammin lajissa tarvittavaa nopeusvoimaa voitaisiin mahdollisesti testata lentopallonlyöntinopeutta mittaamalla esim. tutkan tai valoportin avulla (Forthomme ym. 2005). Olisi myös mielenkiintoista tutkia, korreloisiko tällaisen mittauksen tulokset kuntopallonheitto tulosten kanssa.

Maksimivoima kehittyi kaikissa mitatuissa liikkeissä peruskuntokauden aikana ja säilyi tilastollisesti samalla tasolla valmistavan kauden ja kilpailukauden ajan. EMG-mittauksia ei tässä tutkimuksessa tehty, mutta mahdollisista adaptaatiomekanismeista maksimaalisen tahdonalaisen lihasaktiivisuuden parantuminen on todennäköinen maksimivoiman lisääntymisen selittäjä, koska lihahypertrofiaa ei käytettyjen antropometristen mittausten perusteella tapahtunut tai se oli hyvin vähäistä. Lentopalloilijalle onkin olennaisempaa, että voiman ja lihaksen poikkipinta-alan suhde on korkea, kuin lihasmassan määrä. Kilpailukauden aikana voimaharjoituksissa käytettiin yli 80 % kuormia maksimista, mikä johtaa pääasiassa hermostollisiin adaptaatiiovasteisiin eikä lihaskudoksen proteiinisynteesiä stimuloivien anabolisten hormonien erityis lisääntymistä siinä määrin kuin hypertrofisessa voimaharjoittelussa (Kraemer ym. 1996).

Maksimivoiman on aiemmin osoitettu olevan yksi vertikaalihyppyjen nousukorkeuteen vaikuttava tekijä urheilijoilla (mm. Häkkinen 1993a, Hedrick & Anderson 1996, Ugarkovic ym. 2002, Wisloff ym. 2004, Sheppard ym. 2008). Myös tämän tutkimuksen tulosten perusteella maksimivoima näyttäisi olevan jossain määrin merkityksellinen ominaisuus vertikaalihyppykyvyn kannalta, sillä ala- ja keskivartalon maksimivoiman kehitty-



minen jalkakyykyllä ja raa'alla rinnallevedolla mitattuna oli yhteydessä kevennyshypyn ja lajinomaisten ulottuvuushyppyjen kehittymiseen (taulukko 10 ja kuva 6). Korrelaatiot eivät ole erityisen vahvoja ( $r = 0,53-0,69$ ), mutta kuitenkin tilastollisesti merkitseviä ( $p = 0,02-0,05$ ). Pelkkä jalkojen maksimivoima ei kuitenkaan välttämättä takaa lentopalloilijalle hyvää ponnistuskykyä hyppyissä, vaan olennaista on voimataso suhteessa kehon painoon. Kun jalkakyykyyn maksimitulos jaettiin kehon painolla, saatiin jalkakyykyindeksi, joka korreloi positiivisesti kevennyshypyn nousukorkeuden kanssa. Korrelaatiokerroin oli  $0,72$  ( $p = 0,02$ ) (kuva 6). Lentopalloilijan valmennuksessa ei olekaan tarkoituksenmukaista asettaa tavoitteeksi joitain tiettyjä absoluuttisia voimatuloksia, vaan suhteuttaa voima pelaajan yksilölliseen kehon painoon. Siksi ns. indeksitulokset ovat käytökelpoinen tapa kuvata lentopalloilijan suorituskkyä maksimivoiman suhteen.



KUVA 6. Vasemmalla yksilöllisten muutosten suhde jalkakyykyyn maksimituloksen ja torjuntaulottuvuuden välillä. Muutokset on laskettu mittausten 3 ja 1 tulosten erotuksena. Oikealla jalkakyykyindeksin ( $[\text{jalkakyykyyn maksimitulos}]/[\text{kehon paino}]$ ) ja kevennyshyppykorkeuden välinen suhde. Tulokset on mitattu kilpailukauden syys- ja kevätkierroksen välissä (mittaus 3).

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kaksi kertaa viikossa tehty voimaharjoitus on riittävä määrä ylläpitämään mieslentopalloilijan voimaominaisuudet kilpailukauden ajan, ja että maksimivoimaharjoituksen frekvenssi yksi harjoitus kerran yhdeksässä päivässä riittää maksimivoiman säilyttämiseen. Aiempien tutkimusten perusteella tiedetään, että joukkuepalloilijoiden maksimivoimatasot tulee pyrkiä kilpailukauden aikana säilyttämään, jotta lajin kannalta tärkeät nopeusvoima- ja teho-ominaisuudet säilyisivät (mm. Häkkinen 1988, Hoffman ym. 1991, Häkkinen 1993a). Tämä vaatii voimaharjoittelussa yli 80 % kuormia maksimista (Hoffman & Kang 2003). Toisaalta myös nopeusvoima-

harjoittelua pitää kilpailukauden ajan tehdä, jotta esim. hyppyjen kannalta olennaista voimantuottonopeutta pystytään kehittämään tai ylläpitämään (Newton ym. 2006).

Lajiharjoittelun ja kokonaiskuormituksen rajoittamisen kannalta on sitä parempi, mitä vähemmällä voimaharjoituksilla kilpailukaudella selvittää. Nopeusvoimaharjoittelun tulisi olla pääosassa ja hermostollisia tai hypertrofisia maksimivoimaharjoituksia tulisi tehdä vain sen verran, mikä on välttämätöntä maksimivoiman ja lihasmassan säilyttämisen kannalta, koska maksimivoimaharjoitus usein haittaa 1-3 päivän ajan lajiharjoittelua ja etenkin nopeita tehosuorituksia mm. aiheuttamansa lihaskivun takia (Bompa & Carrera 2003). Maksimi- ja hypertrofiset voimaharjoitukset tulisikin sijoittaa kilpailukauden viikko-ohjelmassa alkuvuokseen, jos ottelupäivä on viikonloppuna.

Kun maksimivoima-, nopeusvoima- ja lajiharjoittelussa pidettiin neljän viikon tauko siirtymäkaudella, havaittiin pelaajien suorituskyyvyssä tilastollisesti merkitsevää heikentymistä maksimi- ja nopeusvoimaominaisuuksien osalta. Kaikki vertikaalihyppy heikentyivät ja lisäksi maksimivoimaliikkeiden osalta heikentyi jalkakyykkytulos. Näyttäisi siltä, että spesifin harjoitusärsyksen puuttuessa lentopalloilijan hyppykyky heikentyy nopeammin kuin maksimivoima. Hyppyykorkeudet ja -ulottuvuudet nimittäin putosivat torjuntahyppyykorkeutta lukuun ottamatta tutkimuksen ja harjoittelun aloitusta edeltäneelle tasolle, mutta jalkakyykyn maksimitulos laski vähemmän ja muissa liikkeissä maksimivoima säilyi tilastollisesti muuttumattomana siirtymäkauden ajan.

Kerran viikossa tehty voimaharjoitus 50-70 % kuormalla saattaa siis riittää lyhyen siirtymäkauden ajan säilyttämään lentopalloilijan maksimivoimatason, mutta jalkakyykkytulos laskee jo hieman neljän viikon aikana. Vertikaalihyppyjen korkeuden säilyttäminen sen sijaan näyttäisi vaativan kovempaa hermostollista ärsykettä ja tulokset laskevat voimakkaasti jo neljän viikon aikana, jos plyometrasta, nopeusvoima- ja maksimivoimaharjoittelua ei tehdä. Näin ollen voimaharjoittelutauko saattaa heikentää nopeusvoimaominaisuuksia nopeammin kuin maksimivoimaa aiemmin nopeusvoimaa harjoitelleilla ja paljon vertikaalihyppyjä tehneillä lentopalloilijoilla, kun taas pelkästään maksimi- ja hypertrofista voimaharjoittelua aiemmin tehneillä henkilöillä maksimivoima laskee, mutta voimantuottonopeus ei muutu voimaharjoittelutauon aikana (Häkkinen ym. 1981, Häkkinen ym. 1985b). Näyttäisi siis siltä, että voimaharjoittelutauon vaikutus voimantuoton säätelymekanismeihin on ainakin osittain spesifinen eli aiemmin eniten harjoitet-

tu ja adaptoitunut suorituskykyominaisuus heikkenee ensin, kun hermolihäsjärjestelmälle voimaharjoittelun myötä annettu ärsyke loppuu tai vähenee riittävästi. Sekä hermostolliset että lihassolutasolla tapahtuvat mekanismit selittävät voimaominaisuuksien heikentymistä. Maksimaalisen tahdonalaisen lihassupistuksen ja räjähtävän voimantuoton aikainen keskimääräinen EMG-amplitudi laskee ja EMG-aktiivisuus-aika -käyrä loivenee sekä lihassolujen poikkipinta-ala pienenee (Narici ym. 1989). Kehittyvän lentopalloilijan valmennuksessa siirtymäkauden kevyt voimaharjoittelujakso ei näin ollen saisi olla liian pitkä, jotta uusi peruskuntokausi päästäisiin aloittamaan suorituskyvyn ollessa parempi kuin vuotta aikaisemmin.

Tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollista käyttää kontrolliryhmää, mutta mitattujen muuttujien säilyminen samalla tasolla ennen harjoittelun aloittamista olleen viiden viikon kontrollijakson aikana osoittaa harjoittelun vaikuttavuuden. Tarkasteltavien suorituskykymuuttujien toistettavuus voidaan osoittaa sisäisen korrelaation avulla käyttäen kontrollijakson alussa ja lopussa mitattuja muuttujien arvoja (Kraemer 2005). Kaikkien tässä tutkimuksessa tarkasteltujen suorituskykymuuttujien toistettavuus osoitettiin sisäisen korrelaation avulla. Lisäksi kontrollijakson alku- ja loppumittausten välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja mitattujen suorituskykymuuttujien keskiarvoissa. Näin ollen suorituskykymuuttujien muutoksia voidaan luotettavasti pitää harjoittelusta johtuvina. Julkaistuissa joukkuepallolajien kilpailukauden voimaharjoittelututkimuksissa on ollut vain harvoin mahdollisuus kontrolliryhmän käyttöön johtuen vaikeudesta löytää muilta ominaisuuksiltaan samankaltainen kontrollijoukkue sekä harjoittelu-kontrolli -asetelman epäeettisyydestä kilpaurheilijoilla tehdyissä tutkimuksissa.

Tämän tutkimuksen tulosten olennainen merkitys käytännön valmentautumisen kannalta liittyy lentopalloilijan kilpailukauden voimaharjoittelun frekvenssin optimointiin nopeus- ja maksimivoimaharjoitusten suhteen. Kaksi kertaa viikossa tehty voimaharjoittelu on riittävä määrä vähintään ylläpitämään aiemmin voimaharjoittelua tehneiden mieslentopalloilijoiden voimaominaisuudet ja lihassmassa kilpailukaudella. Maksimivoima, kestovoima, pallonheittopituus ja vertikaalihyppykorkeus eivät laskeneet yhteensä 33 viikkoa kestäneiden valmistavan kauden ja kilpailukausien aikana, vaikka peruskuntokaudella voimaharjoitteluvolyymi oli ollut kaksinkertainen. Tulosten perusteella voimaharjoittelun ohjelmointimallit, joissa maksimivoima- ja nopeusvoimaharjoittelun suhteet ovat 1:1 tai 1:2, näyttäisivät molemmat säilyttävän maksimi- ja nopeusvoiman kilpailu-

kauden aikana. Ohjelmointimalli, jossa nopeusvoimaharjoitus tehdään kerran viidessä päivässä ja maksimivoimaharjoitus kerran yhdeksässä päivässä säilyttää lentopalloilijan maksimivoimatason ja hyppykyvyn usean kuukauden ajan. Maksimi- ja nopeusvoiman säilymisen kannalta maksimivoimaharjoitusta ei siis tarvitse tehdä joka viikko, jos nopeusvoimaharjoitus tehdään riittävän usein. Siirtymäkaudella jo neljän viikon tauko nopeusvoima- ja maksimivoimaharjoittelussa voi olla liian pitkä lentopalloilijan vertikaali-hyppykyvyn säilymisen kannalta.

## 9 LÄHTEET

- Adams K, O'Shea J, O'Shea K & Climstein M. 1992. The effects of six weeks of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl Sport Sci Res* 6(1), 36-41.
- Allerheiligen B. 2003. In-season strength training for power athletes. *Strength Cond J* 25 (3), 23-8.
- Ashley CD & Weiss LW. 1994. Vertical jump performance and selected physiological characteristics of women. *J Strength Cond Res* 8, 5-11.
- Asmussen E & Bonde-Petersen F. 1974. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiol Scand* 91, 385-93.
- Avela J, Kyröläinen H & Komi PV. 1999. Altered reflex sensitivity due to repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Phys* 86 (4), 1283-91.
- Bahr R. 2003. Injury prevention. Teoksessa Reeser JC & Bahr R (toim.) *Handbook of sports medicine and science, Volleyball*. Blackwell Science Ltd, 94-106.
- Bahr R & Bahr IA. 1997. Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scand J Med Sci Sports* 7, 166-171.
- Baker D. 2000. The in-season maintenance of strength and power in elite rugby league players. *Strength & Conditioning Coach* 8(3), 5-10.
- Baker D. 2001. The effects of an in-season of concurrent training on the maintenance of maximal strength and power in professional and college-aged rugby league football players. *J Strength Cond Res* 15(2), 172-177.
- Ball TE, Massey BH, Misner JE, McKeown BC & Lohman TG. 1992. The relative contribution of strength and physique to running and jumping performance of boys 7-11. *J Sports Med Phys Fitness* 32(4), 364-371.
- Black B. 1995. Conditioning for volleyball. *Strength and conditioning* 17(5), 53-55.
- Bompa T. 1996. *Power Training for Sport: Plyometrics for Maximum Power Development*. Mosaic Press, Coaching Association of Canada, Oakville, WA.
- Bompa T. 1999a. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics, Champaign, IL, 215-225.
- Bompa T. 1999b. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics,

Champaign, IL, 226-236.

Bompa TO & Carrera MC. 2003. Peak conditioning for volleyball. Teoksessa Reeser JC & Bahr R (toim.) Handbook of sports medicine and science, Volleyball. Blackwell Science Ltd, 29-44.

Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. 1983. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol* 50, 273-82.

Bradley-Popovich GE. 2001. Nonlinear versus linear periodization models. *Strength & Conditioning Journal* 23 (1), 42-44.

Bredeweg S. 2003. The elite volleyball athlete. Teoksessa Reeser JC & Bahr R (toim.) Handbook of sports medicine and science, Volleyball. Blackwell Science Ltd, 183-91.

Briner WW jr & Kacmar L. 1997. Common injuries in volleyball. Mechanisms of injury, prevention and rehabilitation. *Sports Med* 24(1), 65-71.

Burkhardt E & Garhammer J. 1987. Biomechanical comparison of hang clean and vertical jumps. *J Appl Sports Sci Res* 2(3), 57.

Caterisano A, Patrick BT, Edenfield WL & Batson MJ. 1997. The effects of a basketball season on aerobic and strength parameters among college men: starters vs. reserves. *J Strength Cond Res* 11(1), 21-24.

Chu D & Panariello R. 1987. Jumping into Plyometrics. *NSCA Journal* 9(2), 73.

Chung CS, Shin IS & Khoi KJ. 1990. Three-dimensional kinematics of the striking arm during the volleyball spike. *Kor J Sport Sci* 2, 124-51.

Cisar C & Corbelli J. 1989. The volleyball spike: a kinesiological and physiological analysis with recommendations for skill development and conditioning programmes. *NSCA Journal* 11, 4-8, 76-81.

Clutch D, Wilton M, McGowan C & Bryce GR. 1983. The effect of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Res Q* 54(1), 5-10.

Coleman SG, Benham AS & Northcott SR. 1993. A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *J Sport Sci* 11 (4), 295-302.

Coutts KD. 1982. Kinetic differences of two volleyball jumping techniques. *Med Sci Sports Exerc* 14(1), 57-59.

Cross T. 1993. Rationale and coaching points for Olympic-style lifting to enhance volleyball performance. *NSCA Journal* 15 (6), 59-61.

Duke S & BenEliyahu D. 1992. Plyometrics: Optimizing athletic performance through the development of power as assessed by vertical leap ability: An observational study. *Chiropractic Sports Med* 6(1), 10-15.

- Durnin JVGA & Womersley J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutrition* 32, 77-97.
- Filin VP, Kasatkin AN & Maksimenko GN. 1977. Vzaimosvjaz fiziceskih kacestv, tehniceskoj pedgotovlenosti i sportivnogo rezuljtata volejbolistov razlicnogo vozrasta. *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kuljturi* 5, 16-22.
- Fleck SJ. 1999. Periodized strength training: a critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13, 82-89.
- Fleck SJ, Case S, Puhl J & van Handle P. 1985. Physical and physiological characteristics of elite women volleyball players. *Can J Appl Sport Sci* 10(3), 122-126.
- Forthomme B, Croisier JL, Ciccarone G, Crielaard JM & Cloes M. 2005. Factors correlated with volleyball spike velocity. *Am J Sport Med* 33 (10), 1513-9.
- Fry AC, Kraemer WJ, Weseman CA, Conroy BP, Gordon SE, Hoffman JR & Maresh CM. 1991. The effects of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *J Appl Sport Sci Res* 5(4), 174-181.
- Fry RW, Morton AR & Keast D. 1992. Periodization and the prevention of overtraining. *Can J Sport Sci* 17, 241-248.
- Gadeken SB. 1999. Off-season strength, power and plyometric training for Kansas State volleyball. *Strength & Conditioning Journal* 21(5), 49-55.
- Gamble P. 2006. Periodization of training for team sports athletes. *Strength & Conditioning Journal* 28 (5), 56-66.
- Garhammer J 1993. A review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance prediction and evaluation tests. *J Strength Cond Res* 7, 76-89.
- Gastin PB. 2001. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 31(10), 725-741.
- Gionet N. 1980. Is volleyball an aerobic or an anaerobic sport? *Volleyball Techn J* 5(1), 31-36.
- Gladden BL & Colacino D. 1978. Characteristics of volleyball players and succes in a national tournament. *J Sports Med* 18, 57-64.
- Hasegawa H, Dziados J, Newton RU, Fry AC, Kraemer WJ & Häkkinen K. 2002. Periodized training programmes for athletes. *Teoksessa Kraemer WJ & Häkkinen K (toim.)*

- Handbook of sports medicine and science, Strength training for sport. Blackwell Science Ltd, 108-115.
- Hedrick A & Anderson JC. 1996. The vertical jump: a review of the literature and a team case study. *Strength and Conditioning* 18(1), 7-12.
- Heimer S, Misigoj M & Medved V. 1988. Some anthropological characteristics of top volleyball players in SFR Yugoslavia. *J Sports Med Phys Fitness* 28(2), 200-208.
- Hickson R. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 45, 255-63.
- Hoffman JR & Kang J. 2003. Strength changes during an in-season resistance training program for football. *J Strength Cond Res* 17 (1), 109-14.
- Hoffman JR, Fry AC, Howard R, Maresh CM & Kraemer WJ. 1991. Strength, speed and endurance changes during the course of a division I basketball season. *J Appl Sport Sci Res* 5(3), 144-149.
- Häkkinen K. 1988. Effects of the competitive season on physical fitness profile in elite basketball players. *Journal of Human Movement Studies* 15, 119-128.
- Häkkinen K. 1989. Maximal force, explosive strength and speed in female volleyball and basketball players. *Journal of Human Movement Studies* 16, 291-303.
- Häkkinen K. 1993a. Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *J Sports Med Phys Fitness* 33(3), 223-32.
- Häkkinen K. 1993b. Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *J Sports Med Phys Fitness* 33(1), 19-26.
- Häkkinen K, Alen M & Komi PV. 1985b. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 125, 573-585.
- Häkkinen K, Komi PV & Alen M. 1985a. Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiol Scand* 125, 587-600.
- Häkkinen K, Komi PV & Tesch PA. 1981. Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fibre, and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scand J Sports Sci* 3, 50-58.
- Häyrynen M. 2007. Fyysisten ominaisuuksien, taidon ja taktiikan harjoittelu lentopallossa. KIHU, Jyväskylä. <http://www.kihu.fi/tuotokset/haku/index.php?hae>. 09.07.2009
- Häyrynen M, Blomqvist M, Lahtinen P & Honkanen P. 2006. Pelitaitojen kehittäminen



lentopallossa. KIHU, Jyväskylä. <http://www.kihu.fi/tuotokset/haku/index.php?hae>. 09.07.2009.

Häyrinen M, Hoivala T & Luhtanen P. 2000a. Mieslentopallon nykytila lajiansalyysin kannalta – osa I, Valmennus X-Press 1, 23-27.

Häyrinen M, Hoivala T & Luhtanen P. 2000b. Mieslentopallon nykytila lajiansalyysin kannalta – osa II Valmennus X-Press 2, 21-23.

Häyrinen M, Hoivala T & Luhtanen P. 2000c. Mieslentopallon nykytila lajiansalyysin kannalta – osa III Valmennus X-Press 3, 19-21.

Kansal DH, Verma SK, Sidhu LS & Sohal MS. 1983. Physique of hockey, kabbadi, basketball and volleyball players. Sports Med 23, 194-200.

Komi PV. 1983. Elastic potentiation of muscle and its influence on sport performance. Teoksessa Baumann W (toim.) Biomechanics and performance in sport. Karl Hoffmann Verlag, Schorndorf, 59-70.

Kovaleski JE, Parr RB, Hornak JE & Roitman JL. 1980. Athletic profile of women college volleyball players. Phys Sports Med 8, 112-8.

Kraemer WJ. 2005. The body of knowledge: Use and professionalism. Strength Cond J 27, 33-5.

Kraemer WJ, Fleck S & Evans WJ. 1996. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. Teoksessa Holloszy JO (toim.) Exercise and sport sciences reviews 24. Williams & Wilkins, Philadelphia, 363-397.

Kraemer WJ & Newton RU. 2000. Training for muscular power. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America 11, 341-368.

Kraemer WJ & Nindl BC. 1998. Factors involved with overtraining for strength and power. Teoksessa Kreider RB, Fry AC & O'Toole ML (toim.) Overtraining in sport. Human Kinetics Champaign, IL, 69-86.

Kraemer WJ, Patton JF, Gordon SE, Harman EA, Deschenes MR, Reynolds K, Newton RU, Triplett NT & Dziados JE. 1995. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. J Appl Physiol 78, 976-89.

Kunstlinger U, Ludwig HG & Stegemann J. 1987. Metabolic changes during volleyball matches. Int J Sports Med 8(5), 315-322.

Kutzer B. 1995. Volleyball: strength training periodization through volume control. Strength and Conditioning 17(3), 34-39.

Kyröläinen H. 2004. Nopeusvoima. Teoksessa Keskinen KL, Häkkinen K & Kallinen M

- (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellinen Seura. Tammer-paino oy, Tampere, 149-157.
- Lecompte J-C & Rivet D. 1979. Tabulated data on the duration of exchanges and stops in a volleyball game. *Volleyball Techn J* 4(3), 87-91.
- Leveritt M & Abernethy PJ. 1999. Acute effects of high-intensity endurance on subsequent resistance activity. *J Strength Cond Res* 13, 47-51.
- Lyttle AD, Wilson GJ & Ostrowski KJ. 1996. Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometric training. *J Strength Cond Res* 10, 173-179.
- Malina RM & Shoup RF. 1985. Anthropometric and physique characteristics of female volleyball players at three competitive levels. *Humanbiologia Budapestinensis, physique and body composition* 16, 22-6.
- Marques MC, Gonzales-Badillo JJ, Cunha P, Domingos P & Santos M. 2004. Changes in strength parameters during twelve competitive weeks in top volleyball players. *Int J Volleyball Res* 6 (1), 23-28.
- Marques MC & Gonzales-Badillo JJ. 2006. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res* 20 (3), 563-71.
- Marques MC, Van Den Tillaar R, Vescovi JD & González-Badillo JJ. 2008. Changes in strength and power performance in elite senior female professional volleyball players during the in-season: a case study. *J Strength Cond Res* 22(4), 1147-55.
- Miller BP. 1982. The effects of plyometric training on the vertical jump performance of adult female subjects. *Br J Sports Med* 16(2), 113.
- Narici M, Roi G, Landoni L, Minetti A & Ceretelli P. 1989. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol* 59, 310-319.
- Nelson AG, Arnall DA, Loy SF, Silvester LJ & Conlee RK. 1990. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys Ther* 70, 287-94.
- Newton RU, Kraemer WJ & Häkkinen K. 1999. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sports Exerc* 31(2), 323-330.
- Newton RU, Rogers RA, Volek JS, Häkkinen K & Kraemer WJ. 2006. Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *J Strength Cond Res* 20(4), 955-961.
- Ongley B & Hopley A. 1981. Comparison between state level and non-state level Western Australian volleyball players. *Sports Coach (Australia)* 51, 30-35.

- Piper TJ. 1997. In-season strength/power mesocycle for women's collegiate volleyball. *Strength & Conditioning* 19(3), 21-25.
- Podolsky A, Kaufman KR, Cahalan TD, Aleshinsky SY & Chao EY. 1990. The relationship of strength and jump height in figure skaters. *Am J Sports Med* 18(4), 400-405.
- Powers ME. 1996. Vertical jump training for volleyball. *Strength & Conditioning* 18(1), 18-23.
- Pozzi A. 2008. Professional player summer training. Suomen Lentopalloliitto. <http://www.lentopalloliitto.fi/lentopalloliitto/materiaalisalkku/>. 05.07.2008.
- Pääsuke M, Ereline J & Gapeyeva H. 2001. Knee extension strength and vertical jumping performance in nordic combined athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 41(3), 354-61.
- Robergs RA, Ghiasvand F & Parker D. 2004. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 287(3), R 502-516.
- Robertson DGE & Fleming D. 1987. Kinetics of standing broad and vertical jumping. *Can J Sports Sci* 12(1), 19-23.
- Rodionova AF & Plahtienko AV. 1976. Energetika volejbola. *Teorija i Praktika Fiziceskoj Kuljturi* 12, 20-23.
- Rogers R, Newton R, Kraemer W, Volek J & Popper E. 2001. In-season strength and power changes in female NCCA Division I volleyball players accompanying periodized strength and ballistic training. *J Strength Cond Res* 15(3), 398.
- Rokito AS, Jobe FW, Pink MM, Perry J & Brault J. 1998. Electromyographic analysis of shoulder function during the volleyball serve and spike. *J Shoulder Elbow Surg* 7 (3) 256-63.
- Sale DG. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi PV (toim.) *Strength and power in sport: the encyclopaedia of sports medicine*. Blackwell science Ltd, Oxford, 249-265.
- Sale DG, Jacobs I, MacDougal JD & Garner S. 1990. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 22, 348-56.
- Saliba L & Hrysomallis C. 2001. Isokinetic strength related to jumping but not kicking performance of Australian footballers. *J Sci Med Sport* 4(3), 336-47.
- Schmidt R. 1999. In-season maintenance strength program for the volleyball athlete. *Performance Conditioning Volleyball* 7(1), 2-3,11.
- Semenick D & Adams K. 1987. The vertical jump: A kinesiological analysis with recommendations for strength and conditioning programming. *NSCA Journal* 9(3), 5-9.

- Sheppard JM, Cronin JB, Gabbet TJ, McGuigan MR, Etxebarria N, Newton RU. 2008. Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Res* 22 (3), 758-65.
- Smith D, Roberts D & Watson B. 1992. Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *Journal of Sports Science* 10, 131-138.
- Strahonja A. 1980. Specificne antropoloske karakteristike odbojke. *Elaborat Instituta za Kineziologiju FFK, Zagreb* 1, 8-14.
- Suomen Lentopalloliitto. 2009. <http://www.lentopalloliitto.fi>. 09.07.2009.
- Ugarkovic D, Matavulj D, Kukulj M & Jaric S. 2002. Standard anthropometric, body composition, and strength variables as predictors of jumping performance in elite junior athletes. *J Strength Cond. Res* 16(2), 227-30.
- Wathen D, Baechle TR & Earle RW. 2000. Training variation: Periodization. *Teoksessa Baechle TR & Earle RW (toim.) Essentials of strength training & conditioning. Human Kinetics, Champaign, IL*, 513-27.
- Wielki CZ. 1964. Problem wysokosci siatki w swietle badan nad reprezentacjami panstwowymi. *Polski Zwiazek Pilki Siatkowej, Warszawa* 10, 11-14.
- Viitasalo JT, Rusko H, Pajala O, Rahkila P, Ahila M & Montonen H. 1987. Endurance requirements in volleyball. *Canadian Journal of Sport Science* 12(4), 194-201.
- Wilmore JH & Costill DL. 2004. *Physiology of Sport and Exercise. Human Kinetics, Champaign, IL*, 295.
- Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R & Hoff J. 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38(3), 285-288.
- Voigt M, Dyhre-Poulsen P & Simonsen EB. 1998. Stretch-reflex control during human hopping. *Acta Physiologica Scandinavica* 163(2), 181-194.
- Yamauchi J & Ishii N. 2007. Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 21(3), 703-709.
- Zetou E, Tsigilis N, Moustakidis A & Komninakidou A. 2006. Playing characteristics of men's Olympic Volleyball teams in complex II. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 6(1), 172-177.
- Øystein L, Refsnes P-E, Engebretsen L & Bahr R. 2003. Performance Characteristics of Volleyball Players with Patellar Tendinopathy. *Am J Sport Med* 31, 408-413.