

**KORKEUSHYPPÄJIEN SUORITUSKYKY JA KEHON  
KOOSTUMUS HARJOITUS- JA KILPAILUKAUDELLA**

Anita Haapasaari

Kandidaatin tutkielma VTE.A006

Kevät 2006

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Heikki Kyröläinen

## TIIVISTELMÄ

Anita Haapasaari. 2006. Korkeushyppääjien kehon koostumus ja suorituskyky harjoitus- ja kilpailukaudella. Valmennus- ja testausopin kandidaatintutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. 33 sivua.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kehon koostumuksessa ja suorituskyvyssä tapahtuvia muutoksia suomalaisilla korkeushyppäjillä. Koehenkilöinä oli kolme mieskorkeushyppääjää, joiden jokaisen tuloksia tarkasteltiin yksittäin. Mittaukset tehtiin kilpailuun valmistavalla, kilpailu- ja peruskuntokaudella. Seurattavia muuttujia olivat paino, rasvaprosentti, eri vertikaalihypyt ja juoksunopeus. Myös hyppääjien somatotyyppi määritettiin.

Kahdella kolmesta hyppääjästä paino oli pienin kilpailukaudella. Kaikkien koehenkilöiden rasvaprosentti oli pienin peruskuntokaudella. Somatotyyppi oli mesomorfinen ektomorfi. Kevennys- ja staattisessa hypyssä parhaimmat tulokset saavutettiin kilpailu- ja peruskuntokaudella. Voima-nopeus -käyrissä ja pudotushyppytuloksissa ei havaittu kaikille hyppääjille yhteisiä muutoksia. Kahdella kolmesta hyppääjästä juoksunopeus oli parempi peruskuntokaudella kuin kilpailuun valmistavalla kaudella.

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan sanoa, että korkeushyppääjien kehon koostumuksessa ja suorituskyvyssä on eroja eri harjoituskausilla, mutta muutokset ovat pieniä ja jossain määrin urheilijakohtaisia.

Avainsanat: korkeushyppy, antropometria, suorituskyky

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	4
2 KORKEUSHYPYN OMINAISPIIRTEET.....	5
2.1 Korkeushyppytulosta määräävät tekijä.....	5
2.2 Fyysiset vaatimukset.....	7
3 VOIMANTUOTTO-OMINAISUUDET HARJOITUS- JA KILPAILUKAUDELLA	9
4 ANTROPOMETRISET OMINAISUUDET.....	10
4.1 Pituus ja paino.....	10
4.2 Rasvaprosentti.....	10
4.3 Somatotyyppi.....	10
4.4 Kehon koostumuksessa tapahtuvat muutokset harjoitusvuoden aikana.....	12
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, ONGELMAT JA HYPOTEEESIT.....	13
6 MENETELMÄT.....	14
6.1 Mittausten kulku ja koehenkilöt.....	14
6.2 Antropometria.....	14
6.3 Suorituskykytestit.....	15
6.4 Tulosten analysointi.....	16
7 TULOKSET.....	17
7.1 Antropometria.....	17
7.2 Suorituskyky.....	19

8 POHDINTA.....	23
8.1 Antropometria.....	23
8.2 Suorituskyky.....	26
8.3 Johtopäätökset.....	29
9 LÄHTEET.....	30
10 LIITTEET.....	32

# 1 JOHDANTO

Korkeushyppy on laji, jossa taidon ja räjähtävän voimantuoton ohella oma merkityksensä on myös kehon koostumuksella ja mittasuhteilla. Koska kehoa on liikutettava painovoimaa vastaan, pieni kehon massa on hyppääjälle eduksi. Lisäksi mahdollisimman suuri supistuvan kudoksen (lihassmassan) osuus kehon painosta ja mahdollisimman pieni rasvakudoksen määrä parantaa suhteellista voimantuottoa. Hyvät korkeushyppääjät ovatkin tyypillisesti kevyitä, pitkiä ja pitkäjalkaisia.

Paitsi ravinto myös harjoittelu vaikuttaa kehon koostumukseen. Korkeushyppääjien harjoitusmuodot ja -määrät sekä intensiteetti vaihtelevat eri harjoituskausilla. Peruskuntokaudella (lokakuusta joulukuuhun, maaliskuuhuhtikuuhun) harjoittelun painopiste on perusominaisuuksien (kestävyys, voima) kehittämisessä ja harjoitusmäärät ovat suuret. Maksimivoimaharjoittelun ansiosta lihaskudoksen määrä voi kasvaa. Kilpailuun valmistavalla kaudella (joulu-tammikuu, huhti-toukokuu) harjoittelun luonne muuttuu lajinomaisemmaksi. Samalla harjoitusmäärät vähenevät ja intensiteetti kasvaa. Voimaharjoittelun painopiste on räjähtävässä voimassa. Kilpailukaudella harjoittelu on melko vähäistä, mutta intensiteetti on suuri.

Eri lajien urheilijoiden kehon koostumusta on tutkittu paljon. Useimmissa yleisurheilijoita koskeneissa tutkimuksissa koehenkilöjoukon on muodostanut kaikkien hyppylajien urheilijat yhdessä. Korkeushyppääjät kuitenkin usein eroavat kehon koostumukseltaan ja ruumiinrakenteeltaan muiden hyppylajien urheilijoista.

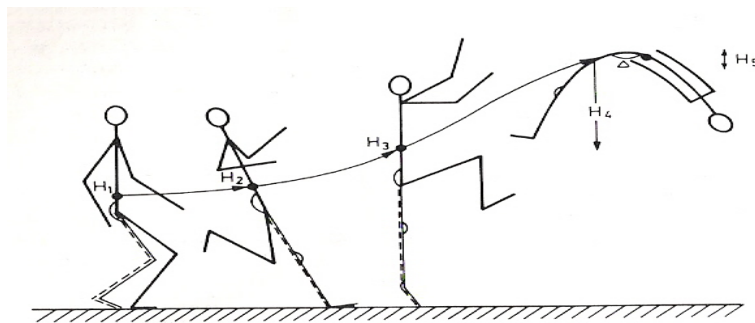
Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, tapahtuuko korkeushyppääjien suorituskyvyssä ja kehon koostumuksessa muutoksia harjoituskaudelta kilpailukaudelle. Lisäksi selvitetään suomalaisten korkeushyppääjien yleisin somatotyyppi.

## 2 KORKEUSHYPYN OMINAISPIIRTEET

### 2.1 Korkeushyppytulosta määrävät tekijät

Ylitettävän riman korkeus riippuu ponnistuskulmasta ja massakeskipisteen korkeudesta ponnistushetkellä. Massakeskipisteen nousukorkeuteen vaikuttaa sen vertikaalinen nopeus ponnistuksessa, joka puolestaan riippuu horisontaalisesta nopeudesta ja tehokkuudesta, jolla urheilija kääntää horisontaalisen nopeuden vertikaaliseksi. (Schweigert 2000.)

Massakeskipisteen optimaalisella liikeradalla viimeisten vauhtiaskelten ja ponnistuksen aikana on ratkaiseva merkitys suorituksen kannalta. Massakeskipisteen kulkua voidaan käsitellä ns. 5 H:n periaatteella (kuva 1). Suorituksen loppuvaiheessa on viisi kriittistä vaihetta, jolloin massakeskipisteen korkeudella erityisesti on merkitystä.



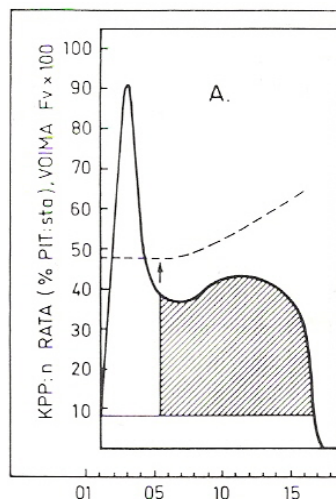
KUVA 1. Kehon painopisteen kulku korkeushypyssä ns. 5 H:n periaatteen mukaisesti (Aura 1984, 60).

H1 on massakeskipisteen korkeus toiseksi viimeisen askelkontaktin aikana. Tällöin se on alimmillaan koko hypyn aikana. H2 on massakeskipisteen korkeus ponnistuskontaktin alussa ja H3 ponnistuksen irtoamishetkellä. Massakeskipisteen tulisi nousta koko ajan H1:n ja H3:n välillä. Nousuun vaikuttavat tehosteiden (käsien ja vapaan jalan) käyttö, sivu- ja takakallistukset sekä polvi- ja lantiokulmat. H3:n korkeuteen vaikuttaa lisäksi jalkojen suhteellinen pituus hyppääjän koko kehon pituuteen verrattuna. Massakeskipisteen nousukorkeus ilmalennon aikana (H4) määräytyy vertikaalisen lähtönopeuden perusteella:

$h = v^2/2g$ , jossa  $v$  = vertikaalinen lähtönopeus,  $g=9.81 \text{ m/s}^2$ .

Viimeinen massakeskipisteen kulun kriittinen vaihe on rimanylityksessä (H5). Massakeskipisteen korkeus on tällöin positiivinen ja taloudellinen, kun massakeskipiste kulkee riman alitse. Tämän mahdollistaa optimaalinen rimanylityksen ajoitus sekä hyppääjän notkea selkä ja lantio. Jo pienikin virheliike voi muuttaa massakeskipisteen korkeuden positiivisesta negatiiviseksi (esimerkiksi leuan painaminen rintaan). (Aura 1984, s. 60–61.)

Massakeskipisteen nousuun ja hypyn korkeuteen vaikuttaa siis eniten vertikaalinen lähtönopeus, jonka on oltava mahdollisimman suuri. Tällöin keholle (massakeskipisteelle) on luotava mahdollisimman suuri positiivinen kiihtyvyys ylöspäin ponnistuksen aikana, eli voimaa on tuotettava ponnistavan jalan kautta ponnistusalustaan. Tätä kutsutaan impulssiksi, jossa mahdollisimman suuri pysty- ja vaakakiihtyvyyksien aiheuttama resultanttivoima tuotetaan mahdollisimman nopeasti (kontakti-aika 140–180 ms) (kuva 2). Vertikaalinen lähtönopeus määräytyy impulssiperiaatteen mukaisesti:  $Ft(\text{pos}) = mv \rightarrow v = Ft(\text{pos})/m + v(0)$ , jossa  $F$  = ponnistuksen vertikaalinen kontaktivoima,  $t(\text{pos})$  = ponnistuskontaktin positiivinen kontakti-aika (aika, jolloin massakeskipiste nousee),  $m$  = hyppääjän massa ja  $v(0)$  = massakeskipisteen vertikaalinen nopeus ponnistuskontaktin alkamishetkellä.



KUVA 2. Kehon painopisteen liikerata (---) ja vertikaalinen voima korkeushypyn ponnistusvaiheessa. Tummennettu alue kuvaa positiivista kontakti-aikaa (impulssi). (Aura 1984, 63.)

Vertikaaliseen kontaktivoimaan vaikuttavat tehosteiden kulkurata, ajoitus ja toiminta, nivelkulmat, massakeskipisteen kulkurata sekä hyppääjän elastisuus ja kyky tuottaa voimaa räjähtävästi. Positiivisen kontaktiajan suuruuteen vaikuttavat massakeskipisteen kulku toiseksi viimeisen askelkontaktin ja ponnistuksen irtoamisen välillä (H1–H3) sekä massakeskipisteen nousun nopeus H1:n ja H2:n välillä. Jos nousua tapahtuu koko ajan H1:n ja H2:n välillä,  $v(0)$  muodostuu positiiviseksi. Massakeskipisteen laskiessa  $v(0)$  on negatiivinen. Tällöin positiivisesta kontaktiajasta muodostuu lyhyempi kuin kokonaiskontaktiaika ja ponnistuksessa tuotetut voimatasot kasvavat. (Aura 1984, s. 61–63.)

Hyppääjän massa vaikuttaa ponnistuksessa tuotettaviin voimiin ( $F = mv/t(\text{pos})$ ) ja pituus massakeskipisteen sijaintiin ponnistuksen irrotessa (H3). Hyppääjän massan vaikutus ponnistuksen fyysisiin vaatimuksiin on huomattavasti suurempi kuin pituuden vaikutus. Mitä enemmän painoa on, sitä suuremmat ovat tuotetut voimat, kun tietyt biomekaaniset muuttujat (tekniikka) on vakioitu. Suhteessa yhden kilogramman painon lisääntyminen vastaa noin viiden senttimetrin pituuden lyhentymistä. (Aura 1984, s. 63–65.)

## 2.2 Fyysiset vaatimukset

Auran (1984) mukaan korkeushyppyä voidaan kuvata syklisteksi lajiksi, joka päättyy räjähtävään asykliseen voimantuottoon ja rentoon ilmalentoon. Korkeushypyn fyysiset vaatimukset voidaan luokitella hierarkisesti tärkeysjärjestyksessä. Tärkein ominaisuus on taito/tekniikka, jolla tarkoitetaan keskus- ja ääreishermoston sujuvaa yhteistyötä lihaksiston kanssa mahdollisimman sulavan ja tehokkaan suorituksen aikaansaamiseksi. Ensisijaisia ominaisuuksia ovat räjähtävä voima, elastisuus ja lajinomainen nopeus. Räjähtävä voima on kykyä suorittaa lihassupistus mahdollisimman nopeasti suurta vastusta vastaan. Elastisuus on lihaksiston mekaanista kimmoisuutta venymis-lyhenemis-sykliä hyödyntävässä liikkumisessa. Elastisuus lisää suorituksen supistusnopeutta ja tehokkuutta. Lajinomainen nopeus puolestaan tarkoittaa taitoa juosta kaarre riittävällä nopeudella sekä suorittaa viimeiset askeleet oikein suurella frekvenssillä. (Aura 1984, s. 7.)



Toissijaisina ominaisuuksina pidetään pika- ja maksimivoimaa, koordinaatiokykyä ja maksiminopeutta. Koordinaatiokyvyllä tarkoitetaan urheilijan yleistä taitotasoa, ja hänen kykyään oppia uusia liikesarjoja ja liikesuorituksia. Korkeushyppääjän perusominaisuuksia ovat perusvoima, palautumiskyky ja antropometria. Perusvoimalla tarkoitetaan lihaksiston yleistä voimatasoa ja harjoitettavuutta. Myös välittömät energiavarastot (ATP, kreatiinifosfaatti) voidaan käsittää osaksi perusvoimaa. Palautumiskyky tarkoittaa hyppääjällä lähinnä välittömien energiavarastojen korvautumista aerobisten prosessien kautta mahdollisimman nopeasti. Palautumiskykyä kuvaavat termit ”peruskestävyys” ja ”yleiskunto”. Antropometriaan kuuluvat mm. hyppääjän pituus, paino, jalkojen suhteellinen pituus ja kehon painopisteen korkeus perusasennossa. (Aura 1984, s. 7–8.) Korkeushyppääjälle on eduksi olla pitkä, kevyt ja pitkäjalkainen (McWatt 1990).

### **3 VOIMANTUOTTO-OMINAISUUDET HARJOITUS- JA KILPAILUKAUDELLA**

Korkeushyppäjien fyysinen suorituskyky vaihtelee harjoitus- ja kilpailukausien aikana. Suomalaisen mieskorkeushyppäjien jalan ojentajalihasten ja plantaarifleksoreiden isometrinen voimantuottonopeus (RFD) oli parhaimmillaan kilpailukausilla. Sekä jalkojen ojentajien että plantaarifleksoreiden RFD korreloi korkeushyppytuloksen kanssa ( $r = .91$ ,  $p < .01$  ja  $r = .92$ ,  $p < .01$ ). Maksimaalisen isometrisen voiman (MVC) muutos ei mukautunut korkeushyppytuloksen muutosta. Korrelaatiokertoimet olivat  $.53$  jalkojen ojentajien MVC:lle ja korkeushyppytulokselle sekä  $.31$  plantaarifleksoreiden MVC:lle ja korkeushyppytulokselle. (Viitasalo & Aura 1984.)

Parhaimmat vertikaalihyppytulokset saavutettiin kilpailukaudella. Sekä kevennyshyppy, staattinen hyppy että pudotushyppy 20 ja 40 senttimetrin korkeuksilta olivat parhaimmillaan heinä-elokuussa, samoin kyky hyödyntää eksentrisen vaiheen (ns. elastisuus, kevennyshypyn ja staattisen hypyn erotus). Eniten vaihtelua ilmeni kevennyshypyssä. Suuremmilta korkeuksilta suoritettujen pudotushyppyjen hyppykorkeudet muuttuivat vain hyvin vähän. Eri vertikaalihyppytulokset eivät korreloineet merkitsevästi korkeushyppytuloksen kanssa ( $r = .22-.63$ ). (Viitasalo & Aura 1984.)

## **4 ANTROPOMETRISET OMINAISUUDET**

### **4.1 Pituus ja paino**

Maailman kaikkien aikojen tilaston (kauden 2005 jälkeen) yhdeksänkymmenen parhaan mieskorkeushyppäjän (ennätys ka. 2.36 m) keskimääräinen pituus oli 1.92 m ja paino 77.0 kg. Keskimääräinen painoindeksi (BMI, body mass index) oli 20.80 kg/m<sup>2</sup>. Lyhyin hyppääjä oli 1.78 m ja pisin 2.06 m. Kevyin hyppääjä painoi 62.0 ja painavin 99.8 kg. Painoindeksin minimi ja maksimi olivat 18.12 ja 23.56 kg/m<sup>2</sup>. (Isolehto 2005.) Kesän 2005 Suomen tilaston kahdenkymmenen parhaan hyppäjän keskimääräinen pituus on 1.89 m, paino 76.1 kg ja BMI 21.34 kg/m<sup>2</sup> (Tilastopaja). Thorlandin ym. (1981) alle 18-vuotiaille kansainvälisen tason urheilijoille tekemässä tutkimuksessa mieskorkeushyppäjien pituus oli  $186.8 \pm 4.0$  cm. Suomalaisten kansallisen tason korkeushyppäjien pituudeksi on saatu 189.4 ja 190.4 sekä painoksi 78.0 ja 75.8 (Aura & Viitasalo 1981; Siukonen 2002).

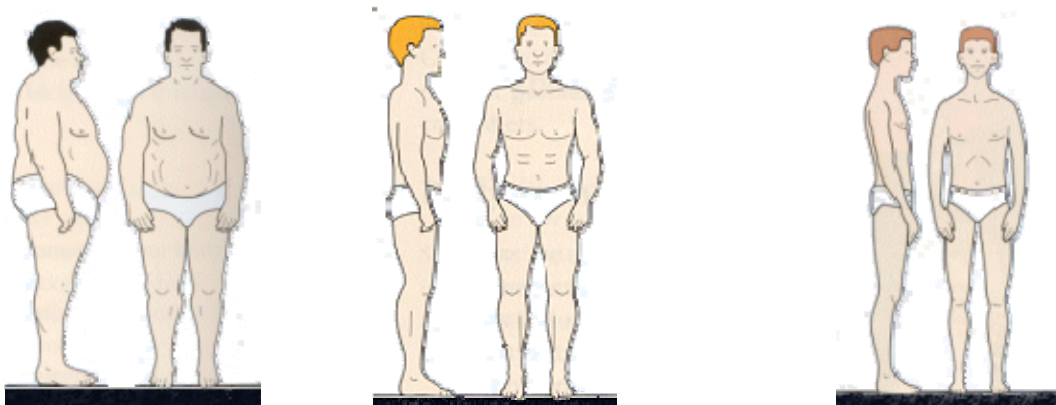
### **4.2 Rasvaprosentti**

Thorlandin ym. (1981) tutkimuksessa juniorimieshyppäjien (pituus-, korkeus- ja seiväshyppy) rasvaprosentiksi saatiin vedenalaispunnitusta käyttäen  $8.5 \pm 2.1$ . Vastaavanlaisella koehenkilöjoukolla ja samaa menetelmää käyttäen Housh ym. (1984) saivat lähes saman tuloksen ( $8.2 \pm 2.6$ ). Suomalaisten kansallisen tason mieskorkeushyppäjien rasvaprosentiksi puolestaan on mitattu ihopoimumenetelmällä 9.7 ja 7.6 (Aura & Viitasalo 1981; Siukonen 2002).

### **4.3 Somatotyyppi**

Somatotyyppi voidaan määrittää vallitsevaksi kehon muodoksi ja koostumukseksi. Se ilmaistaan kolminumeroisena arvona, joista kukin numero kertoo eri somatotyyppien (endomorfi, mesomorfi ja ektomorfi) osuuden suuruuden. Somatotyyppi on käyttökelpoinen molemmille sukupuolille ja kaiken ikäisille lapsista vanhuksiin. (Carter 2002.)

Endomorfile on tyypillistä päärynävartalo ja pyöreähköt kasvot sekä leveät hartiat ja lantio. Kädet ja jalat ovat melko lyhyet. Rasvaa on kertynyt paljon sekä vartaloon että käsiin ja reisiin. Puhtaat voimalajit sopivat parhaiten endomorfeille. Mesomorfin vartalo on kiilamainen ja pää kuutiomainen. Hartiat ovat leveät ja lantio kapea. Kädet ja jalat ovat lihaksikkaat, ja rasvaa on vain vähän. Heidän on helppo hankkia lihasmassaa ja voimaa, ja he ovat usein keskikokoisia. Mesomorfit soveltuvatkin ruumiinrakenteensa puolesta lähes mihin tahansa lajiin. Ektomorfit ovat pitkiä ja siroja. Hartiat ja lantio ovat kapeat, samoin rinta ja vatsa. Myös kädet ja jalat ovat hoikkia. Sekä lihas- että rasvakudosta on vähän. Ektomorfit eivät sovellu lajeihin, joissa tarvitaan suurta massaa ja paljon voimaa. Monet kestävyysjuoksijat ovat ektomorffeja. (Body Build.) Somatotyyppit on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Somatotyyppit. Vasemmalla endomorfi, keskellä mesomorfi ja oikealla ektomorfi. (Body Build.)

Aina henkilö ei ole täysin puhtaasti pelkästään yhtä somatotyyppiä, vaan eri somatotyyppien suhteelliset osuudet voivat vaihdella. Esimerkiksi puhdas endomorfi henkilö on silloin, kun endomorfi on hallitsevana ja meso- ja ektomorfisuus ovat samansuuruisia. Mesomorfisella endomorfilla endomorfisuus on hallitseva ja

mesomorfisuus on suurempi kuin ektomorfisuus. Mesomorfi-endomorfilla puolestaan meso- ja endomorfisuus ovat yhtä suuria ja suurempia kuin ektomorfisuus. Lisäksi voi olla mahdollista, että yksikään tyypeistä ei ole muita hallitsevampi (sentraalinen tyyppi). (Carter 2002.)

Travillin ja Carterin (1995) olympiatason miesurheilijoille tekemässä tutkimuksessa korkeushyppääjien somatotyyppi oli ektomorfinen mesomorfi (1.4–4.5–3.7). Myös pituushyppääjien ja kolmiloikkaajien somatotyypit olivat hyvin samankaltaisia, vaikka korkeushyppääjät olivat muita pidempiä ja painavampia. Yli puolet kaikista hyppääjistä oli mesomorfeja tai ekto-mesomorfeja. (Travill & Carter 1995.) Thorlandin ym. (1981) tutkimuksessa juniorimieshyppääjien somatotyypiksi saatiin 2.4–4.2–4.0 eli ekto-mesomorfisuus.

#### **4.4 Kehon koostumuksessa tapahtuvat muutokset harjoitusvuoden aikana**

Yleisurheilijoiden kehon koostumuksessa on havaittu tapahtuvan muutoksia harjoitusvuoden aikana. McNealin ym. (1999) naisurheilijoille tekemässä tutkimuksessa tarkkailtiin hyppääjien, heittäjien ja pikajuoksijoiden kehon koostumuksen muutosta kahden kilpailukauden välillä kahdeksan kuukauden ajan (syyskuusta huhtikuuhun). Kokonaispaino oli pienempi syyskuussa kuin maaliskuu- ja huhtikuussa. Rasvaton kehonpaino oli syys-lokakuussa pienempi kuin marraskuusta huhtikuuhun ja marraskuussa pienempi kuin maaliskuu-huhtikuussa. Rasvaprosentti oli suurempi ja kehon tiheys pienempi syys-lokakuussa kuin joulukuusta huhtikuuhun sekä marraskuussa verrattuna helmikuuhun. Kokonaispainossa, rasvattomassa kehonpainossa ja kehon tiheydessä tapahtui trendinomaista kasvua ja rasvaprosentissa laskua edettäessä harjoituskaudelta kohti kilpailukautta. Rasvaprosentti laski keskimäärin harjoituskauden alun 12 %:sta 10.8 %:iin. Erot urheilijoiden välillä olivat suuremmat kauden alussa kuin lopussa. Myös Johnson ym. (1989) havaitsivat kehon tiheyden ja rasvattoman kehonpainon olevan suurempia ja rasvaprosentin pienempiä harjoituskauden jälkeen kuin sitä ennen. Rasvaprosentti laski 17.2 %:sta 14.3 %:een.

## **5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, ONGELMAT JA HYPOTEESEIT**

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, muuttuuko korkeushyppääjien suorituskyky ja kehon koostumus harjoituskaudelta kilpailukaudelle. Lisäksi selvitetään suomalaisten korkeushyppääjien somatotyyppi.

*Ongelma:* Eroavatko korkeushyppääjien harjoituskauden suorituskyky ja kehon koostumus kilpailukauden vastaavista?

*Työhypoteesi:* Suorituskyky on parempi kilpailu- kuin harjoituskaudella. Rasvaprosentti on pienin kilpailukaudella ja suurin peruskuntokaudella.

*0-hypoteesi:* Suorituskyvyssä ja kehon koostumuksessa ei ole eroja harjoitus- ja kilpailukausilla.

## 6 MENETELMÄT

### 6.1 Mittausten kulku ja koehenkilöt

Mittaukset tehtiin joulukuussa kilpailuun valmistavalla kaudella (KVK), tammikuussa hallikilpailukaudella (KK) ja huhtikuussa peruskuntokaudella (PK). Pituus määritettiin ensimmäisellä mittauskerralla, paino kaikilla mittauskerroilla sekä rasvaprosentti ensimmäisellä ja viimeisellä mittauskerralla. Somatotyypin määrittämiseen vaadittavat mitat otettiin alkumittausten yhteydessä. Vertikaalihyppytestit tehtiin kaikilla mittauskerroilla ja juoksunopeustesti ensimmäisellä ja viimeisellä mittauskerralla. Kaikki mittaukset tehtiin harjoitusleirin yhteydessä saman mittaajan toimesta.

Koehenkilöinä olivat suomalainen korkeushyppääjien parhaimmisto (n=11). Heistä kahdeksan oli miehiä ja loput naisia. Kaikki naiskoehenkilöt sekä viisi mieskoehenkilöä olivat loukkaantuneina jossakin vaiheessa tutkimusta, eivätkä pystyneet osallistumaan kaikille mittauskerroille. Siten vain kolmen mieshyppääjän tuloksia pystyttiin hyödyntämään tutkimuksessa. Näiden kolmen koehenkilön ikä tutkimuksen alussa oli  $18.7 \pm 1.5$  vuotta ja korkeushyppyennätys  $213 \pm 6$  cm.

### 6.2 Antropometria

Pituus mitattiin mittanauhalla 0.1 cm:n tarkkuudella ja paino digitaalivaa'alla 0.1 kg:n tarkkuudella (Seca alpha, modell 770). BMI laskettiin jokaiselle harjoituskaudelle kaavalla **paino(kg)/pituus(m)<sup>2</sup>**. Rasvaprosentti määritettiin Jackson & Pollockin (1978) seitsemän pisteen ihopoimumenetelmällä (rasvapihdit Holtain LTD. Crymych U.K.). Mittauskohdat olivat olkavarren ojentaja, rintalihas, lavanalus, kainalo, vatsa, suoliluun harju ja reiden etuosa. Kaikki ihopoimut mitattiin koehenkilön oikealta puolelta tämän seistessä.

Ihopoimut mitattiin 0.1 mm:n tarkkuudella ja tulokseksi otettiin kolmen mittauskerran keskiarvo.

Somatotyyppi määritettiin pituuden, painon, neljän ihopoimun (ojentaja, lavalanus, suoliluun harju ja pohje), kahden luun leveyden (humerus ja femur) sekä kahden ympärysmitan (olkavarsi ja pohje) avulla. Femurin ja humeruksen leveydet mitattiin luuharpilla (Mitutoyo, Japan). Humeruksen leveys mitattiin mediaalisen ja lateraalisen epikondylin kohdalta olka- ja kyynärpäiden ollessa koukistettuna 90° ja samoin femurin leveys koehenkilön istuessa lonkka ja polvi 90 ° kulmassa. Olkavarren ympärysmitta mitattiin mittanauhalla olkavarren paksuimmasta kohdasta olka- ja kyynärpäiden ollessa koukistettuina ja pohkeen ympärysmitta pohkeen paksuimmasta kohdasta koehenkilön seisossa paino tasaisesti molemmilla jaloilla. Ympärysmittat ja luiden leveydet mitattiin millimetrin tarkkuudella. Somatotyyppin määrittämiseen käytettiin Somatotype – Calculation and Analysis -ohjelmaa (Sweet Technologies, Australia).

### **6.3 Suorituskykytestit**

Kaikki suorituskykytestit tehtiin harjoitusten yhteydessä leiriolosuhteissa. Testit olivat koehenkilöille ennestään tuttuja ja osa normaalia harjoittelun seurantaa. Voimantuotto-ominaisuuksien testaamiseen käytettiin erilaisia vertikaalihyppyjä sekä juoksunopeustestiä.

Kaikki vertikaalihyppyt tehtiin kontaktimatolla (Newtest, Finland), joka mittaa kehon massakeskipisteen lentoajan (Komi & Bosco 1978). Kevennyshyppy suoritettiin lähtien seisoma-asennosta ja keventäen nopeasti 90° polvikulmaan kädet lanteilla. Staattinen hyppy tehtiin lähtien staattisesta asennosta 90° polvikulmasta kädet lanteilla. Staattisessa hypyssä käytettiin myös lisäpainoja (20 kg, 40 kg ja 60 kg) voima-nopeus -riippuvuuden testaamiseksi. Pudotushyppyt tehtiin korkeuksilta 40cm, 60 cm ja 80cm. Tavoitteena oli tehdä alastulo päkiävoittoisesti niin, että polvikulma muuttuu mahdollisimman vähän. Pudotushyppyjen tekniikkaa kontrolloitiin kontaktiajan perusteella (kontaktiaika <200 ms). Juoksunopeus mitattiin lentävällä 20 m:llä.



## **6.4 Tulosten analysointi**

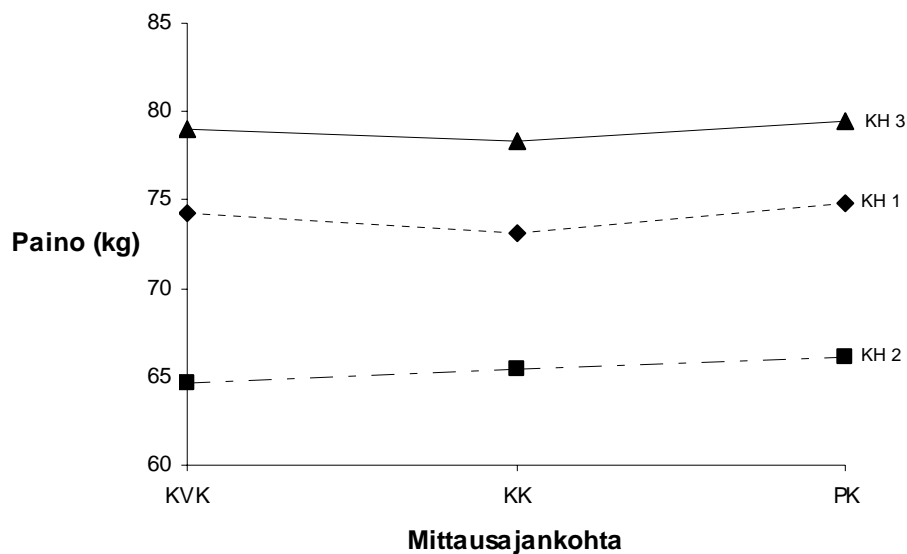
Koehenkilöiden vähäisen määrän vuoksi tilastollisia analyysejä ei ollut mahdollista tehdä. Jokaisen koehenkilön tuloksia käsiteltiin yksittäisinä. Antropometrisista muuttujista laskettiin myös keskiarvot ja -hajonnat.

## 7 TULOKSET

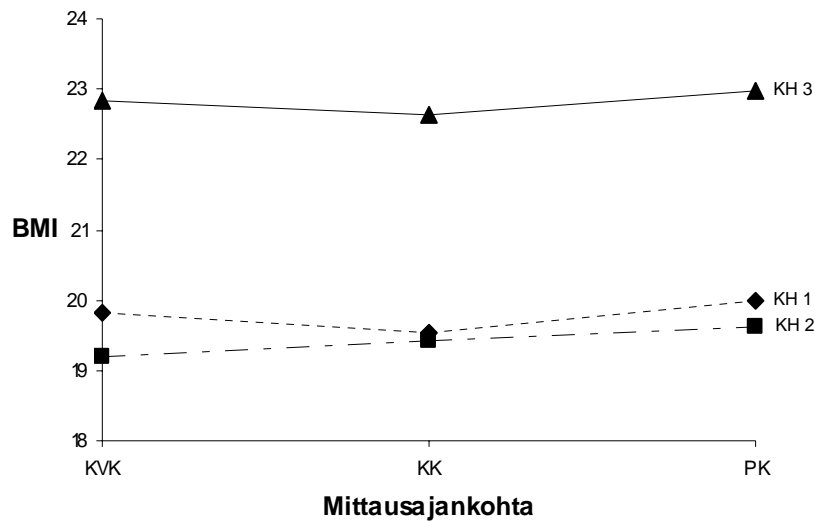
### 7.1 Antropometria

Mieskorkeushyppäjien pituus oli  $187.7 \pm 5.2$  cm. Hyppäjien paino KVK:lla oli  $72.6 \pm 7.3$  kg, KK:lla  $72.3 \pm 6.5$  kg ja PK:lla  $73.5 \pm 6.8$  kg. BMI oli KVK:lla  $20.6 \pm 2.0$ , KK:lla  $20.5 \pm 1.8$  ja PK:lla  $20.9 \pm 1.8$ . Rasvaprosentti oli KVK:lla  $9.4 \pm 0.5$  ja PK:lla  $7.5 \pm 0.8$ .

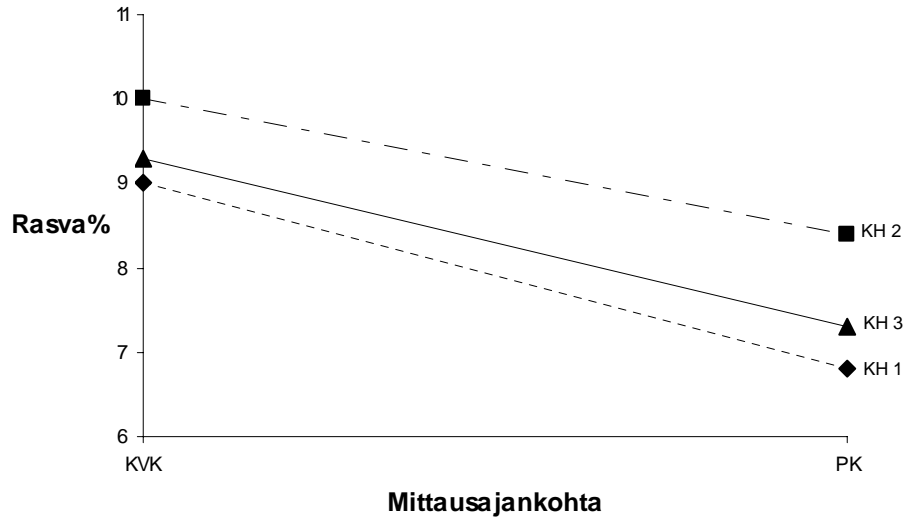
Koehenkilöiden 1 ja 3 paino ja BMI olivat alhaisimmat KK:lla ja suurimmat PK:lla. Koehenkilön 2 paino ja BMI olivat alhaisimmat KVK:lla ja suurimmat PK:lla (kuva 4 ja kuva 5). Kaikilla koehenkilöillä rasvaprosentti oli suurempi KVK:lla kuin PK:lla (kuva 6).



KUVA 4. Koehenkilöiden (KH) 1, 2 ja 3 kehon paino kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu- (KK) ja peruskuntokaudella (PK).

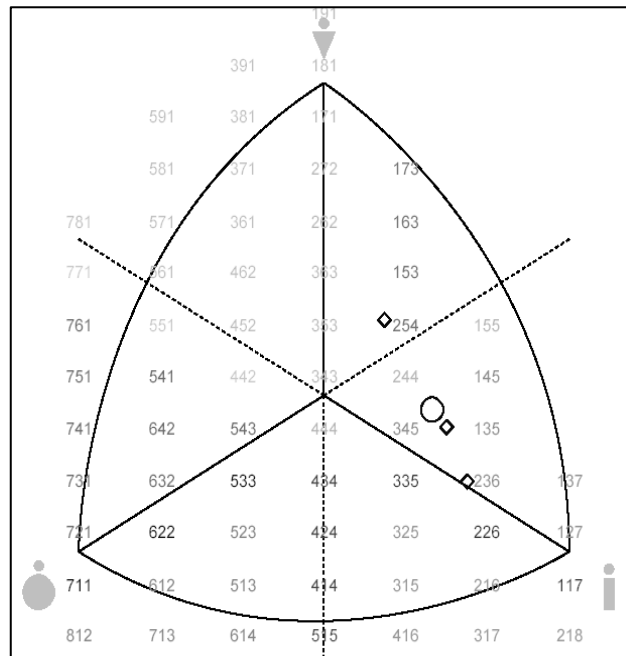


KUVA 5. Koehenkilöiden (KH) 1, 2 ja 3 painoindeksi (BMI) kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu- (KK) ja peruskuntokaudella (PK).



KUVA 6. Koehenkilöiden (KH) 1, 2 ja 3 rasvaprosentti kilpailuun valmistavalla (KVK) ja kilpailukaudella (PK).

Koehenkilön 1 somatotyyppi oli ektomorfi (1.6–1.7–5.1), koehenkilön 2 mesomorfinen ektomorfi (1.8–2.7–4.8) ja koehenkilön 3 ektomorfinen mesomorfi (1.7–3.9–3.2).



Hyppääjien keskiarvo oli 1.7–2.8–4.4 eli mesomorfinen ektomorfi. (Kuva 7.)

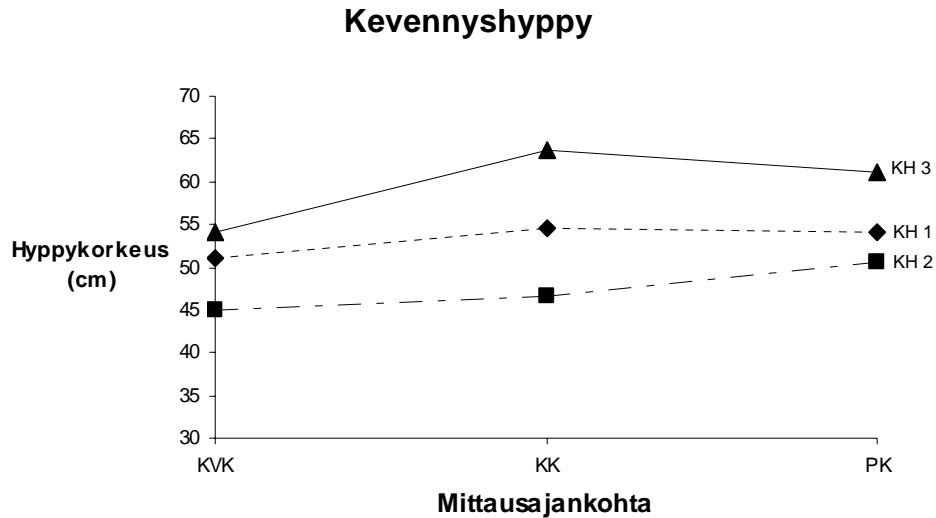
KUVA 7. Hyppääjien somatotyypit merkitty ◊:lla (alhaalta ylöspäin koehenkilöt 1, 2 ja 3), ○ = somatotyyppien keskiarvo.

## 7.2 Suorituskyky

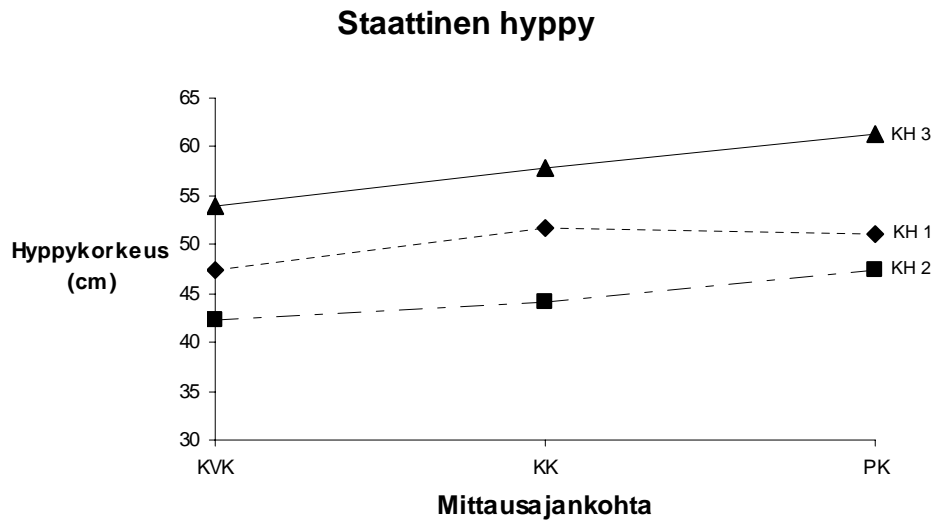
*Kevennyshyppy ilman lisäpainoa.* Koehenkilöillä 1 ja 3 paras kevennyshyppy tulos syntyi KK:lla ja huonoin KVK:lla. Koehenkilö 2 teki parhaan tuloksensa PK:lla ja huonoimman KVK:lla. (Kuva 8.) Koehenkilöt 2 ja 3 saavuttivat parhaimman tuloksensa staattisessa hypyssä PK:lla ja huonoimman KVK:lla. Koehenkilö 1 saavutti parhaimman tuloksensa KK:lla ja huonoimman PK:lla. (Kuva 9.)

*Voima-nopeus -käyrä.* Koehenkilöllä 1 nopeuspää oli ylimmillään KK:lla ja voimapää KVK:lla. Koehenkilöllä 2 käyrä siirtyi ylöspäin KVK:lta KK:lle ja edelleen PK:lle lukuunottamatta voimapäätä. Koehenkilö 2 suoritti staattiset hyppyt vain kahdella kevyimmällä lisäpainolla. Raskaimmalla hänen tekemällään kuormalla tehty staattinen hyppy oli alhaisimmillaan KK:lla ja ylimmillään PK:lla. Myös koehenkilön 3 käyrä siirtyi

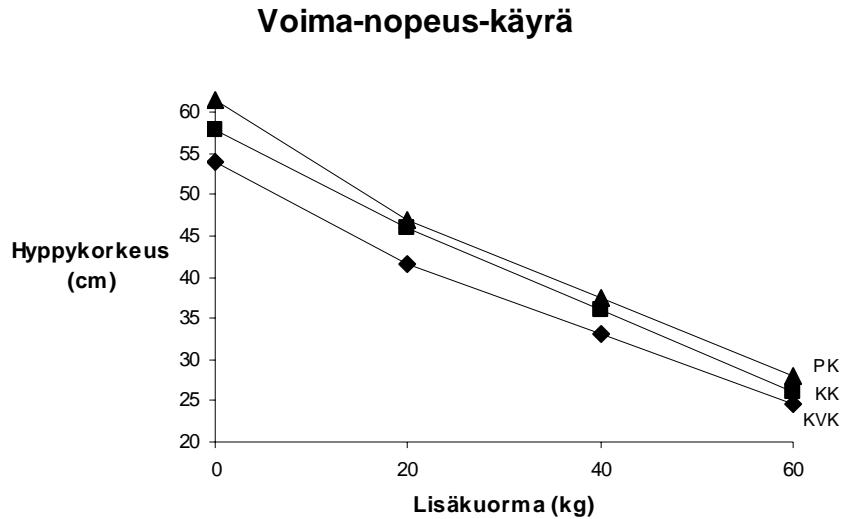
koko tutkimuksen ajan ylöspäin (kuva 10). Koehenkilöiden 1 ja 2 voima-nopeus -käyrät ovat liitteessä 1.



KUVA 8. Koehenkilöiden (KH) 1, 2 ja 3 kevennyshyppytulokset kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu (KK) ja peruskuntokaudella (PK).

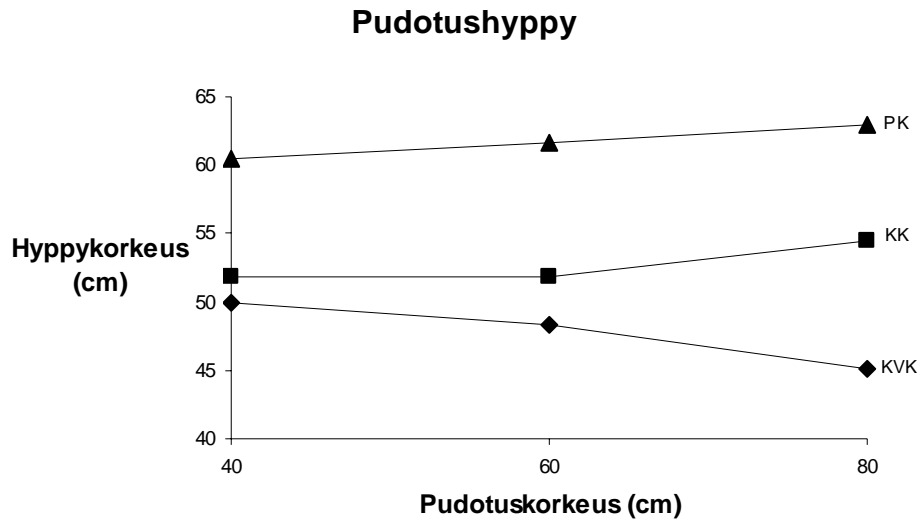


KUVA 9. Koehenkilöiden (KH) 1, 2 ja 3 staattisen hypyn tulokset kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu (KK) ja peruskuntokaudella (PK).



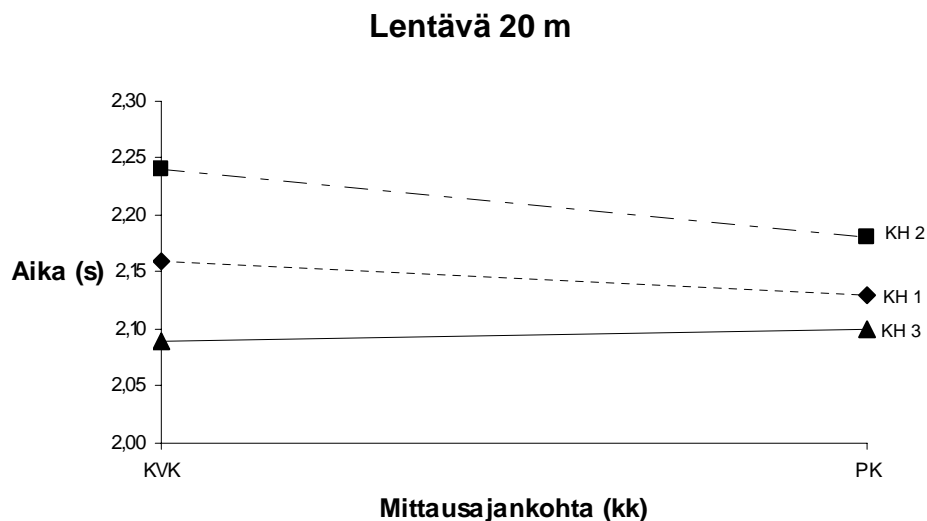
KUVA 10. Koehenkilön 3 voima-nopeus -käyrä kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu- (KK) ja peruskuntokaudella (PK).

*Pudotushyppy.* Koehenkilöltä 1 on tulokset vain KVK:lta ja PK:lta sekä vain kahdelta ensimmäiseltä pudotuskorkeudelta. KVK:lla koehenkilö saavutti suuremman hyppykorkeuden matalammalta pudotuskorkeudelta, kun taas PK:lla suurempi pudotuskorkeus tuotti suuremman hyppykorkeuden. Alemmalta pudotuskorkeudelta suoritettu hyppy tuotti paremman tuloksen KVK:lla kuin PK:lla. Ylemmältä pudotuskorkeudelta tilanne oli päin vastainen. Koehenkilö 2 saavutti parhaimmat tuloksensa matalimmalta pudotuskorkeudelta kaikilla mittauskerroilla. Suurimmat hyppykorkeudet olivat PK:lla, paitsi suurimmalta pudotuskorkeudelta, jolta paras tulos saavutettiin KVK:lla. Koehenkilö 3 saavutti parhaimmat tuloksensa kaikilta pudotuskorkeuksilta PK:lla ja huonoimmat KVK:lla (kuva 11). PK:lla ja KK:lla suurimmat hyppykorkeudet saavutettiin ylimmältä pudotuskorkeudelta ja KVK:lla vastaavasti matalimmalta pudotuskorkeudelta. Koehenkilöiden 1 ja 2 pudotushyppytulokset ovat liitteessä 2.



KUVA 11. Koehenkilön 3 hyppykorkeudet eri pudotuskorkeuksilta kilpailuun valmistavalla (KVK), kilpailu- (KK) ja peruskuntokaudella (PK).

*Juoksunopeus.* Koehenkilöillä 1 ja 2 juoksunopeus oli parempi PK:lla kuin KVK:lla. Koehenkilöllä 3 juoksunopeus puolestaan oli parempi PK:lla kuin KVK:lla. Kaikkien koehenkilöiden juoksunopeustulokset on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Koehenkilöiden 1, 2 ja 3 tulokset lentävällä 20 m:llä kilpailuun valmistavalla (KVK) ja peruskuntokaudella (PK).

## 8 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää korkeushyppääjien kehon koostumuksessa ja suorituskyvyssä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia. Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että korkeushyppääjien kehon koostumuksessa ja suorituskyvyssä on eroja harjoitus- ja kilpailukausilla. Tällä koehenkilöjoukolla muutokset eivät kuitenkaan olleet kovin suuria eivätkä yhdenmukaisia.

### 8.1 Antropometria

Koehenkilöinä olleet hyppääjät olivat lyhyempiä ja kevyempiä verrattuna maailman huippuhyppääjiin. Sen sijaan painoindeksi oli hyvin lähellä huippuhyppääjien keskiarvoa. Myös suomalaisen tämän hetken parhaimmiston verrattaessa pituus ja paino sekä myös BMI olivat pienempiä, joskin erot olivat pienempiä.

Hyppääjien keskimääräinen paino ja BMI olivat pienimmät kilpailukaudella ja suurimmat peruskuntokaudella. Tarkasteltaessa hyppääjiä yksittäin kahdella kolmesta paino ja BMI käyttäytyivät samoin. Tulokset olivat hypoteesin mukaisia. Kolmannella koehenkilöllä paino ja BMI kasvoivat koko tutkimuksen ajan. Kyseinen koehenkilö oli joukon nuorin ja ilmeisesti vielä kasvuvaiheessa, joten painon lisääntyminen johtuikin todennäköisesti normaalista kasvusta ja kehityksestä. Tätä tukee myös se, että rasvaprocentti oli pienempi loppumittauksissa kuin alkumittauksissa. Mahdollista pituuskasvua tutkimuksen aikana ei seurattu. Kaiken kaikkiaan havaitut muutokset painossa ja siten myös BMI:ssä olivat hyvin pieniä. Esimerkiksi suurimmillaankin saman koehenkilön painossa oli vain 1.5 kg:n ero. Näin pienet muutokset saattavat johtua ainakin osittain päivittäisestä biologisesta vaihtelusta. On kuitenkin myös huomioitava, että kilpailukaudella mitattu paino ei todennäköisesti ole sama kuin kilpailupaino, vaan kilpailupaino voi olla vielä sitä huomattavastikin pienempi.



BMI:tä ei voida käyttää urheilijoilla samalla tavalla lihavuuden tai laihuuden osoittamiseen kuin normaaliväestöllä, sillä se ei erottele rasva- ja lihaskudoksen määrää. Koska lihaskudos painaa enemmän kuin rasvakudos, voi urheilijan paino ja siten myös BMI olla suurempi kuin samankokoiselta näyttävän ei-urheilijan paino ja BMI. Urheilijoiden väliseen vertailuun ja omaan tarkkailuun voidaan BMI:tä käyttää. On kuitenkin muistettava, että etenkin voimaharjoittelun seurauksena lihasmassan lisääntymisestä johtuen BMI voi nousta, vaikka rasvan osuus kehon painosta pienenisikin.

Vallitsevina somatotyyppeinä olivat ekto- ja mesomorfinisuus, jotka kuitenkin painoutuivat jokaisella koehenkilöllä hiukan eri tavoin. Endomorfinisuus oli kaikilla koehenkilöillä hyvin matala. Somatotyyppien keskiarvo oli mesomorfinen ektomorfi. Aikaisempien tutkimusten tulokset ovat olleet samankaltaisia, joskin mesomorfinisuus on ollut hieman voimakkaampaa (esim. Thorland 1981). Yksi syy voi olla se, että kaikkia hyppääjiä on usein käsitelty yhtenä ryhmänä. Korkeushyppääjät ovat kuitenkin yleensä vähemmän lihaksikkaita eli mesomorfeja ja enemmän ektomorfeja kuin muut hyppääjät. Lisäksi tämän tutkimuksen koehenkilöiden vähäinen määrä aiheutti sen, että yhden hyppääjän korkea ektomorfinisuus johti myös koko ryhmän korkeaan ektomorfinisuuteen.

Rasvaprosentti oli kaikilla koehenkilöillä pienempi peruskunto- kuin kilpailuun valmistavalla kaudella, mikä oli vastoin oletusta. Tätä voi ainakin osittain selittää kilpailukauden läheisyys, sillä peruskuntokauden mittaukset tehtiin melko pian hallikauden loputtua. Siten rasvaprosentti ei ehkä ollut vielä ehtinyt nousta kovinkaan paljoa kilpailukaudesta. Lisäksi pääkilpailukautena on useimmiten kesä, joten toisaalta paino ja rasvaprosentti eivät välttämättä putoa hallikaudella samoissa määrin kuin kesällä, ja toisaalta niiden ei anneta nousta hallikautta seuraavalla peruskuntokaudella yhtä paljon kuin syksyn vastaavalla. Yhteensattumien vuoksi rasvaprosenttia ei saatu mitattua kilpailukaudesta lainkaan. Voidaan olettaa, että tällöin rasvaprosentti olisi ollut ainakin pienempi kuin kilpailuun valmistavalla kaudella, todennäköisesti kaikkein pienimmillään.

Rasvaprosentit olivat hyvin samankaltaisia verrattaessa aikaisempiin sekä ulkomaalaisilla että suomalaisilla hyppääjillä tehtyihin tutkimuksiin. Tämän tutkimuksen kilpailuun

valmistavan kauden lukemat olivat hieman korkeampia ja peruskuntokauden hieman matalampia kuin aikaisemmin tehdyissä tutkimuksissa (Aura & Viitasalo 1981; Housh ym. 1984; Siukonen 2002; Thorland 1981). Kyseisistä tutkimuksista ei kuitenkaan tiedetä, missä vaiheessa harjoitusvuotta mittaukset oli tehty. Lisäksi useimmissa tutkimuksissa rasvaprosentin määrittämiseen oli käytetty vedenalaispunnitusta, jonka tuloksia ei välttämättä voida verrata ihopoimumenetelmällä saatuihin tuloksiin. Vedenalaispunnituksella on usein saatu pienempiä rasvaprosentteja kuin ihopoimumenetelmällä. Esimerkiksi 10-ottelijoille tehdyssä tutkimuksessa vedenalaispunnituksella ja ihopoimumenetelmällä saadut tulokset poikkesivat huomattavasti toisistaan; vedenalaispunnituksella rasvaprosentti oli  $7.9 \pm 3.3$  ja ihopoimumenetelmällä  $12.8 \pm 2.4$ . (Faris ym. 1980; Fleck 1983.)

Ihopoimumenetelmän on todettu olevan melko luotettava ja tarkka keino määrittää rasvaprosentti etenkin urheilijoilla, joilla ihopoimut yleensä ovat melko ohuita (Houtkooper ym. 2001; Wagner & Heyward 1999). Toisaalta muutokset ovat usein melko vähäisiä korkeushypyn kaltaisissa lajeissa, joissa urheilijoiden rasvakudoksen määrä on ympärivuotisesti hyvin pieni. Yleisimmin käytetyt ihopoimumenetelmä, vedenalaispunnitus ja bioimpedanssimenetelmä perustuvat useisiin olettamuksiin ja sisältävät monia virhelähteitä, eikä niillä ehkä pystytä havaitsemaan todellisia muutosten suuruuksia. Tarkin keino määrittellä kehon koostumus voisi olla DXA (dual energy absorptiometry), joka perustuu useamman kuin kahden kehon komponentin (lihas- ja rasvakudoksen) mittaamiseen. Ihopoimumenetelmä lienee kuitenkin helppoutensa ja edullisuutensa vuoksi käypä menetelmä urheilijoiden seurannassa, kunhan mittauksen suorittaa aina sama henkilö.

Mielenkiintoista olisi selvittää antropometrinen ominaisuuksien, etenkin rasvaprosentin ja painon, yhteyttä suorituskyykyyn (kilpailutulokseen), sillä ne kiistatta vaikuttavat jonkin verran saavutettuun tulokseen. Viitasalo ja Aura (1981) löysivät korkeushyppyennätyksen ja rasvaprosentin väliltä yhteyden: mitä enemmän rasvaa, sitä huonompi ennätys ( $r=-.85$ ,  $p<.01$ ). Sen sijaan pituuden ja painon osalta ei yhteyttä ennätystulokseen löydetty. Tutkimus ei kuitenkaan anna vastausta kysymykseen rasvaprosentin ja/tai painon

muutoksen vaikutuksesta korkeushyppytulokseen; olisiko henkilö hypännyt kyseisessä kilpailussa korkeammalta, jos rasvaprosentti/paino olisi ollut pienempi? Käytännössä yhteyttä onkin hyvin vaikea määrittää tarkasti, sillä esimerkiksi tekniikassa tapahtuvien vaihteluiden vaikutus tulokseen lyhyelläkin aikavälillä on huomattava. Samoin fyysisissä ominaisuuksissa tapahtuvien muutosten vaikutusta on vaikea kontrolloida.

Vaikkei yhteyttä pystyttäisikään tieteellisin menetelmin osoittamaan, fysiikan lakien mukaisesti mahdollisimman pienestä kehon painosta kilpailutilanteessa on hyppääjälle selkeästi hyötyä – onhan kevyttä kehoa huomattavasti helpompi siirtää kuin raskasta. Kilpailuihin valmistauduttaessa nouseekin ravitseminen tärkeään rooliin. Etenkin pääkilpailua ennen olisi kaikesta ”ylimääräisestä” painosta päästävä eroon lähinnä hiilihydraattien ja nesteiden saantia rajoittamalla kuitenkin niin, että suorituskyky ei heikentyisi. Ravitsemuksen suhteen olisikin varmasti monella suomalaisella korkeushyppääjällä parantamisen varaa. Mielessä on kuitenkin pidettävä myös syömishäiriöiden riski. Mielenkiintoinen lisä tulevaisuuden vastaaviin tutkimuksiin olisi myös urheilijoiden energiansaannin kartoittaminen.

## 8.2 Suorituskyky

Parhaimmat kevennyshyppytulokset tehtiin joko kilpailu- tai peruskuntokaudella. Kaikkien koehenkilöiden huonoin tulos oli kilpailuun valmistavalta kaudelta. Tulosta voidaan pitää hypoteesin mukaisena. Peruskuntokauden melko hyvät tulokset kilpailukauteen verrattuna selittyvät peruskuntokauden mittausten ajankohdalla pian kilpailukauden jälkeen. Staattisessa hypyssä parhaimpia tuloksia saavutettiin sekä peruskunto- että kilpailukaudella ja huonoimpia sekä kilpailuun valmistavalla että peruskuntokaudella. Staattinen hyppy ei ole korkeushypyn kannalta lajinomaisimpia testejä, sillä voima tuotetaan lähes kokonaan konsentrisesti. Siten ei ole yllättävää, ettei siinä välttämättä saavuteta parhaimpia tuloksia kilpailukaudella.

Voima-nopeus -käyrän nopeuspään voidaan olettaa olevan ylimpänä silloin, kun

harjoittelun painopiste on nopeusvoimassa ja voimapään vastaavasti silloin, kun harjoittelussa painotetaan maksimivoimaa. Siten nopeuspää olisi ylimmillään kilpailukaudella ja voimapää peruskuntokaudella. Kahdella koehenkilöllä käyrä kuitenkin siirtyi koko tutkimuksen ajan ylöspäin eli oli ylimmillään peruskuntokaudella. Kolmannen koehenkilön (koehenkilö 1) käyrä oli lähes hypoteesin mukainen; nopeuspää oli ylimmillään kilpailukaudella ja alimmillaan peruskuntokaudella. Eri harjoituskausien väliset erot olivat kuitenkin selvästi pienempiä kuin kahdella muulla koehenkilöllä. Myös voima-nopeus -käyrissä peruskuntokauden osalta tuloksissa voitiin havaita kilpailukauden läheisyys.

Pudotushypyissä on konsentrisen vaiheen lisäksi mukana myös eksentrisen vaihe ja lisäksi törmäysvoimat ja kontaktiajat ovat huomattavan paljon lähempänä lajiponnistusta kuin staattisessa ja kevennyshypyssä. Pudotushyppyjä voidaankin pitää lajin kannalta tärkeimpinä testeinä. Ns. iskunsietokyvyn pitäisi olla parhaimmillaan kilpailukaudella, minkä pitäisi näkyä juuri pudotushyppytuloksissa. Ensinnäkin suurimmilta pudotuskorkeuksilta tehtyjen hyppyjen pitäisi olla selvästi parempia kuin muilla harjoituskausilla, ja toisekseen suurimmilta pudotuskorkeuksilta pitäisi saavuttaa suurempi hyppykorkeus kuin matalimmilta pudotuskorkeuksilta. Ilmiö oli jossain määrin havaittavissa, vaikka parhaimmat tulokset tehtiinkin pääosin peruskuntokaudella. Esimerkiksi koehenkilöllä 3 kilpailukauden hyppykorkeudet olivat kauttaaltaan parempia kuin kilpailuun valmistavalla kaudella. Lisäksi kilpailukaudella tämä saavutti parhaimman tuloksensa suurimmalta pudotuskorkeudelta, kun taas kilpailuun valmistavalla kaudella hyppykorkeus suurimmalta pudotuskorkeudelta oli pienempi kuin alemmilla pudotuskorkeuksilta. Koehenkilö 1 ei suorittanut pudotushyppyjä lainkaan suurimmalta pudotuskorkeudelta, ja koehenkilölle 2 kyseinen korkeus saattoi olla liian korkea, koska hyppy olivat pääosin matalampia kuin muilta pudotuskorkeuksilta. Koehenkilö 2 olikin nuorin koehenkilöistä, eikä kovaa hyppelyharjoittelua välttämättä ollut tehty vielä kovin paljoa.

Nopeusvoimasuoritusten paranemisen taustalla ovat suurimmaksi osaksi hermostolliset adaptaatiomekanismit. Nopeusvoimaharjoittelu kehittää sekä tahdonalaista että reflektorista

säätelyjärjestelmää. Onnistuneen harjoittelun seurauksena motoristen yksiköiden maksimaalinen rekrytoituminen lisääntyy, toisin sanoen lihassupistuksen teho paranee. Motoristen hermojen toimintaa helpottavat ja lihassupistuksen tehokkuutta edelleen parantavat fasilitoivat refleksit. Tärkein näistä on ns. venytysrefleksi, joka toimii lihasspindelien avulla. Spindelit aistivat lihaksen pituuden muutoksia ja pyrkivät käynnistämään voimakkaamman lihastoiminnan venytyksen vähentämiseksi. Venytysrefleksi antaa suoritukseen lisävoimaa lisäämällä lihasaktiivisuutta ja säätelemällä lihasjäykkyyttä. Siten on mahdollista kestää paremmin törmäysvaihe esimerkiksi hyppelyissä. Toisaalta nopeusvoimasuoritusta parantaa inhiboivien refleksien heikkeneminen. Inhiboivat refleksit estävät hermoimpulssin kulun lihakseen, jolloin lihas relaxoituu. Tärkein aistinelin on Golgin jänne-elin, joka sijaitsee jänteiden kiinnityskohdissa ja aistii lihasta venyttäviä voimia. Venytysvoiman noustessa liian suureksi Golgin jänne-elin lähettää ehkäiseviä impulsseja selkäyttimeen suojellen siten lihasta vammautumiselta. Voimataso, jolla Golgin jänne-elin aktivoituu, on yksilöllinen ja nousee oikeanlaisen harjoittelun myötä. Etenkin kovia iskutuksia sisältävä hyppelyharjoittelu (esimerkiksi pudotushyppy, vauhtiloikat) aiheuttaa siis hermostollista adaptaatiota, jonka seurauksena pystytään ”sietämään” paremmin myös lajiponnistuksen suuret törmäysvoimat. Halutun harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi ja hermoston ylläpitämiseksi olisi nopeusvoimaharjoittelu tarkoituksenmukaista jaksottaa riittävän lyhyihin (6-10 viikkoa) jaksoihin. Käytännössä tämä tarkoittaa harjoitusmäärän ja harjoitusärsykkeiden vaihtelua tarpeeksi usein. (Aura 1984, 67; Häkkinen 1990, 90–92; Mero ym. 2004, 65–67.)

Juoksunopeuksissa ei ollut suuria eroja kilpailuun valmistavan ja peruskuntokauden välillä. Korkeushyppääjän nopeusharjoittelun painopiste on lajinomaisessa nopeudessa, mutta huippusuoritus edellyttää myös riittävää maksiminopeustasoa. Siksi myös juoksunopeuteen ja sen kehittymiseen tulisi kiinnittää huomiota. Lisäksi hyvä maksiminopeus kertoo koko lihaksiston ja hermoston hyvästä toiminnasta ja kunnosta. Maksiminopeus voi olla hyvä ns. herkkyyden mittari.

Yhteenvedona voidaan sanoa, että tämän tutkimuksen koehenkilöiden suorituskyyky eri

testeillä mitattuna näytti olevan kilpailukaudella parempi kuin sitä edeltävällä harjoituskaudella. Kehitys myös näytti jatkuvan mentäessä kohti pääkilpailukautta. Suunta oli siis kaiken kaikkiaan oikea. Suurempia eroja eri harjoituskausien välillä olisi voitu saada, jos suorituskykyä olisi mitattu kesän kilpailukaudella ja sitä seuraavalla syksyn peruskuntokaudella. Lisäksi voidaan pohtia kilpailukauden testitulosten todenmukaisuutta. Koska kilpailukaudella keskitytään pääosin kilpailemiseen, ei motivaatio testien suorittamiseen välttämättä ole paras mahdollinen. Yhdellä mittauskerralla maksimaalisesti suoritettuna testit ovat melko rasittavia, ja niistä täysin palautuminen vie aikaa. Myös loukkaantumisriski on olemassa.

### **8.3 Johtopäätökset**

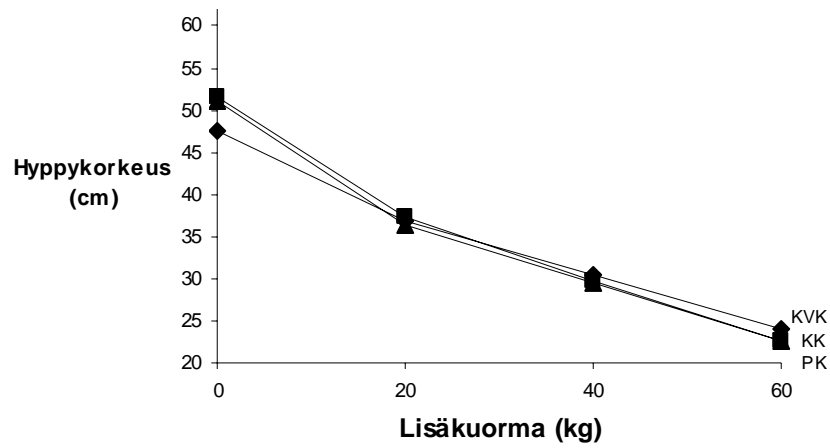
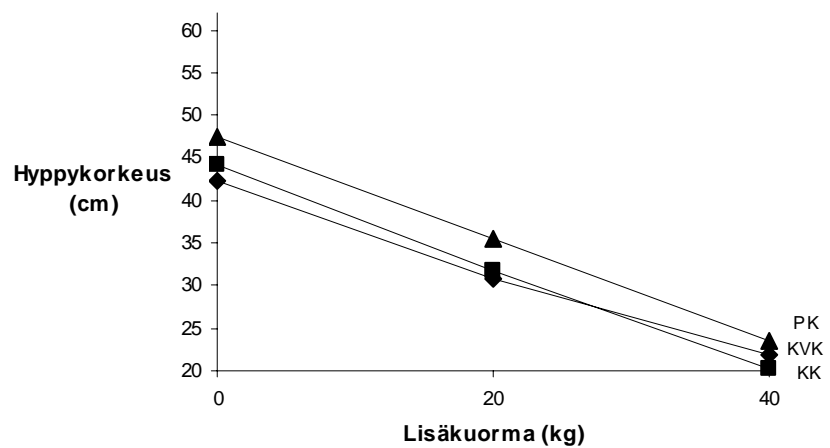
Tämän tutkimuksen perusteella ei pystytä osoittamaan, että suorituskyky olisi parhaimmillaan ja rasvaprocentti pienimmillään kilpailukaudella, mutta viitteitä siihen on havaittavissa. Lisätutkimuksia tarvitaan suuremmalla koehenkilöjoukolla ja tarkemmalla koeasetelmalla.

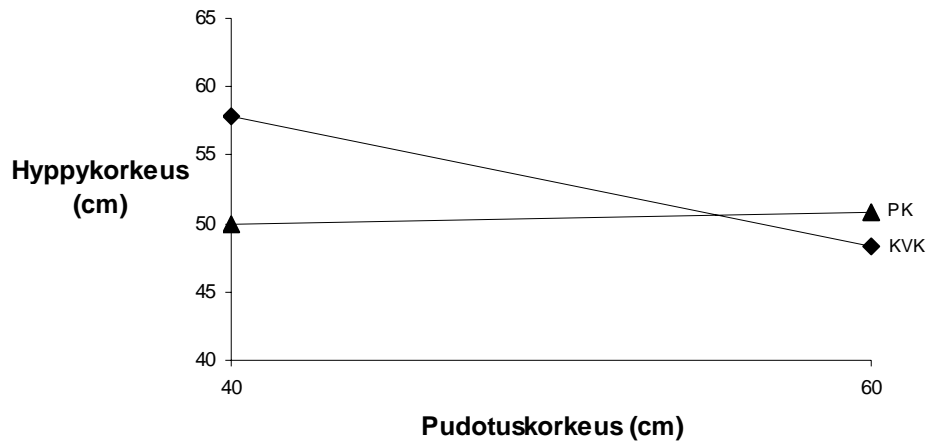
## 9 LÄHTEET

- Aura, O. 1984. Korkeushypyn lajikirja. Suomen Urheiluliitto, Helsinki.
- Aura, O. & Viitasalo, J. 1981. Suomalainen korkeushyppääjä vuonna 1980. SUL:n tiedote II/1981.
- Body Build. Saatavilla www-muodossa: <<http://brianmac.demon.co.uk/bodytype.htm>>. 2.9.2006.
- Carter, J.E.L. 2002. The Heath-Carter Anthropometric Somatotype – Instruction Manual. Saatavilla www-muodossa: <<http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>> 31.8.2006.
- Faris, A.W., Gilley, W.F., Dean, G.M. & Teh, K.C. 1980. Physiological profiles of world class decathlon athletes in training. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 20(3), 285–290.
- Fleck, S.J. 1983. Body composition of elite American athletes. The American Journal of Sports Medicine 11(6), 398–403.
- Housh, T.J., Thorland, W.G., Johnson, G.O. & Tharp, G.D. 1984. Body build and composition variables as discriminators of sports participation of elite adolescent male athletes. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 24(3), 169–174.
- Houtkooper, L.B., Mullins, V.A., Going, S.B., Brown, C.H. & Lohman, T.G. 2001. Body Composition Profiles of Elite American Heptathletes. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism 11, 162–173.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet: vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerus Kirjapaino Oy.
- Isolehto, J. 2005. Urheilija-analyysi. Power point –esitys.
- Jackson, A.S. & Pollock, M.I. 1978. Generalized equations for predicting body density of men. British Journal of Nutrition 40:497–504.
- Johnson, G.O., Nebelsick-Gullet, L.J., Thorland, W.G. & Housh, T.J. 1989. The effect of competitive season on the body composition of university female athletes. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 29, 314–320.
- Komi, P.V. & Bosco C. 1978. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles

- by men and women. *Medicine and Science in Sports* 10:261–265.
- McNeal, J.R., Poole, R.C. & Sands, W.A. 1999. Body Composition Trends in Women Collegiate Track-and-Field Athletes Across Two Consecutive Competitive Seasons. *Journal of Strength and Conditioning Research* 13(3), 214–218.
- McWatt, B. 1990. Predicting the high jumper who will succeed. *Modern athlete and coach* 28(1), 3–7.
- Mero, A., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. *Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta*. Teoksessa: Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. *Urheiluvalmennus*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Schweigert, D. 2000. Functional strength considerations for the advanced high jumper. *Strength and Conditioning Journal* 22(5), 25–30.
- Siukonen, S. 2002. Korkeushypyn ponnistuksen biomekaaninen analyysi. Pro gradu – tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos.
- Thorland, W.G., Johnson, G.O., Fagot, G.D.T. & Hammer, R.W. 1981. Body composition and somatotype characteristics of junior Olympic athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13(5), 332–338.
- Tilastopaja. Suomen tilastot 2005 – top 20 .Saatavilla [www-muodossa: <http://www.tilastopaja.fi>](http://www.muodossa.com) 31.8.2006.
- Travil, A.L. & Carter J.E.L. 1995. Somatotypes of male Olympic high, long and triple jumpers. *S.A journal for research in sport, physical education and recreation* 18(1), 67–75.
- Wagner, D.R. & Heyward, V.H. 1999. Techniques of body composition assessment: a review of laboratory and field methods. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 70(2), 135–149.
- Viitasalo, J.T. & Aura, O. 1984. Seasonal Fluctuations of Force Production in High Jumpers. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 9(4), 209–213.



**LIITE 1. Koehenkilöiden 1 ja 2 voima-nopeus -käyrät.****Voima-nopeus-käyrä KH 1****Voima-nopeus-käyrä KH 2**

**LIITE 2. Koehenkilöiden 1 ja 2 pudotushyppytulokset.****Pudotushyppy KH 1****Pudotushyppy KH 2**