

**VOIMANTUOTTO-OMINAISUUDET PRE- JA POST-
PUBERTEETTI-IKÄISILLÄ TELINEVOIMISTELIJA-
TYTÖILLÄ**

Sonia Hicks

Valmennus- ja testausopin
Pro Gradu-tutkielma
Kevät 2005
Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

TIIVISTELMÄ

Sonia Hicks. 2004. Voimantuotto-ominaisuudet pre- ja postpuberteetti-ikäisillä telinevoimistelijatytöillä. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto. 57s.

Naisten telinevoimistelu on kehittynyt hyvin fyysiseksi lajiksi, joka vaatii voimistelijalta voimaa, tehoa, nopeutta ja liikkuvuutta. Voimistelijoiden voimantuotto-ominaisuuksia on yleensä mitattu kenttätestein voimistelusalilla, mutta kenttätiestien ongelmana on alhainen reliabiliteetti ja validiteetti. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eritasoisten (A- ja B- maajoukkue) naistelinevoimistelijoiden voimantuotto-ominaisuuksien mahdollisia eroja laboratorio- ja kenttätestein pre- ja postpuberteetti-ikäisillä naistelinevoimistelijoilla. Yhteensä 27 voimistelijaa osallistui tutkimukseen. Heidät jaettiin pre- ja postmenarke ryhmiin sekä vielä 2 ryhmään voimistelun taitotason mukaan; Pre A (n=9, ikä 13,9v.), Pre B (n=8, ikä 13,6v.), Post A (n=5, ikä 16,9v.) ja Post B (n=5, ikä 15,2v.). Antropometriset mittaukset olivat pituus, paino, rasvaprosentti, sylivälimitta ja hartioiden leveys. Laboratoriossa tehdyt isometriset maksimivoimamittaukset olivat bilateraalin ja unilateraalinen alaraajojen ojennus, hartiakoukistus ja -ojennus, hauisvääntö, käden puristusvoima sekä vartalonkoukistus ja -ojennus. Nopeusvoimaliikkeinä olivat pudotushyppy 40 ja 60 cm korkeudelta ja vapaahyppy. Kenttäteliikkeitä tehtiin laboratoriotestejä vastaaville lihasryhmille esim. yhdenjalan kyykyn toistomaksimi (RM), seinäkorkeus-hyppy, köysikiipeily ja staattinen vartalonojennus ja -koukistus.

Lähes kaikki isometriset voimamittaustulokset olivat yhteydessä ikään ja taitotasoon, ryhmän post A ollessa vahvin ja pre B heikoin. Post ryhmien välillä oli merkitsevä ($p<0.05$) ero isometrisessä bilateraalissa polvenojennuksessa (107°) sekä vartalonojennuksessa ja koukistuksessa ($p<0.05-0.001$). Pre ryhmät erosivat toisistaan merkitsevästi ($p<0.05$) bilateraalissa polvenojennuksessa (140°). Post ryhmät olivat ylävartalon lihaksiltaan vahvempia kuin pre ryhmät. Post A ryhmällä oli huomattavasti vahvemmat vartalonlihaksen kuin muilla ryhmillä. Yhdenjalan kyykyn (RM) ja isometrisen maksimivoiman välillä ei ollut korrelaatiota, mutta seinäkorkeushyppy ($r=.61$, $p<0.001$) ja vauhditon pituus ($r=.54$, $p<0.01$) korreloivat merkitsevästi vapaahyppyn kanssa. Kaikissa koehenkilöryhmissä oli voimistelijoiden hartiat leveämmät kuin lantio ja sylivälimitta oli pidempi kuin oma pituus paitsi pre B ryhmässä. Voimistelijoiden voimantuotto-ominaisuudet kehittivät iän ja harjoitteluvuosien myötä. Kun voima suhteutettiin kehon painoon, olivat prepuberteetti-ikäiset voimistelijat lähes tai yhtä vahvoja kuin postpuberteetti-ikäiset. Tämä näkyi sekä ylä- että alaraajojen voima-arvoissa. Vartalon lihasten ja jalkojen ojentajien merkitys naisvoimistelijan taitotasoon oli selkeästi tärkein tulos tässä tutkimuksessa.

Avainsanat: telinevoimistelu, nainen, lihasvoima, laboratorio testit, kenttätetit

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	1
1 JOHDANTO.....	4
2 BIOLOGINEN KEHITTYMINEN.....	5
2.1 Tyttöjen fyysinen kasvu ja kypsyminen.....	5
2.2 Naistelinevoimistelijoiden kasvu ja kehitys.....	6
2.3 Naisvoimistelijan rakenne.....	9
3 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA.....	10
3.1 Keskus- ja ääreishermosto.....	10
3.2 Motorinen yksikkö.....	10
3.3 Luurankolihakset ja lihasaktiivisuus.....	11
3.4 Voimantuottotavat.....	12
3.4.1 Lihaksen pituus ja voima.....	13
3.4.2 Nivelkulma ja voima.....	13
3.5 Voimantuotto- ja nopeusominaisuuksien kehittyminen.....	14
4 TELINEVOIMISTELUN LAJIANALYYSI.....	17
4.1 Suoritustekniikoiden ja liikkeiden biomekaaninen luokittelu.....	17
4.2 Telinevoimistelun voimantuotolliset vaatimukset.....	19
5 TELINEVOIMISTELIJOILLA MITATTUJA VOIMANTUOTTO- OMINAISUUKSIA.....	21
5.1 Nopeus.....	21
5.2 Nopeusvoima.....	21
5.3 Maksimivoima.....	23
6 TUTKIMUSONGELMAT.....	25
7 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	26
7.1 Koehenkilöt.....	26
7.2 Antropometriset mittaukset.....	26
7.3 Laboratoriomittaukset.....	27
7.3.1 Nopeus.....	27
7.3.2 Vertikaalihyppy.....	27
7.3.3 Alaraajojen isometriset voimamittaukset.....	27

7.3.4	Yläraajojen ja vartalon isometriset voimamittaukset.....	28
7.4	Kenttätestit.....	29
7.4.1	Nopeus.....	29
7.4.2	Alaraajojen hyppytestit ja voimatestiliike.....	30
7.4.3	Yläraajojen testiliikkeet.....	31
7.4.4	Vartalon testiliikkeet.....	33
7.5	Aineiston tilastollinen käsittely.....	35
8	TULOKSET	36
8.1	Antropometria.....	36
8.2	Laboratoriomittausten tulokset.....	36
8.2.1	Alaraajojen isometrinen maksimivoima.....	36
8.2.2	Yläraajojen ja vartalon isometrinen maksimivoima.....	38
8.2.3	Vertikaalihyppy ja juoksunopeus.....	40
8.2.4	Maksimivoima suhteutettuna voimistelijan kehon painoon.....	40
8.3	Kenttätestien tulokset.....	41
8.3.1	Alaraajojen testiliikkeet.....	41
8.3.2	Yläraajojen ja vartalon testiliikkeet.....	42
8.4	Korrelaatiot.....	43
9	POHDINTA.....	46
	LÄHTEET.....	52
	LIITTEET.....	56

1 JOHDANTO

Telinevoimistelu on tekniikkalaji, jossa suoritukset koostuvat pääosin suurta ja nopeaa voimantuottoa vaativista liikkeistä. Kansainvälisten sääntöjen mukaan naisten telinevoimistelussa kilpaillaan omavalintaisten liikesarjojen neljällä telineellä, jotka ovat, hyppy, eritasojapuut, puomi ja permanto. Sarjojen arvostelussa painotetaan suorituspuhtautta ja otetaan huomioon taiteellinen ilmaisu, rytmi, esittäminen sekä vaihteleva kokoonpano. Ajan myötä liikkeiden ja sarjojen vaikeusvaatimukset ovat koventuneet. Vuosikymmenten saatossa myös telinevoimistelun luonne on muuttunut naisellisesta voimistelusta ja tyylikkyydestä akrobaattiseksi taituruudeksi.

Telinevoimistelun kehityksen myötä voimistelijan fyysiset ominaisuudet ovat kehittyneet ja voimistelijat ovat kooltaan yhä pienempiä ja kevyempiä. Voimistelijalta vaaditaan mm. voimaa, nopeutta, liikkuvuutta sekä tasapainoa ja koordinaatiokykyä. Hermolihasjärjestelmän ominaisuuksista tärkeimmät ovat nopeus, nopeusvoima ja maksimivoima. Telinevoimistelun telineistä hyppy on luonteeltaan räjähtävin kestäen vain noin neljä sekuntia. Permannolla voimistelijaan taas kohdistuvat suurimmat voimat ponnistusvaiheessa ja alastuloissa. Telineiden kehittymisen myötä voimistelijaan kohdistuvat voimat ovat kasvaneet viime vuosina, koska voimistelijat pystyvät suorittamaan yhä vaikeampia liikkeitä ja liikesarjoja, ja tulevat alas yhä korkeammalta.

Telinevoimistelussa suhteellinen voima on ratkaisevassa asemassa, koska kaikki liikkeet tehdään omaa vartaloa kannattaen. Tyttöjen biologisen kehityksen myötä kehon koostumus ja painopisteet muuttuvat, mikä vaikuttaa harjoitteluun ja voimantuotto-ominaisuuksien muuttumiseen. Voimantuotto-ominaisuuksien mittaamenetelmät ovat yleensä kenttätestejä, joissa kuormana on kehon paino. Kenttätetit pystytään toteuttamaan telinevoimistelusalilla esimerkiksi harjoituksen yhteydessä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää tyttöjen biologisen kehityksen vaikutus voimantuottoon sekä vertailla eritasoisten voimistelijoiden voimantuotto-ominaisuuksia laboratorio- ja kenttätestein pre- ja postpuberteetti-ikäisillä naistelinevoimistelijoilla.

fyysinen kehitys ovat perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksen tulos. Pituuskasvupyrähdys, sen voimakkuus ja kuukautisten alkamisajankohta ovat geneettisesti säädeltyjä. (Wanne 1990.)

Luiden diafyysit luutuvat jo kohdussa, minkä jälkeen tapahtuu epifyysien luutumista puberteettiin asti. Luuston kypsyttä voidaan arvioida röntgenkuvista näkyvistä kasvutumakkeista. Luustoikää pidetään parempana kehityksen mittana kuin kalenterikästä ja se korreloi paremmin puberteetin sekundaaristen sukupuoliominaisuuksien kanssa. (Österback 1991.) Normaali luuston kehitys edellyttää tiettyä liikunnan minimimäärää, jonka oletetaan vastaavan suunnilleen painovoiman suuruista painetta tai venytystä. Säännöllinen uuvuttava harjoittelu saattaa hidastaa luiden kasvua ja toisaalta vaikuttaa hormonaaliseen kypsymiseen. (Bailey ym. 1986.)

Murrosiän sukupuolisella kypsymisellä tarkoitetaan elimistön ulkoisten sukupuoliominaisuuksien muuttumista, ts. tytöillä rintojen, häpykarvoituksen ja kainalokarvoituksen kehittymistä. Kuten pituuskasvussakin sukupuolinen kypsyminen on hyvin yksilöllistä, alkamisen ja keston vaihdella suuresti. Tytöillä ensimmäinen merkki murrosiän alkamisesta on useimmin rintojen kasvu. Mallilapsiaineistossa ensimmäiset merkit rintarauhasen kehityksestä nähtiin keskimäärin 10,8 vuoden iässä ja nopein kasvu todettiin noin puoli vuotta myöhemmin keskimäärin 11,4 vuoden iässä. Menarke tapahtui keskimäärin 13,3 vuoden iässä ja häpykarvoituksen ja rintarauhasen kehittyminen aikuisikää vastaavaksi todettiin 15,1 ja 15,2 vuoden iässä. Pituuskasvu päättyy keskimäärin vuoden myöhemmin. (Tanner 1962,)

2.2 Naistelinevoimistelijoiden kasvu ja kehitys

Vuosikymmenten saatossa telinevoimistelun luonne on muuttunut naisellisesta voimistelusta ja tyylikkydestä akrobaattiseksi taituruudeksi ja sarjojen vaikeusvaatimukset ovat koventuneet. Nykyään telinevoimistelussa menestyminen vaatii suunnilleen 10 vuoden tiivistä harjoittelua, joka pitää aloittaa hyvin nuorena. Huippumaiden voimistelijat aloittavat voimistelun yleensä 5-6-vuotiaina ja harjoittelevat 20-30 tuntia viikossa. (Bale & Goodway 1990.) Myös naisvoimistelijoiden huippusuoritusikä on muuttunut vuosien myötä. Suurimmillaan (22,7 vuotta) heidän keski-ikänsä kansainvälisissä arvokilpailuissa on ollut

olympialaisissa 1964. Keski-ikä on laskenut selvästi vuoteen 1977 saakka ja on siitä lähtien pysynyt suunnilleen vakiona. Neuvostoliittolainen Olga Korbut oli ensimmäinen tyttömäinen ja pienikokoinen voimistelija. Hän teki läpimurtonsa 1972 Münchenin olympialaisissa. Nykyään huippuvoimistelijat ovat keskimäärin 16-17- vuotiaita. (Claessens ym. 1992, Bale & Goodway 1990.)

Rankka fyysinen rasitus voi aiheuttaa puberteetin viivästymistä (Taulukko 1). Kuukautiset alkavat 1-2 v myöhemmin kuin harjoittelemattomilla. Samoin rintojen ja häpykarvoituksen kehitys viivästyvät. Mitä nuorempina harjoittelun on aloittanut, sitä todennäköisemmin kuukautisten alkaminen myöhästyy. Kuukautiskierron häiriöitä esiintyy kilpaurheilua harrastavilla naisilla enemmän kuin harjoittelemattomilla. Sellaisissa lajeissa, joissa vähärasvaisuus ja pienipainoisuus ovat eduksi esim. balettitanssi, voimistelu, kestävyysjuoksu, kuukautisten poisjääminen on tavallista. (Hohtari 1997.)

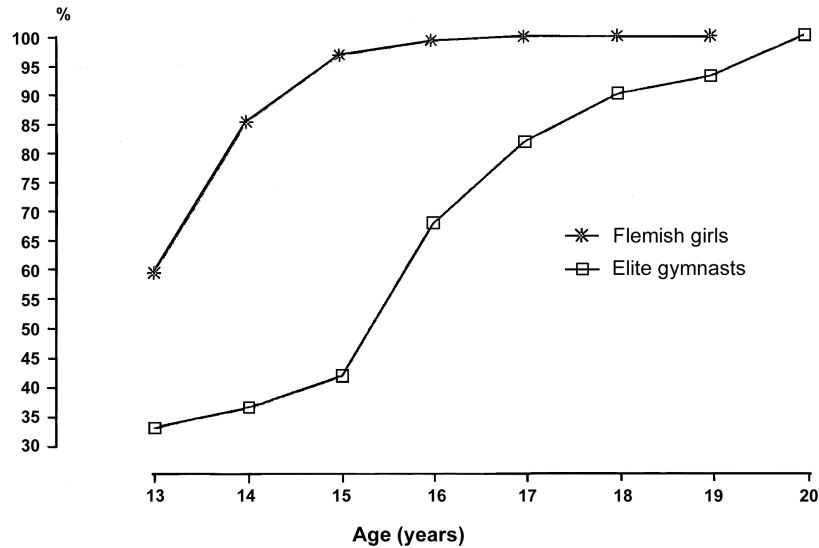
Taulukko 1. Harjoittelun aiheuttamat muutokset puberteetissa (mukailtu Hohtari 1997).

-
- Kuukautiset viivästyvät
 - Rintojen kehitys viivästyy
 - Häpykarvoituksen kehitys viivästyy
 - Pituuskasvuun ei ilmeisesti vaikutusta
 - Amenorreaa 10–20 % urheilijoista
-

Koska telinevoimistelijat ovat yleensä huomattavasti keskivertoa lyhyempiä, on arveltu, että kova nuorella iällä aloitettu fyysinen harjoittelu vaikuttaa kasvuun. Voimistelijoilla havaitun menarcken viivästymisen epäillään johtuvan alhaisesta painosta, pienestä rasvaprosentista, runsaasta liikunnasta ja energiankulutukseen nähden vähäisestä energiensaannista. Tutkimustieto on kuitenkin ollut ristiriitaista. (Claessens ym. 1992, Weimann ym. 2000, Bale & Goodway 1990, Theintz 1993.)

Voimistelijatyttöjen puberteetin alkaminen on useassa tutkimuksessa havaittu olevan 2-3 vuotta normaalia myöhemmin ja menarke saavutetaan yleensä 15-16 vuoden iässä (Kuva 2) (Weimann ym. 2000, Claessens ym 1992). Suomalaisten naisvoimistelijoiden keskimääräinen menarkeikä vuonna 2000 oli 14,25 vuotta, kun verrokeilla se oli 12,75 vuotta. Huomattavaa oli, että yhdelläkään juniorivoimistelijalla (<15 v.) ei ollut vielä

kuukautisia. (Salonen 2000.) Kun voimistelijoitten luustoikä on verrattu kronologiseen ikään, on havaittu keskimäärin 1,7 vuoden viivästyminen. Prepuberteetti-ikäisillä voimisteliijoilla luustoiässä oli jopa 2,5 vuoden viivästys, kun taas puberteetti-ikäisillä se oli 1,4 vuotta verrattaessa kronologiseen ikään. (Weinmann ym 2000.)



Kuva 2. Prosenttiosuudet menarkeiässä olevista 13-20 vuotiaista huippuvoimisteliijoista ja verrokeista (Claessens 1992.)

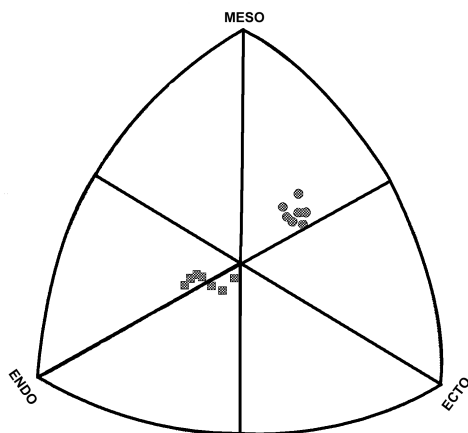
Peltenburg ym (1984) vertasi voimistelijoitten, uimareiden ja tavallisten tyttöjen kasvua. Tutkittavien syntymäpainot eivät poikenneet toisistaan, mutta voimistelijat olivat jo yksivuotiaista lähtien muita lyhyempiä ja uimarit kolmen vuoden ikäisinä normaalia pidempiä. Viidennen ikävuoden jälkeen ryhmien pituudet erosivat merkitsevästi toisistaan. Myös kasvunopeuksissa ilmeni eroja. Koululaiset kasvoivat koko ajan tasaisesti. Uimareiden kasvu kiihtyi 1-5 vuoden iässä pysyen sitten vakiona. Voimistelijoitten suhteellinen kasvu hidastui koko ajan. Voimistelijoitten suhteellinen pituus korreloi vahvasti heidän äitiensä pituuksiin. Lisäksi voimistelijoitten vanhempien keskipituus oli muiden ryhmien vanhempien keskipituutta alhaisempi. Näin ollen on ilmeistä, että pituuserot ryhmien välillä johtuivat pääasiassa perimästä. (Peltenburg ym 1984.)

Yhdysvaltalaisen huippuvoimistelijoitten kasvua tutkittaessa Theintz ym (1993) havaitsivat heidän olevan ikäisekseen lyhyempiä ja laihempia. Voimistelijoitten keskimääräinen pituuskasvun nopeus luustoiän funktiona oli merkitsevästi pienempi. Merkittävä löydös oli myös, että voimistelijoitten alaraajojen kasvu pysähtyi heidän

ollessaan 12- vuotiaita. Alaraajojen kasvun loppumisen syy on epäselvä. Tutkijat arvelivat, että se voisi johtua puutteellisesta ravitsemuksesta tai toistuvasta luiden kasvulevyyhin kohdistuvasta rasituksesta. (Theintz 1993.)

2.3 Naisvoimistelijan rakenne

Telinevoimistelijatytöt ovat urheilemattomiin tyttöihin verrattuna lyhyempiä ja kevyempiä ja heillä on kapeammat hartiat ja lantio. Ero näkyy selkeämmin 17 ikävuoden jälkeen. Voimistelijoilla on suhteessa leveämmät hartiat verrattuna lantioon. Normaali istumapituus / pituus –suhde ei eroa normaaliväestöstä, joten jalkojen pituus suhteessa vartaloon on voimistelijoilla tasapainoinen. (Claessens ym 1992.) Voimistelijoiden kevyeen painoon vaikuttaa heidän alhainen rasvanmäärä, joka on keskimäärin 14,4% (Weinmann ym 2000, Bale & Goodway 1990). Prepuberteetti ikäisillä rasvanmäärä on pienempi ($8,8 \pm 5,6\%$) kuin puberteetti ikäisillä ($12,9 \pm 5,9\%$) johtuen luonnollisesta kehittämisestä (Weinmann ym 2000). Huippuvoimistelijat ovat vartalon kooltaan keskimäärin pienempiä kuin kansallisentason voimistelijat. Yhdysvaltalaisten 7-14-vuotiaiden voimistelijoiden keksipituus oli vuonna 1991 134 cm ja paino 29 kg, jotka ovat samanikäiseen väestöön verrattuna selvästi alhaiset, mutta pituuden ja painon suhde lähempänä normaalia (Bernardot & Czerwinski 1991). Salosen (2000) tutkimuksessa suomalaisten naistelinevoimistelijoiden keskimääräinen ikä oli 12,7, pituus 147,6 ja paino 37,9. Voimistelijat ovat somatotyyppiltään ectomesomorffisia. Vanhemmat voimistelijat (+18 v.) ovat somaattisilta piirteiltään samantapaisia kuin 15-16 vuotiaat, mikä luultavasti vaikuttaa heidän seksuaalisen kehittymisen myöhästymiseen. (Claessens ym 1992.)



Kuva 3. Voimistelijoiden (●) ja verrokkien (■) somatotyyppit (mukaeltu Claessens 1992).

3 HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA TOIMINTA

3.1 Keskus- ja ääreishermosto

Hermosto jaetaan kahteen pääosaan: keskushermostoon ja ääreishermostoon. Keskushermostoon kuuluvat aivot, selkäydin ja aivohermot. Aivorungon ja selkäytimen motoneuronien toimintaa säätelevät pyramidirata, ekstrapyramidijärjestelmä ja pikkuaivot. Ääreishermosto sisältää selkäydinhermot ja autonomisen hermoston hermot. Ääreishermosto voidaan jakaa sensoriseen ja motoriseen osaa, ja jälkimmäinen vielä autonomiseen ja somaattiseen osaan. (Guyton 2000.)

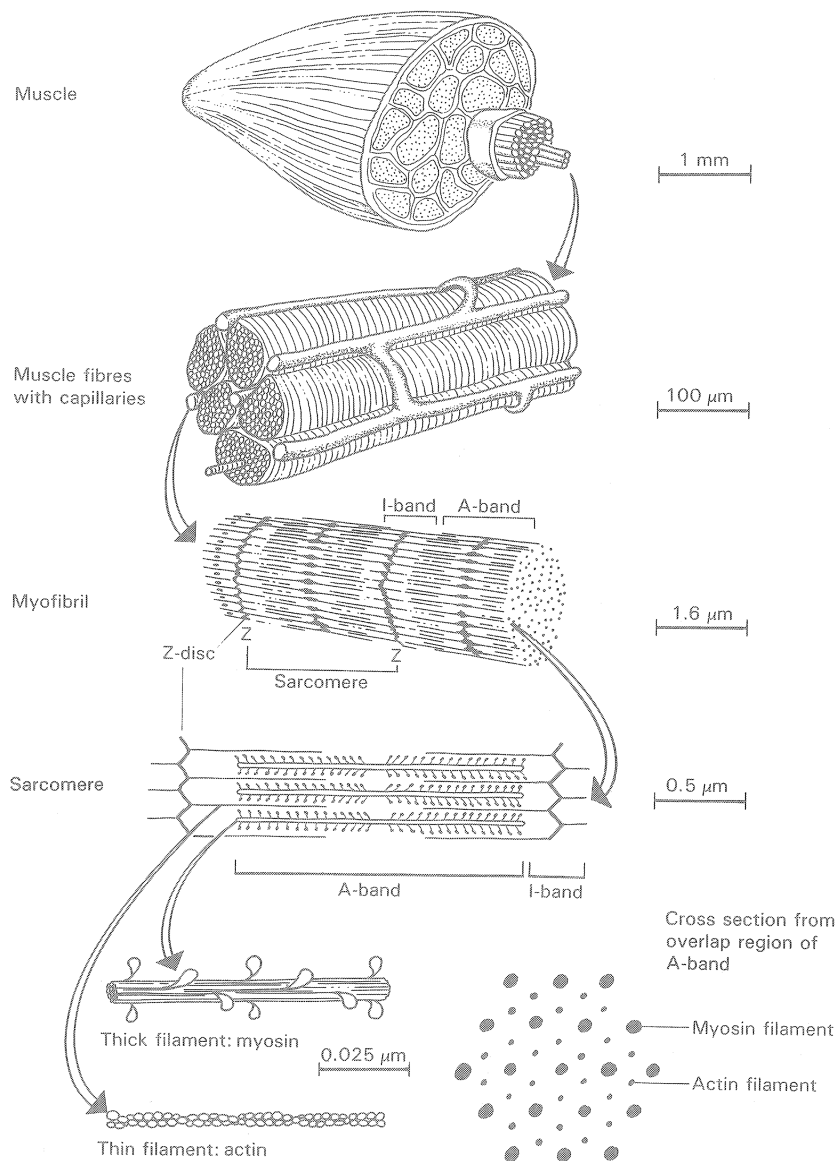
Ääreishermoston reseptoreista tuodaan viestejä keskushermostoon aistin- eli sensorisia hermoja pitkin. Ne tuovat tietoa mm. lihaspituuden muutoksista (lihasspindeli) sekä lihasvoiman muutoksista (Golgin jänne-elin). Tiedon siirron toiminnallinen yksikkö on hermosolu. Aktiopotentialin etenemistä nopeuttaa hermosolun paksuus ja myeliinitupellisuus. Tämä reflektorinen järjestelmä voi myös fasilitoida (helpottaa) tai inhiboida (estää) supistumiskäskeyjen kulkua hermostosta lihaksiin. (Guyton 2000.) Lihaksen tahdonalainen supistumiskäskey alkaa aivoista saapuen hermoratoja pitkin selkäyttimeen, josta sähköinen käskey synaptoituu motorisia liikehermoja (α -motoneuroni) pitkin lihakseen. Mitä enemmän ja nopeammin aivoista pystytään lähettämään supistumiskäskeyjä lihakseen sitä enemmän ja nopeammin ko. lihas pystyy tuottamaan voimaa. (Häkkinen 1990.)

3.2 Motorinen yksikkö

Motoneuroni jakautuu useisiin päätehaaroihin, jotka liittyvät hermolihhasliitoksen välityksellä kukin yhteen lihassoluun. Yksi motoneuroni, sen aksoni päätehaaroinen ja niiden hermottamat lihassolut muodostavat motorisen yksikön. Motorisen yksikön koko riippuu sen toiminnasta. Mitä suuremmasta voimantuotosta on kyse, sitä enemmän lihassoluja kuuluu yhden motoneuronin piiriin. Ihmisellä on motorisia yksikköjä eri lihaksissa eri määriä vaihdellen muutamasta kymmenestä yli tuhanteen. Motoristen yksiköiden hermottamat lihassoluryhmät voidaan jakaa hitaisiin I- tyyppiin ja nopeisiin

Iia- ja Iib tyyppin soluihin. Nopeat motoriset yksiköt tuottavat enemmän voimaa ja nopeammin sekä relaksoituvat nopeammin kuin hitaat motoriset yksiköt. Toisaalta nopeat yksiköt väsyvät nopeammin kuin hitaat. (Guyton 2000, 67-71.) Nopeuslajeissa voimantuotto tapahtuu ensisijaisesti nopeilla motorisilla yksiköillä. Hitaat motoriset yksiköt ovat puolestaan käytössä kestävyyttä vaativissa suorituksissa. (Häkkinen 1990.)

3.3 Luurankolihakset ja lihasaktiivisuus



Kuva 4. Luurankolihaksen rakenne (Edman 2003)

Luurankolihas muodostuu lihassolukimpuista, jotka puolestaan rakentuvat yksittäisistä lihassoluista (Kuva 4.). Lihassolu koostuu useista vierekkäisistä myofibrillisauvoista, jotka ovat pituussuunnassa jakautuneet lukuisiin peräkkäisiin sarkomeereihin. Vierekkäiset sarkomeerit erottaa toisistaan Z-levy. Sarkomeeri on lihassolun toiminnallinen yksikkö. Se sisältää proteiineja aktiinia ja myosiinia. Lihassupistuminen alkaa aktiopotentiaalin kulkiessa motoneuronin pitkin lihassoluun, jossa se synaptoituu ja välittäjäaineen avulla aktiopotentiaali siirtyy lihassolukalvolle. Aktiopotentiaalin aiheuttama depolarisaatio vapauttaa Ca^{2+} , joka aktivoi aktiini- ja myosiinifilamenttien liukumisen toisten lomaan aiheuttaen lihassupistumisen. Relaksaatio tapahtuu, kun solun sisäinen kalsium pitoisuus vähenee. (Guyton 2000.)

Keskushermosto säätelee lihaksen tahdonalaista voimantuottoa muuttelemalla motoristen yksiköiden toimintataajuuksia eli syttymisfrekvenssejä ja toimivien motoristen yksiköiden lukumäärää. Mitä useampi motorinen yksikkö on käytössä ja mitä suurempi on niiden syttymistiheys, sitä enemmän on lihasaktiivisuutta. (Viitasalo 1985.)

Lihasten aktivoitumista voidaan mitata ihon pinnalta erityisillä aktiopotentiaaleja rekisteröivillä elektrodeilla. Rekisteröitävää signaalia kutsutaan elektromyografiaksi (EMG). Rekisteröity EMG-signaali edustaa ko. lihaksen toimivien motoristen yksiköitten yhteisaktiivisuutta. EMG-signaalia voidaan käyttää mm. kuvaamaan kokonaisvaltaisesti mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa, -ajoitusta ja -nopeutta. (Häkkinen 1990.)

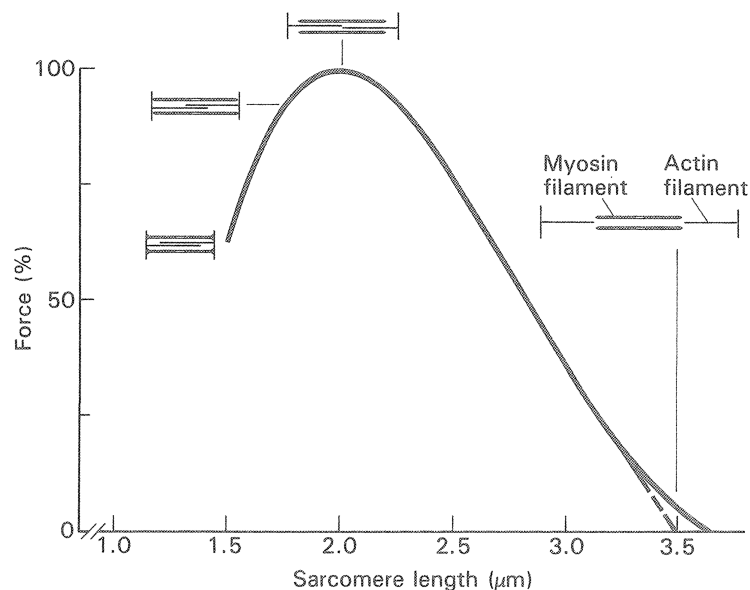
3.4 Voimantuottotavat

Hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto tapahtuu joko isometrisellä ja/tai dynaamisella lihassupistustavalla. Dynaaminen lihassupistustapa on joko konsentrista, eksentristä tai niiden yhdistelmää. Isometrisessä lihassupistuksessa lihaksen kokonaispituus ei muutu. Vaikka voimaa tuotetaan, mitään nivelliikettä ei tehdä eikä mahdollinen kuorma näin ollen liiku. Kun supistuva lihas lyhenee ja aiheuttaa liikettä, on kyseessä dynaaminen konsentrisen lihassupistustapa. Kun sen sijaan jokin ulkoinen kuorma venyttää lihasta, on kyseessä eksentrisen lihassupistus. Kaikilla supistustavoilla tuotettava voima

voidaan periaatteessa jaotella hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden rekrytoinnin määrän ja tavan mukaan. Lisäksi voima voidaan jakaa energiantuottovaatimusten mukaan maksimi-, nopeus- ja kestovoima-ominaisuuksiin. (Häkkinen 1990.)

3.4.1 Lihaksen pituus ja voima

Lihaksen pienimmän supistuvan komponentin eli sarkomeerin tuottama voiman suuruus on pitkälti riippuvainen sarkomeerin pituudesta. Sarkomeerin eri pituuksille muodostuu eri määrä poikittaissiltoja aktiini- ja myosiinifilamenttien välille. Sarkomeerin voima on suurimmillaan keskipituuksilla (n. 2,0 μm) (Kuva 5.). Sarkomeerin voima-pituusriippuvuus kuvaa muodoltaan myös koko lihaksen pituuden ja se tuottaman voiman välistä riippuvuutta, vaikka koko lihaksen voimantuottoon vaikuttaa myös sidekudosten tuottama voima. Suurin voima tuotetaan siis lihaksen keskipituuksilla. (Edman 2003.)

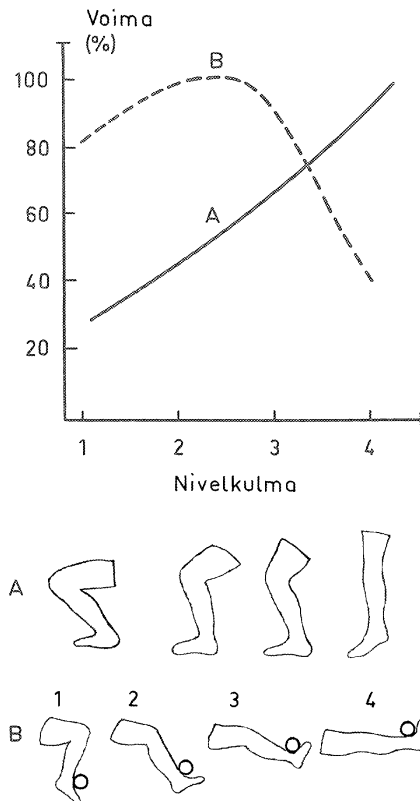


Kuva 5. Sarkomeerin voima-pituus riippuvuus (Edman 2003).

3.4.2 Nivelkulma ja voima

Yksittäisen lihaksen jänteeseen tuottama voima on yhteydessä lihaksen pituuteen. Kullekin lihakselle on olemassa tietty nivelasento, jolla lihas pystyy tehokkaimmin vääntämään niveleen kytkeytyneitä luita toisiinsa nähden. Nivelliikkeille voidaan mitata

oma spesifinen nivelkulma ja niveltä liikuttavan lihaksiston yhteinen voimakäyrä kuvaaja. Kuvassa 6 on esitetty nivelkulman ja tuotetun maksimaalisen isometrisen voiman välinen riippuvuus polven ojennuksessa ja jalkakyykyssä, jossa liike tapahtuu usean nivelen kautta. (Häkkinen 1990.)



Kuva 6. Nivelkulman ja voiman riippuvuus jalkakyykyssä (A) ja polvenojennuksessa (B) (Häkkinen 1990).

3.5 Voimantuotto- ja nopeusominaisuuksien kehittyminen

Voima lisääntyy lapsella, nuorella ja aikuisella perimän ja ulkoisten tekijöiden (leikkien, harjoittelun, työn) vaikutuksesta. Murrosiän nopean hormonaalisen kypsymisen tuoman lihasmassan lisäyksen seurauksena voima lisääntyy sekä tytöillä, mutta erityisesti pojilla. Aikuisena miehet ovat voimakkaampia kuin naiset, ja voiman arvot ovat huipussaan molemmilla sukupuolilla 20–30 vuotiaana. (Jones ym. 1989.)

Voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen lapsella ja nuorella seuraa yleistä kasvukäyrää. Pituuden ja kehon painon lisääntyessä myös voima kasvaa. Erityisesti

pojilla havaitaan selkeä staattisen ja räjähtävän voiman kasvu 3 - 12 kk pituuskasvuhuipun jälkeen. Voimakas voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen pituuskasvupyrähdysen jälkeen havaitaan myös tytöillä, mutta se ei ole yhtä selkeää kuin pojilla. Staattisen voiman kehittyminen on sekä pojilla että tytöillä yhteydessä nuorten biologiseen kehittymiseen ja kasvaa puberteetin jälkeen. Puberteetti-ikäisillä kehon rakenteen, kehon painon ja biologisen kehitysvaiheen yhteys selittää suurimman osan voiman vaihteluista. (Beunen & Thomis 2000) Taulukossa 2 on esitelty eri voimantuotto-ominaisuuksien herkkyyskaudet lapsilla ja nuorilla.

Taulukko 2. Herkkyyskaudet eri voimaominaisuuksille ikävuosina 5-15. (Knirsch 1997.)

ikä	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
OMINAISUUS:										
Staattinen maksimivoima										
Dynaaminen maksimivoima										
Reaktiivinen nopeusvoima										
Aktiivinen nopeusvoima										

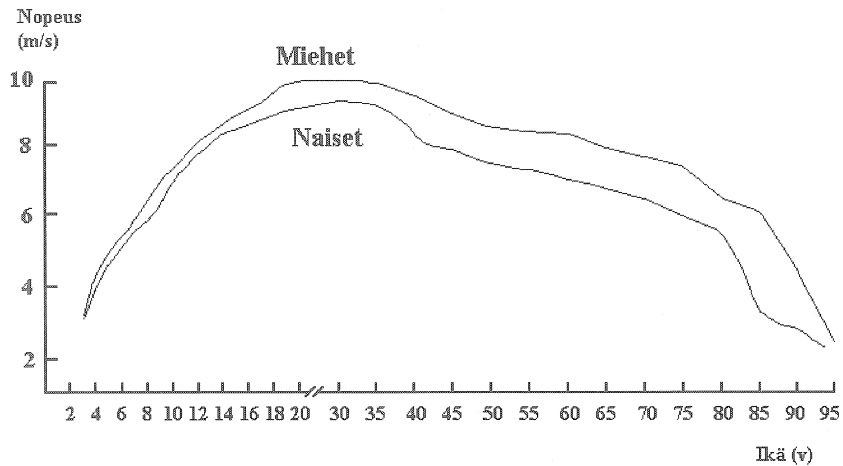
Nopeus on luokiteltavissa perus- ja lajikohtaiseksi nopeudeksi. Viimeksi mainitun eri muodot ovat: perusnopeus, reaktionopeus, räjähtävä nopeus ja liikenopeus. Perusnopeus kuvaa hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyä esimerkiksi 60 metrin juoksussa lentävällä lähdöllä tai 10 - 20 metrin nopeassa siirtymisessä paikasta toiseen. Jokaisella lajilla on oma lajityypillinen nopeuden mittansa. Reaktionopeus on kyky reagoida nopeasti johonkin ärsykkeeseen. Se mitataan yleensä reaktioajan avulla ja se tarkoittaa aikaa, joka kuluu ärsykkeestä toiminnan alkamiseen. Räjähtävällä nopeudella tarkoitetaan lyhytaikaista, yksittäistä ja mahdollisimman nopeaa liikesuoritusta. Se on ratkaisevasti riippuvainen nopeusvoimasta. Räjähtävää nopeutta tarvitaan muun muassa hyppyjen ponnistusvaiheessa. Liikenopeus tarkoittaa nopeuden kehittämistä ja sen säilyttämistä toistuvassa liikkeessä. Tyypillinen esimerkki on pikajuoksu. Se voidaan jakaa maksimaaliseen ja submaksimaaliseen osaan. (Mero 1997.) Taulukossa 3 on esitetty nopeuden herkkyyskausi lapsilla ja nuorilla.

Taulukko 3. Nopeuden herkkyykskaudet ikävuosina 5-15. (Knirsch 1997.)

ikä	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
OMINAISUUS:										
Nopeus										

Maksimaalinen juoksunopeus kehittyy tytöillä ja pojilla tasaisesti ja samansuuntaisesti ensimmäisen 10 ikävuoden aikana. Sen jälkeen pojat kehittyvät 15. ikävuoteen mennessä selvästi tyttöjä enemmän. Kuvassa 7 on esitelty maksimaalisen juoksunopeuden kehittyminen lapsuudesta vanhuuteen. (Mero 1997.)

JUOKSUNOPEUDEN MUUTTUMINEN IHMISELÄMÄN AIKANA



Kuva 7. Juoksunopeuden kehittyminen iän ja sukupuolen mukaan. (Mero 1997.)

4 TELINEVOIMISTELUN LAJIANALYYSI

Telinevoimistelu on monipuolinen laji, joka vaatii voimistelijalta voimaa, liikkuvuutta, nopeutta, kestävyyttä sekä ennen kaikkea taitavuutta. Taidon osa-alueista painottuvat liiketaju, käsien ja jalkojen varassa tapahtuva tasapaino, koordinaatiokyky sekä ajan arviointikyky. Voimistelijan viisi tärkeintä hermolihasjärjestelmän ominaisuutta ovat nopeus, nopeusvoima, maksimivoima, liikkuvuus ja kestävyys. Taidon osa-alueista telinevoimistelussa painottuvat liiketaju, käsien ja jalkojen varassa tapahtuva tasapaino, orientaatiokyky ja ajan arviointikyky. (Salmela 1976, Holopainen 1997.) Naisten telinevoimistelu koostuu neljästä telineestä, jotka ovat hyppy, eritasonojapuut, puomi ja permanto. Miesten telinevoimistelussa on kuusi telinettä; permanto, hevonen, renkaat, hyppy, nojapuut ja rekki. (FIG 1999.)

4.1 Suoritustekniikoiden ja liikkeiden biomekaaninen luokittelu

Vanha Vallière'n (1976) luokittelu telinevoimistelun tärkeimmistä lihastyön tehtävistä pätee edelleen. Nämä viisi tehtävää ovat:

1. Vartalon sulkeminen – suorien jalkojen tuonti rintakehää vasten tai rintakehän tuonti jalkoja vasten.
2. Vartalon avaaminen – edellisen vastakohta.
3. Hartialinjan sulkeminen – suorien käsien lasku ylhäältä vartalon eteen.
4. Hartialinjan avaaminen – suorien käsien nosto vartalon edestä ylös.
5. Kyynärvarren avaaminen – kyynärvarren suoristus suhteessa käsivarteen.

Lisäksi lonkan ja selän asennot, käsien työnnöt ja jalkojen ponnistukset sekä suunnan ja rotaation päättäminen ovat tärkeitä muuttujia voimistelusuorituksissa (Vallière 1976).

Telinevoimisteluliikkeet voidaan jakaa staattisiin ja dynaamisiin. Staattisia liikkeitä ovat voima-, notkeus- ja tasapainoliikkeet, kuten esimerkiksi ristiriipunta, spagaati ja vaaka. Dynaamiset liikkeet vaativat koordinaatiokykyä ja dynaamista voimaa. Suurin osa telinevoimisteluliikkeistä on dynaamisia. (Brüggemann 1994.)

Brüggemannin (1994) mukaan telinevoimisteluliikkeet voidaan jakaa viiteen kategoriaan suoritustekniikan ja mekaniikan mukaan:

- Kategoria 1 PON – Ponnistus ja työntö kovalta tai joustavalta alustalta (vartalon lähtö- / irtaantumisnopeuksien tuotto).
- Kategoria 2 ROVE – Rotaatiot vertikaalisuunnassa pysyvän tai liikkuvan horisontaalisen akselin ympäri. (mekaanisen energian tuotto ja käyttö).
- Kategoria 3 ROHO – Rotaatiot horisontaalisuunnassa vertikaali akselin ympäri. (mekaanisen energian tuotto ja käyttö).
- Kategoria 4 ILMA – Ilmassa tapahtuvat rotaatiot. (inertiamomentin muutokset).
- Kategoria 5 ALAS – Alastulot. (mekaanisen energian absorptio).

Ponnistus ja työntö liikkeet (PON) voidaan suorittaa eteenpäin, taaksepäin ja sivuttain joko jalka- tai käsikosketuksen kautta. PON -liikkeet jaetaan vielä neljään ryhmään liikemäärän suunnan, joka voi olla lineaarinen tai rotationaalinen, ja suoritustekniikan mukaan. Hyppy sekä permannon ja puomin akrobaattiset liikkeet kuuluvat tähän kategoriaan. Vertikaalisuuntainen rotaatio ryhmään (ROVE) kuuluvat kaikki rekin, renkaiden, eritasanojapuiden ja nojapuiden liikkeet. Mekaanisen energian tuotto ja siirtyminen ovat näiden liikkeiden perustana. Kehon painolla ja gravitaatiovoimalla on myös suuri osuus liikkeen tuottamisessa, koska pyöritään horisontaalisen tason ympärillä. Horisontaalisuuntainen rotaatio (ROHO) käsittää ympyrämäiset, pyörivät liikkeet hevosella, joita tehdään myös permannolla ja nojapuilla, sekä piruetit ja käsiseisonnassa tehdyt rotaatiot pitkittäisakselin ympäri. Kehon painolla ei ole vaikutusta, vaan lihasvoima toimii gravitaatiota vastaan. Ilmassa tapahtuva liike (ILMA) on riippumaton telineistä. Ainoa ulkopuolinen voima, gravitaatiovoima, toimii massakeskipistettä vastaan eikä tuota liikettä akselin ympäri. Näihin liikkeisiin luetellaan voltit ja niissä tapahtuvat kierteet. Alastulojen (ALAS) tehtävänä on pysäyttää kehon nopeus tultaessa telineeltä alas ja suojata loukkaantumisilta. (Brüggemann 1994.)

4.2 Telinevoimistelun voimantuotolliset vaatimukset

Telinevoimistelijat ovat maailman vahvimpien urheilijoiden joukossa, mikäli voimaa tarkastellaan kehon painoon suhteutettuna. Tämä ilmenee voimistelijoiden kykynä kannatella ja liikuttaa kehoaan mitä moninaisimmissa asennoissa (Howells 2001). Voimistelusuorituksissa käytetään konsentrista, eksentristä, sekä isometristä lihastyötä. Maksimaalisen voimantuoton lisäksi suorituksen onnistumiseen vaikuttaa ratkaisevasti teho, eli kuinka nopeasti tarvittava voima kyetään tuottamaan. Suorituksissa onnistuvat paremmin yleensä voimistelijat, jotka kykenevät tehokkaaseen voimantuottoon suurilla kulmanopeuksilla. (Salmela 1976.)

Telinevoimistelutelineiden ja voimistelijoiden ominaisuuksien kehittymisen myötä ovat törmäysvoimat suurentuneet etenkin hypyssä ja permannolla. Voltit ovat korkeampia ja niiden alastulonopeudet suurempia. Voimistelijoiden alaraajoihin kohdistuu yhä suuremmat törmäysvoimat. Törmäysnopeus 8,5 m/s voi aiheuttaa voimistelijalle jopa 18 kertaa kehon painon suuruisia voimia. (Russell ym. 1995.)

Permantovoimistelun ponnistukset ovat hyvin nopeita ja tapahtuvat suurilta esim. 120° polvikulmilta. Suurin osa on tasajalkaponnistuksia, etenkin kaikkein suurimpia voimia vaativat volttien ponnistukset. Yhden jalan ponnistuksia vaativat puolivoltit ja arabialaiset ovat liikkeitä, joilla pyritään pitämään yllä juoksuvauhdista saatavaa vaakanopeutta ja lisäämään pyörimisimpulsseja varsinaisten volttien ilmalentoa varten. (Hwang ym. 1990.)

Hypy on hyvin lyhytkestoinen suoritus ja vaatii suuria tehoja eli nopeusvoimaa (Koivunen 2000). Vaikeimpien hypyen 9 m/s laudalle tulonopeus vaatii hyviä nopeus- ja nopeusvoimaominaisuuksia (Krug & Fetzer 1997). Ponnistusvaihe on kestoltaan lyhyt noin 0,1 s, ja siinä ajassa voimistelijaan kohdistuu yli neljä kertaa kehon painon kokoisia voimia (Takei 1990.) Hypyssä nopeusvoimaominaisuudet ja riittävä alaraajojen maksimivoimataso ovat tärkeässä osassa, jotta jalat kestäisivät törmäyksen ja juoksunopeus pystytään siirtämään vauhdista loppulentoon. Hypyn juoksuvauhti on vain 25 m pitkä, joten se korostaa nimenomaan kiihdytyksen merkitystä. (Koivunen 2000.)

Alastuloissa polvinivel vaimentaa voimat 90° nivelkulmaan asti jopa $1000^\circ/\text{s}$ kulmanopeudella. Polvenojentajien lihasryhmän eksenttrinen työ tapahtuu nivelkulmilla $0^\circ \rightarrow 40^\circ - 60^\circ$ polven fleksiosuuntaan. Takareiden lihakset auttavat stabiloimaan polvinivel alastuloissa. Polvenojentajien supistusvoiman ja nopeuden kasvaessa myös koukistajien koaktivaatio kasvaa, eli lihasten agonisti-antagonisti yhteistyö on saumatonta. (Russell ym. 1995.)

Puomilla ponnistuksen kontaktiajat ja nivelkulmat vaihtelevat. Yhden sarjan aikana huippuvoimistelijoilla on yleensä yhteensä 10–20 yhden- tai kahdenjalan ponnistusta. Osa ponnistuksista lähtee lähes 90° polvikulmilta, kuten voimistelulliset hyppyt. Osa taas on permantovoimistelumaisia lyhyen kontaktiajan omaavia flick-flack- ja vlttisarjoja. (Koivunen 2000.)

5 TELINEVOIMISTELIJOILLA MITATTUJA VOIMANTUOTTO-OMINAISUUKSIA

5.1 Nopeus

Telinevoimistelussa hypyn juoksuvauhdin nopeus antaa hyvän kuvan voimistelijan nopeudesta. Miesten Yurchenko- hypyistä eli arabialaislähtöisistä hypyistä on mitattu horisontaali laudalle tulonopeudeksi 5,1-5,5 m/s ja horisontaali laudalta lähtönopeudeksi 3,1-3,6 m/s. Arabialaisessa laudalle tulonopeus hidastuu ja se vaikuttaa vauhdinoton nopeuteen. (Takei 1990.) Naisilta on mitattu hypyn juoksuvauhdin nopeudeksi 7,4 ja tytöiltä 7,1 m/s. Hyppytekniikoiden välillä oli myös eroja juoksunopeudessa: urhon ja Tsukahara- hypyt n. 7,3 m/s ja Yurchenko- hypyt 7,0–7,21 m/s. (Sands 2000, Krug ym 1998.) Naisvoimistelijalta mitattu nopein juoksuvauhti on 7,9 m/s. (Krug ym. 1998.)

Telinevoimistelussa käytetyt jalkojen nopeustestit ovat yleensä juoksunopeustestejä. 20 m:n juoksu on yleisin testi (Koivunen 2000), mutta myös 30 m:n juoksua on käytetty (DTB 1997). Optimiarvoja on esitetty taulukossa 4. Telinevoimistelijatyttöjen (9-13v) nopeudeksi on mitattu 20 m matkalta keskiarvona $3,4 \pm 0,2$ s (Lindner ym. 1991). Kanadan miesten (yli 18v) nopeudeksi on mitattu $3,1 \pm 0,2$ s samalta matkalta (Jancarik & Salmela 1987).

Taulukko 4. Eri maiden juoksunopeuden optimiarvot 9-18 vuotiaalle voimistelijapojille.

	9-11	11-12	13-14	15-16	17-18	yli 18
Suomi, lentävä 20m (Söderqvist 1990)				2,2 s	2,2 s	2,2 s
Venäjä, paikalta 20m (Stokin 1986)			3,0 s	3,0 s		
Kv. voimisteluliitto, paikalta 20m (FIG 1999)	4,0 s	3,5 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s	3,0 s
Saksa, 30m juoksu (DTB 1997)	5,0 s	4,7 s	4,4 s	4,2 s	4,0 s	

5.2 Nopeusvoima

Permännolla voimistelija tarvitsee erityisesti alaraajojen nopeusvoimaa. Akrobaattiset sarjat, voimistelulliset hypyt ja volttien ponnistukset vaativat voimistelijalta nopeutta ja

räjähävyyttä ponnistusvaiheessa. (Koivunen 2000.) Permannolla suoritettujen kaksoisvolttien ponnistuksen horisontaalinopeudeksi on mitattu jalkojen kontaktivaiheessa 4,1 - 4,3 m/s ja vertikaalinopeudeksi 0,25 - 0,31 m/s. Jalkojen irtoamisvaiheessa horisontaalinopeus oli 3,1 m/s, kun vertikaalinopeus oli 3,75 m/s. Ponnistusvaiheen kontaktiaika oli n. 0,15 s. (Hwang ym. 1990). Liitteenä olevassa taulukossa on esitelty joidenkin permannon volttsarjojen mekaanisia piirteitä (LIITE 1).

Telinevoimistelussa käytetyt alaraajojen nopeusvoiman testaustavat ovat yleensä kenttätestejä, mutta myös voimalevyantureilla ja kontaktimatolla tehtyjä vertikaali- ja pudotushyppyjä on käytetty. Seinäkorkeushyppy ja vauhditon pituus ovat yleisesti käytettyjä. (Koivunen 2000.)

Entisen DDR:n ja nykyisen Saksan miesten maajoukkuevoimistelijoiden ponnistusvoima-ominaisuudet testataan voimalevyanturilla, ja testiliikkeinä staattinen hyppy, kevennyshyppy ja tärkeimpinä pudotushypyt eri korkeuksilta. Staattisen hypyn keskiarvot olivat n. 40 cm ja esikevennyshypyn n. 42 cm. Pudotushypyissä parhaimmat lentokorkeudet saatiin 60 cm:n korkeudelta; keskimäärin 56 cm (paras 61,7 cm). (Nissinen 1990.) Suomen miesten maajoukkueen pudotushyppyjen keskiarvokorkeudet olivat n. 35 cm 60 ja 80 cm:n pudotuksella (paras tulos 43 cm) (Koivunen 1999). Kanadan miesten maajoukkueen staattisten ja kevennyshyppyjen keskiarvot olivat 62 ja 61 cm (Jancarik & Salmela 1987). U.S.A.:n telinevoimistelijatytöiltä on mitattu käsien avulla tehdyn 27 cm pudotushypyn lentokorkeudeksi 55–57 cm (McNeal 2001). Suomalaisilla (ka 12,6 vuotta) telinevoimistelijatytöillä on mitattu kovalla alustalla tehtyjen pudotushyppyjen korkeudeksi 29,3 cm (40 cm) ja 28,7 cm (60 cm). Voimistelupermannon päällä tehtyjen pudotushyppyjen vastaavat hyppykorkeudet olivat 42,3 cm ja 43,7 cm. Kevennyshyppyjen keskiarvo oli 28,8 cm ja vauhditon pituus 210 cm. (Koivunen 2000.)

Suomen miesten maajoukkueen optimiarvo vauhdittomassa pituudessa on 280 cm (Söderqvist 1990), venäläisten 13-15-vuotiaisen nuorten 270 cm (Stokin 1986) ja aikuisten 280 cm (Shevchenko ym. 1980). Optimiarvo telinevoimistelijoille vauhdittomassa pituudessa on hypätä 1,5 kertaa oma pituus. Kansainvälisen voimisteluliiton asettamat vauhdittoman pituuden optimiarvot eri ikäluokille ovat

taulukossa 5. (FIG 1999). Kanadalaisille 9-13-vuotiaille tyttövoimistelijoille tehdyssä vauhditon pituus –testissä taitavien ryhmä hyppäsi 190 (voimistelijoiden pituus 148,1) ja harrastelijat 176,2 cm (voimistelijoiden pituus 146,9) (Lindner ym. 1991).

Taulukko 5. Kansainvälisen voimisteluliiton suosittelemat optimiarvot eri ikäisille nais- ja miesvoimistelijoille vauhditon pituus -testissä. (mukailtu FIG 1999.)

	7v	8v	9v	10v	11v	12v	13v	14v	15v	16v	17-v
Tytöt	125	143	146	167	180	203	214	221	225	225	225
Pojat	160	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270

Saksan voimisteluliiton testipatteristossa on lajinomaisena nopeusvoiman testiliikkeenä kahden askeleen vauhdista ponnistuslaudalta ponnistaen eteenpäin kerävoltti / voltteja. Pisteytys on peräkkäin suoritettujen volttien lukumäärän mukaan: 4 voltia = 10p, 3 voltia = 8p, 2 voltia = 5p ja 1 voltti = 2p. (DTB 1997.)

5.3 Maksimivoima

Telinevoimistelijoiden yhdenjalan maksimaalista isokineettistä vääntömomenttia on mitattu 90-0° polvikulman välillä eri nopeuksilla (Russell ym. 1995, Burnie 1987, Housh ym.1995). Päätulokset polvenojentajille ja -koukistajille näkyvät taulukossa 6 ja 7. Naistelinevoimistelijoilla on mitattu polvenojentajien ja –koukistajien vääntömomentin suhteeksi 0,50–0,69 eri kulmanopeuksilla (Burnie 1987). Miehillä vastaavat suhteet olivat 0,48 - 0,54 (Russell ym1995).

Taulukko 6. Miestelinevoimistelijoiden maksimivääntömomentit (Nm) polvenojentajille ja -koukistajille eri kulmanopeuksilla (Russell ym. 1995).

ikä	Polvenojennus		Polvenkoukistus	
	90°/s	230°/s	90°/s	30°/s
19v>	182,3	130,9	87,2	66,6
17-19v	162,8	115,1	79,5	61,9
15-17v	137,3	98,5	64,2	51,1
< 15v	91,4	70,9	44,4	36,5

Taulukko 7. Naistelinevoimistelijoiden maksimivääntömomentit (Nm) polvenojentajille ja -koukistajille eri kulmanopeuksilla (Housh ym. 1995).

Ikä	Polvenojennus			Polvenkoukistus		
	30°/s	180°/s	300°/s	30°/s	180°/s	300°/s
13-18 v	138	78	51	78	52	38

Kansainvälisen voimisteluliiton suosittelema testipatteristo sisältää tytöille ja naisille jalkaominaisuuksien maksimivoimatestiliikkeenä yhdenjalan syväkykyä. Testissä lasketaan toistomäärät (RM) 30 ja 60s aikana. Optimiarvot eri-ikäisille voimistelijatytöille ovat taulukossa 8. (FIG 1999).

Taulukko 8. Kansainvälisen voimisteluliiton suosittelemat optimiarvot eri-ikäisille naistelinevoimisteliijoille jalkojen toistomaksimi (RM) voimatestissä.

Yhdenjalan kyyky (RM)	9-10v.	10-11v.	11-12v.	12-13v.	13-14v.	14-15v.	16-18v.
30 s.	22	23	23	23	29	24	23
60 s.	39	42	42	42	51	45	42

6 TUTKIMUSONGELMAT

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli

1. Selvittää kahden eritasoisten (A- ja B- maajoukkue) naistelinevoimistelijoiden eri lihasryhmien voimantuotto-ominaisuuksia.
2. Miten hermolihaskäytännön suorituskyky muuttuu biologisen kehityksen myötä pre- ja postpuberteetti-ikäisillä naistelinevoimistelijoiden?
3. Vertailla laboratorio ja kenttätestien kykyä erottaa eri lihasryhmien voimantuottoa 11-18- vuotiailla naistelinevoimistelijoiden.

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä oli 27 naistelinevoimistelijaa, jotka jaettiin 4 eri ryhmään biologisen kehitystason ja voimistelun taitotason mukaan. Biologista kehitystasoa arvioitiin kyselykaavakkeen (Liite 2) sekä Tannerin (1962) kehitysastetaulukon mukaan (lääkärin tarkastuksessa). Biologisen kehityksen perusteella voimistelijat jaettiin pre- ja postpuberteettiryhmiin kuukautisten alkamisen mukaan. Post ryhmässä olivat ne voimistelijat, jotka olivat saavuttaneet menarken (post A $14,7 \pm 1,6$ ja post B $13,0 \pm 1,7$ -vuotiaina) ja pre ryhmässä ne, jotka eivät sitä olleet saavuttaneet. Lisäksi voimistelijat jaettiin A ja B ryhmiin voimistelun taitotason mukaan. A ryhmässä olivat A-maajoukkuenaiset ja tytöt ja B ryhmässä vastaavasti B-maajoukkuenaiset ja tytöt. Taulukossa 9 on esitelty koehenkilötiedot.

Taulukko 9. Koehenkilötiedot.

	IKÄ	KILPAILU- VUODET	PITUUS	PAINO	BMI	RASVA%	Tanner
Post A, (n=5)	$16,9 \pm 0,8$	$10,5 \pm 1,1$	$1,62 \pm 0,03$	$53,2 \pm 4,5$	$20,4 \pm 1,5$	$19,6 \pm 1,4$	$7,6 \pm 1,1$
Post B, (n=5)	$15,2 \pm 1,7$	$7,0 \pm 2,5$	$1,60 \pm 0,04$	$51,2 \pm 0,9$	$19,9 \pm 0,9$	$20,5 \pm 2,2$	$8,0 \pm 0,7$
Pre A, (n=9)	$13,9 \pm 1,4$	$6,3 \pm 1,6$	$1,5 \pm 0,07$	$40,4 \pm 6,1$	$17,8 \pm 1,7$	$17,8 \pm 3,4$	$4,9 \pm 1,8$
Pre B, (n=8)	$13,6 \pm 2,0$	$5,9 \pm 1,6$	$1,47 \pm 0,1$	$38,2 \pm 8,5$	$17,5 \pm 1,8$	$19,3 \pm 2,3$	$4,6 \pm 2,0$

[□] p<0.1, ** p<0.01, *** p<0.001

7.2 Antropometriset mittaukset

Antropometrisistä muuttujista mitattiin paino, pituus ja rasvaprosentti. Koehenkilöiden paino mitattiin elektronisella vaa'alla 100 gramman tarkkuudella. Pituus mitattiin seisten seinään kiinnitetyllä mittanauhalla. Rasvaprosentti määritettiin olkavarren ojentajan, hauislihaksen, lavanaluksen ja suoliluun harjanteen ihopoimujen summasta (Durnin & Womersley 1974). Antropometriset mittasuhteet syliväli, istumapituus, hartioiden ja lantion leveys, vyötärön ympäryys, rinnan ympäryys, reiden ja säären pituus mitattiin mittanauhalla.

7.3 Laboratoriomittaukset

7.3.1 Nopeus

Juoksunopeus määritettiin urheiluhallissa tartan alustalla 20 m matkalta valokennojen avulla. Lähtö tapahtui seisovasta asennosta josta kiihdytettiin täyteen vauhtiin. Koehenkilöt juoksivat 3 suoritusta lenkkikengät jalassa. Valokennojen näyttämä aika (s) muutettiin nopeudeksi (m/s).

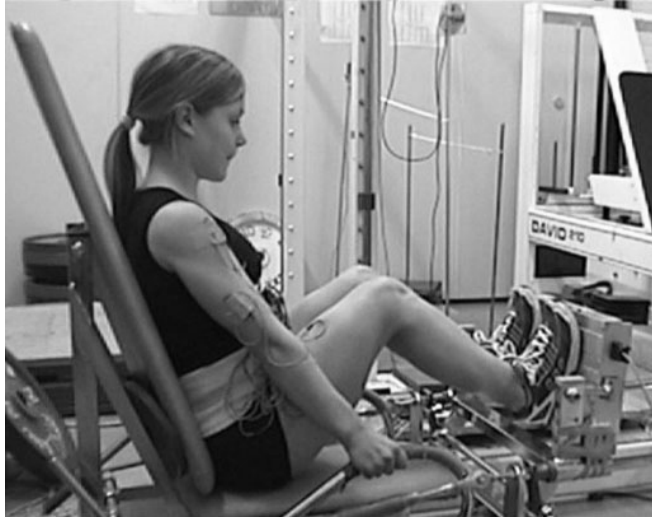
7.3.2 Vertikaalihyppy

Vertikaalihyppyjen nousukorkeuden määrittämiseen käytettiin voimalevyanturia (Raute Oy, Suomi). Pudotushyppyjen 40 ja 60 cm korkeudelta ja vapaahypyn (vertikaalihyppy vapaavalintaisesta polvikulmasta käsillä auttaen) osalta koehenkilöllä oli kolme yritystä, joista parhaan nousukorkeus analysoitiin FCodas-tietokoneohjelman avulla (Liikuntabiologian laitos, Suomi). Pudotushyppyissä suoritus tehtiin polvet lähes suorina, mikä on telinevoimistelussa lajinomaista. Vertikaalihyppyissä oli voimalevyn päällä kontaktimatto, joka antoi lentoajan jokaisen hypyn jälkeen.

7.3.3 Alaraajojen isometriset voimamittaukset

Koehenkilöt tekivät 3 suoritusta jokaiselle lihasryhmälle. Mikäli viimeinen suoritus oli enemmän kuin 5 % parempi kuin edellinen paras suoritus, tehtiin lisäsuorituksia. Voimasignaali taltioitiin suorituksista 1024 Hz:n taajuudella suoraan tietokoneelle (Codas, Data Instruments Inc., USA) ja varmuuskopiona myös nauhurille (Racal V-Store 14). Voimantuoton analysoinnissa käytettiin dos pohjaista voima-tietokoneohjelmaa (Liikuntabiologian laitos, Suomi). Kaikissa isometrisissä maksimivoimamittauksissa parhaasta suorituksesta analysoitiin maksimivoiman lisäksi voimantuotonopeus, voimantuotto- ja relaksaatioajat sekä tuotetun voiman keskiarvo 0-100 ms ja 0-500 ms ajoilta.

Alaraajojen isometristä bilateraalista ojennusvoimaa mitattiin jalkadynamometrissä 107° ja 140° polvikulmalla (Häkkinen ym. 1985) (kuva 8).



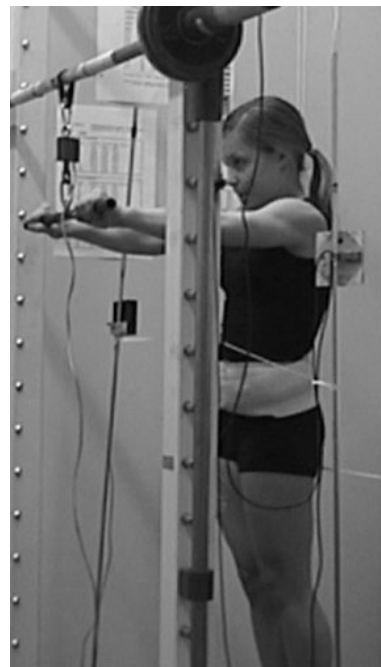
Kuva 8. Alaraajojen isometrinen bilateraallinen maksimivoimatesti

Isometrinen unilateraalinen polvenojennusvoima mitattiin oikeasta jalasta voimapenkissä David 210 – dynamometrillä (David Fitness and Medical, Suomi) 90° polvikulmalla. Polvikulmat määritettiin goniometrillä. Koehenkilöitä ohjeistettiin tuottamaan voima niin nopeasti kuin mahdollista, koska suorituksesta analysoitiin voimantuottonopeus.

7.3.4 Yläraajojen ja vartalon isometriset voimamittaukset



Kuva 9. Bilateraallinen hartiaojennus



Kuva 10. Bilateraallinen hartiakoukistus

Yläraajojen isometriset voimamittaukset olivat oikean käden unilateraalinen hauisvääntö (voimapenkki), bilateraallinen hartiaojennus (kuva 9) ja -koukistus (kuva 10) (venymäliuska-anturi mittasi roikkuvaan tankoon kohdistuvan voiman) sekä molempien käsien puristusvoima. Puristusvoiman mittauksissa dynamometrin oteleveys säädettiin peukalon kämmennivelen ja keskisormen keskinivelen mukaan.

Keskivartalon isometriset mittaukset sisälsivät isometrisen vartalonojennuksen (kuva 11) ja -koukistuksen (kuva 12) vartalodynamometrissä (Viljanen ym. 1991).



Kuva 11. Isometrinen vartalonojennus



Kuva 12. Isometrinen vartalonkoukistus

7.4 Kenttätestit

7.4.1 Nopeus

Kaikilla mittauspaikoilla koehenkilöt suorittivat 3 suoritusta, josta paras huomioitiin tuloksissa. Nopeustesti suoritettiin voimistelun hypyn juoksumatolla avojaloin. Matka oli 20m ja lähtö paikalta. Juoksunopeus mitattiin valokennoilla (Newtest) ja käsin ajanottokellolla. Valokennojen ja käsiajan aika (s) muutettiin nopeudeksi (m/s).

7.4.2 Alaraajojen hyppytestit ja voimatesti



Kuva 13. Pudotushypyn ilmalento.

Kenttätestien nopeusvoimatesti suoritettiin voimistelukanveesilla mittausvälineenä kontaktimatto. Pudotushyppy 40, 60 ja 80 cm korkeudelta suoritettiin polvet lähes suorina ja avojaloin (Kuva 13). Lentoajasta laskettiin hypyn korkeus (cm). Seinäkorkeushyppy suoritettiin voimistelumaton päällä seinän vieressä siten, että ensin mitattiin käden ulottuvuus seisten ja sitten hypyn kanssa. Hypyn korkeus saatiin mittaamalla mittanauhalla merkkien välinen etäisyys. Vauhditon pituushyppy suoritettiin voimistelumatolla avojaloin ilman koroketta. Hypyn pituus mitattiin mittanauhalla.

Kenttätestien mittauksissa alaraajojen maksimivoimatestinä käytettiin yhdenjalan kyykyn toistomaksimia (RM) 90° polvikulmasta pienellä pysähdyksellä (kuva 14). Suoritus tehtiin molemmilla jaloilla. Koehenkilö sai itse valita, kummalla jalalla aloitti. Suorituksen aikana koehenkilöllä oli 10 % omasta painosta (BW) ylävartalossa / vyötäröllä lisäpainona. Polvikulmaa kontrolloitiin koehenkilön takana vaakatasossa olevan kepin avulla siten, että koehenkilön takapuolen oli osuttava keppiin. Suoritusaikaa ei mitattu, mutta suorituksen oli jatkuttava koko ajan. Testissä laskettiin maksimaalinen toistojen määrä.



Kuva 14. Yhdenjalan kyykyn toistomaksimi – testi.

7.4.3 Yläraajojen testiliikkeet

Yläraajalihasten dynaamista voimaa testattiin rissalaitteessa hartiaojennus ja -koukistus testiliikkein (kuvat 15 ja 16). Koehenkilöt makasivat kelkassa ja vetivät suoraan käsien itsensä ylös. Koukistuksessa koehenkilöillä oli 10 % BW lisäpainona kelkan alapuolella. Testissä laskettiin maksimaalinen toistojen määrä.

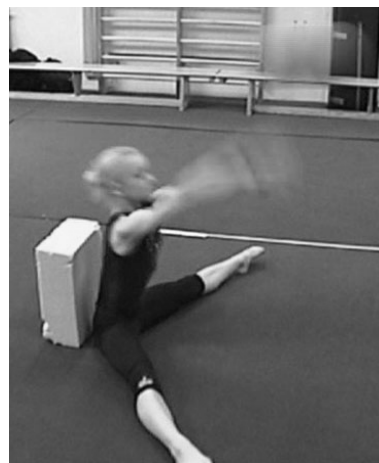


Kuva 15. Hartiakoukistus



Kuva 16. Hartiaojennus

Nopeusvoimatestinä käytettiin kuntopallonheittoa pään yli eteenpäin (kuvat 17a ja b) ja taaksepäin ja (kuvat 18a ja b) sekä nojapuilla heilahdus käsinseisontaan. Kuntopallonheitto (1kg) suoritettiin haaraistunnasta kädet mahdollisimman suorina. Heiton pituus mitattiin mittanauhalla 2 cm tarkkuudella.



Kuva 17 a ja b. Kuntopallonheitto eteen.



Kuva 18 a ja b. Kuntopallonheitto taakse.

Heilahdus käsinseisontaan (kuva 19 a, b ja c) on nojapuilla perusvoimisteluliike ja vaatimukset olivat FIG 2000 CoP sääntöjen mukaiset, jolloin käsinseisonta hyväksytään, kun se on alle 10° vajaan pystytasosta. Lisäksi tekniikkavähennyksiä sai olla enintään 0,1 pistettä. Testissä laskettiin saavutettujen, kriteerit täyttävien käsilläseisontojen määrä.



Kuva 19 a, b ja c. Heilahdus käsiseisontaan.

Ylävartalon/kokovartalon voimatestiliikkeenä mitattiin köysikiipeilynopeus ja köysikiipeilyn maksimikorkeus (kuva 20 a ja b). Koehenkilöt kiipesivät mahdollisimman nopeasti 5 m köyden haaraistunnasta ylös saakka ilman jalkojen apua. Aika mitattiin sekuntikellolla. Kiivetty matka ja siihen kulunut aika merkittiin tulokseksi, jos koehenkilö ei päässyt ylös asti. Köysikiipeilyn maksimikorkeudessa koehenkilöillä oli 10 % BW vyötäröllä ja he kiipesivät haaraistunnasta ilman jalkojen apua niin korkealle kuin jaksivat. Katto tuli kuitenkin vastaan 320 cm kohdalla. Tulokseksi saatiin kiivetty matka (cm).



Kuva 20 a. Köysikiipeilymaksimi lähtöasento



Kuva 20 b. Köysikiipeily

7.4.4 Vartalon testiliikkeet



Kuva 21 a, b ja c. Vatsajalannostot.

Keskivartalon lihasten voimamittaukset olivat vatsajalannostot sekä dynaaminen ja staattinen vartalonojennus ja -koukistus. Vatsajalannostot (kuva 21 a, b ja c) suoritettiin puolapuilla roikunnasta polvet suorina siten, että varpaiden tuli koskettaa puolaa

ylhäällä tai polvien koskettaa nenää ja kantapäiden koskettaa puolaa alhaalla. Testissä oli 30 s aikaa tehdä mahdollisimman monta toistoa.

Dynaaminen vartalo-ojennus ja -koukistus suoritettiin korokkeenpäältä siten, että koehenkilön jalat olivat tuetut ja hän nosti ylävartaloaan ylös (kädet suorina vartalon jatkeena) kahden pisteen välissä (kuvat 22 ja 23). Ylhäällä pisteenä oli rekkitanko ja alhaalla pisteenä oli koukistuksessa mittaaajan vaakatasossa oleva käsi ja ojennuksessa lattia. Suoritus tehtiin pienen (1,25 kg pre ryhmällä ja 2,5 kg post ryhmällä) lisäpainon kanssa, joka oli käsissä. Testissä oli 30 s aikaa tehdä mahdollisimman monta toistoa.



Kuva 22. Dynaaminen vartalonkoukistus.



Kuva 23. Dynaaminen vartalo-ojennus.

Staattinen vartalo-ojennus ja -koukistus suoritettiin vartalo jännitettynä kahden korokkeen päällä (kuvat 24 ja 25). Koukistus suoritettiin selällään ja ojennus vatsallaan. Ojennuksessa korokkeet olivat kantaluun ja kainaloiden kohdalla ja koukistuksessa kehräsluiden ja rintalastan puolivälin kohdalla. Lisäksi koehenkilöillä oli 10 % BW lisäpaino lantion kohdalla. Molemmissa mitattiin aika ja vain yksi suoritus.



Kuva 24. Staattinen vartalonkoukistus.



Kuva 25. Staattinen vartalojennus.

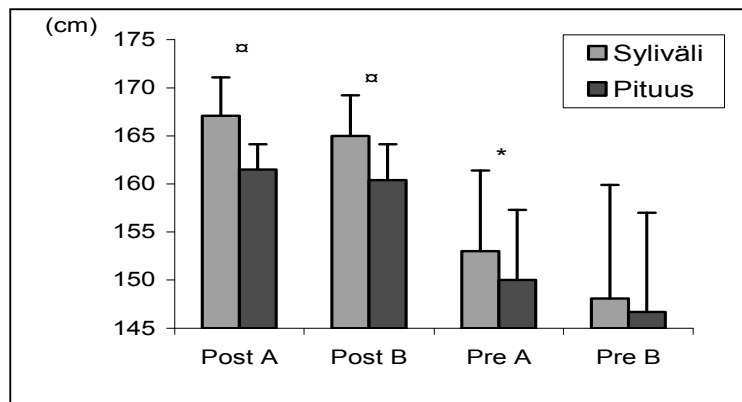
7.5 Aineiston tilastollinen käsittely

Aineiston käsittelyyn käytettiin SPSS tilasto-ohjelmaa. Aineistosta taulukoitiin tavanomaiset tilastolliset muuttujat: keskiarvot ja keskihajonnat. Merkitsevyyksien määrittämiseen ryhmien välillä käytettiin ANOVA ja Post Hoc LSD testiä. Merkitsevyydet p arvoilla * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$. Lisäksi huomioitiin pienen koehenkilöjoukon vuoksi myös lähes merkitsevät, suuntaa antavat χ^2 $p < 0.1$ arvot. Muuttujien välisiä korrelaatioita vertailtiin Pearsonin korrelaatiokertoimella.

8 TULOKSET

8.1 Antropometria

Koehenkilöryhmien ikä, kilpailuvuodet, pituus, paino, BMI ja rasva % näkyvät taulukossa 9. Naisten A ryhmä oli kilpaillut merkitsevästi ($p < 0.01-0.001$) kauemmin kuin muut ryhmät. Syliväli oli suurempi ($p < 0.1-0.05$) kuin pituus kaikissa ryhmissä paitsi pre B (kuva 26). Post ja pre ryhmien sisällä ei ollut merkitsevää eroa pituudessa eikä myöskään sylivälin pituudessa. Post ryhmät olivat merkitsevästi ($p < 0.05-0.01$) pidempiä kuin pre ryhmät sekä voimistelijoiden pituudessa että sylivälin pituudessa. Hartioiden leveys (post A 38,7, post B 37,7, pre A 34,8 ja pre B 34,3 cm) oli kaikissa ryhmissä merkitsevästi ($p < 0.001$) suurempi kuin lantion leveys (post A 28,8, post B 26,6, pre A 24,6 ja pre B 24,1 cm)

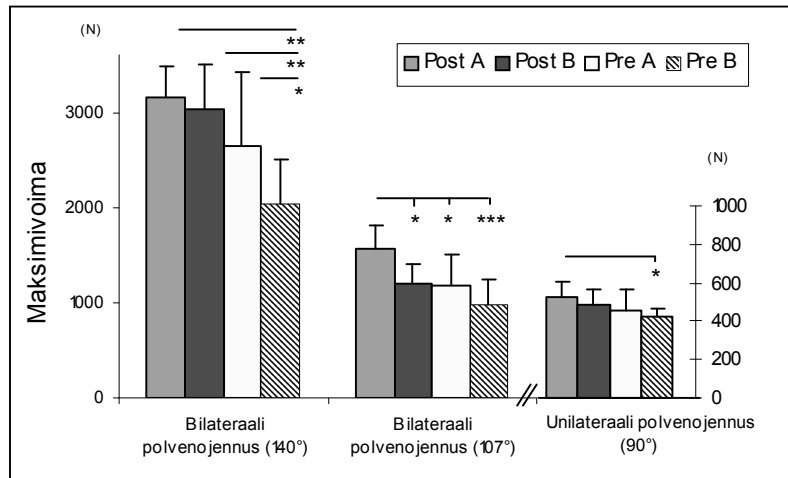


Kuva 26. Sylivälin ja pituuden suhde. (□ $p < 0.1$, * $p < 0.05$)

8.2 Laboratoriomittausten tulokset

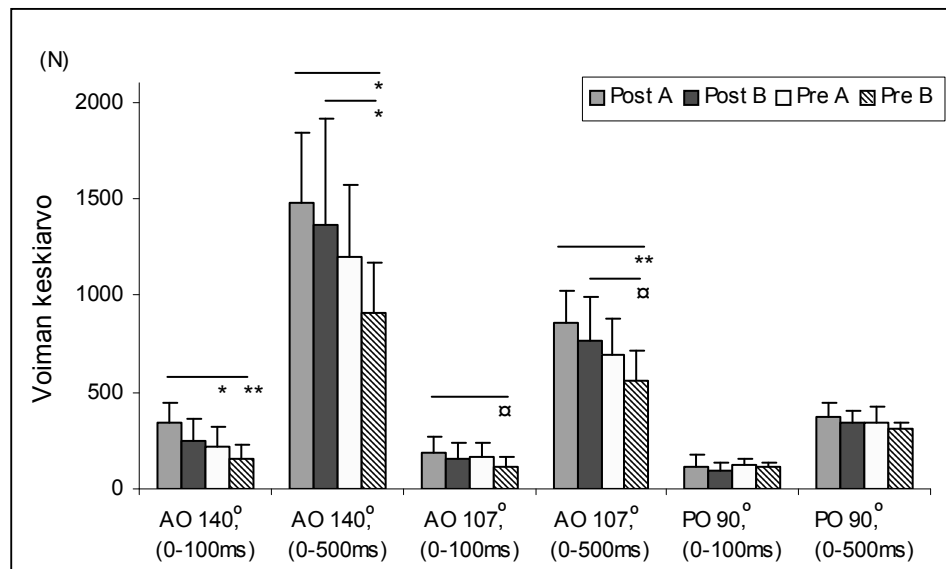
8.2.1 Alaraajojen isometrinen maksimivoima

Maksimaalinen isometrinen bilateraali polvenojennusvoima 140° polvikulmalla oli kaikilla ryhmillä merkitsevästi ($p < 0.05-0.001$) suurempi kuin pre B:llä. 107° polvikulmalla oli ryhmä post A merkitsevästi ($p < 0.05-0.001$) vahvempi kuin muut ryhmät. Unilateraalisessa polvenojennuksessa ei post ja pre ryhmien välillä ollut merkitsevää eroa, mutta post A oli merkitsevästi ($p < 0.05$) vahvempi kuin pre B. (Kuva 27)



Kuva 27. Alaraajojen isometrinen maksimivoima. (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

Alaraajojen isometrisen bilateraalisen ojennuksen keskiarvoiset voimat 0-100 ms ja 0-500 ms ajoilta eivät eronneet merkitsevästi post ja pre ryhmien sisällä. Voima 140° polvikulmalla oli post A ryhmällä merkitsevästi ($p < 0.05-0.01$) ja 107° polvikulmalla lähes merkitsevästi ($p < 0.1$) parempi kuin pre B:llä ja 0-100 ms ajalla (140°) parempi kuin pre A:lla. Post B oli vähintään lähes merkitsevästi ($p < 0.1-0.5$) parempi kuin pre B molemmissa alaraajojen ojennuksissa 0-500 ms ajalla. Unilateraalisessa polvenojennuksessa ei ollut merkitsevää eroa ryhmien välillä. (Kuva 28.)



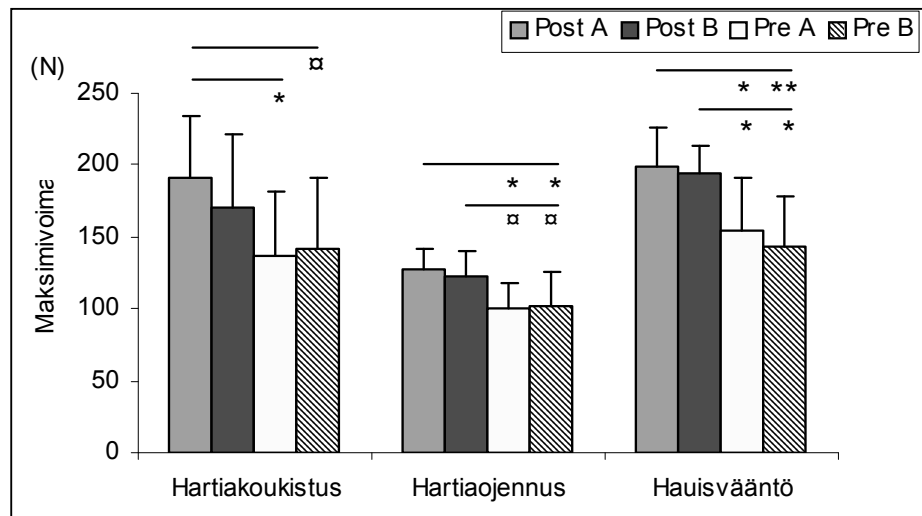
Kuva 28. Alaraajojen (AO) ja polvenojennuksen (PO) isometriset keskiarvoiset voimat ajalta 0-100 ms ja 0-500 ms. ($p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

Alaraajojen ojennuksen (140° ja 107°) isometrinen voimantuottonopeus oli molemmilla post ryhmillä merkitsevästi ($p < 0.05$) suurempi kuin pre B ryhmällä. Unilateraalisessa

polvenojennuksen isometrisessä voimantuottonopeudessa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Alaraajojen ojennuksen suhteellisissa voimantuottoajoissa (30 %) ja relaxaatioajoissa (10 %) ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä, mutta polvenojennuksen voimantuottoaika (30%) oli post ryhmillä vähintään lähes merkitsevästi ($p<0.1-0.01$) pienempi kuin pre B:llä ja post B:llä lähes merkitsevästi ($p<0.01$) suurempi kuin pre A:lla.

8.2.2 Yläraajojen ja vartalon isometrinen maksimivoima

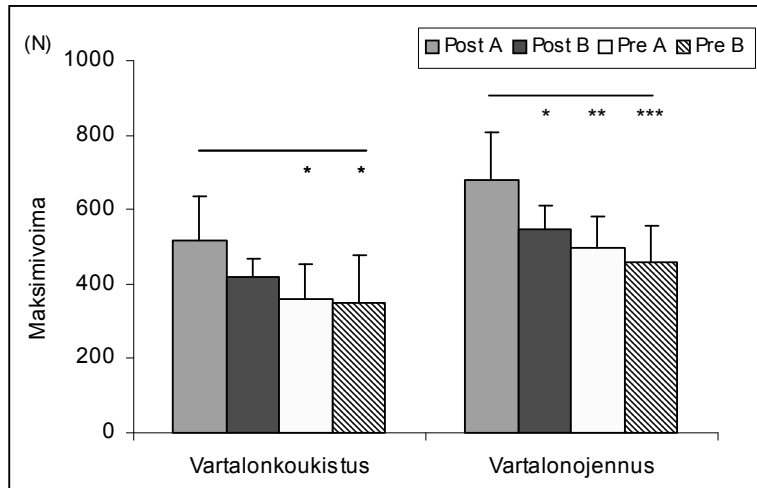
Hartiojennuksen ja hauisväännön isometrinen maksimivoima oli post ryhmillä vähintään lähes merkitsevästi ($p<0.1-0.01$) suurempi kuin pre ryhmillä. Post ja pre ryhmien sisällä ei ollut merkitsevää eroa, kuten ei myöskään hartiakoukistuksessa. Hartiakoukistuksen isometrinen maksimivoima oli Post A ryhmällä merkitsevästi ($p<0.5$) suurempi kuin pre A ryhmällä ja lähes merkitsevästi ($p<0.1$) suurempi kuin pre B ryhmällä. (Kuva 29)



Kuva 29. Yläraajojen isometrinen maksimivoima. (□ $p<0.1$, * $p<0.05$, ** $p<0.01$)

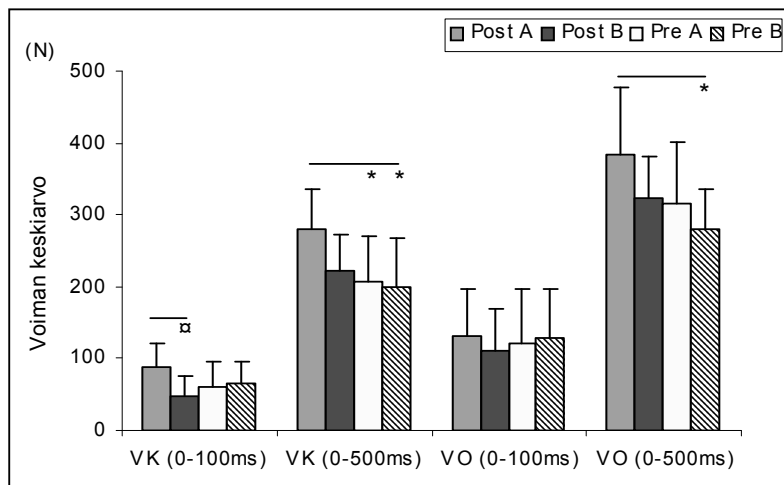
Isometrisen puristusvoimamaksimi laski tasaisesti post A ryhmästä pre B ryhmän suuntaan. Post ryhmillä oli vähintään lähes merkitsevästi ($p<0.1-0.001$) suurempi puristusvoima kuin pre ryhmillä sekä oikeassa että vasemmassa kädessä.

Vartalonojennuksen isometrinen maksimivoima oli post A ryhmällä merkitsevästi ($p<0.05-0.01$) suurempi kuin muilla ryhmillä ja vartalonkoukistusmaksimi oli merkitsevästi ($p<0.5$) suurempi kuin pre ryhmillä. (Kuva 30).



Kuva 30. Vartalonkoukistuksen ja –ojennuksen isometrinen maksimivoima. (* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$)

Isometriset vartalon keskiarvoiset voimat 0-100 ms ja 0-500 ms ajoilta näkyvät kuvassa 31. Vartalonkoukistuksessa oli 0-100 ms ajalla post ryhmien välillä lähes merkitsevä ero ($p<0.1$) ja 0-500 ms ajalla post A:n ja pre ryhmien välillä merkitsevä ero ($p<0.05$). Vartalonkoukistuksen voimassa 0-100 ms ajalla ei ollut merkitsevää eroa ryhmien välillä, mutta 0-500 ms ajalla ero post A:n ja pre B:n välillä oli merkitsevä ($p<0.05$). (Kuva 31).



Kuva 31. Isometriset vartalonkoukistuksen (VK) ja –ojennuksen (VO) keskiarvoiset voimat 0-100 ms ja 0-500 ms ajoilta. ($p<0.1$, * $p<0.05$).

8.2.3 Vertikaalihyppy ja juoksunopeus

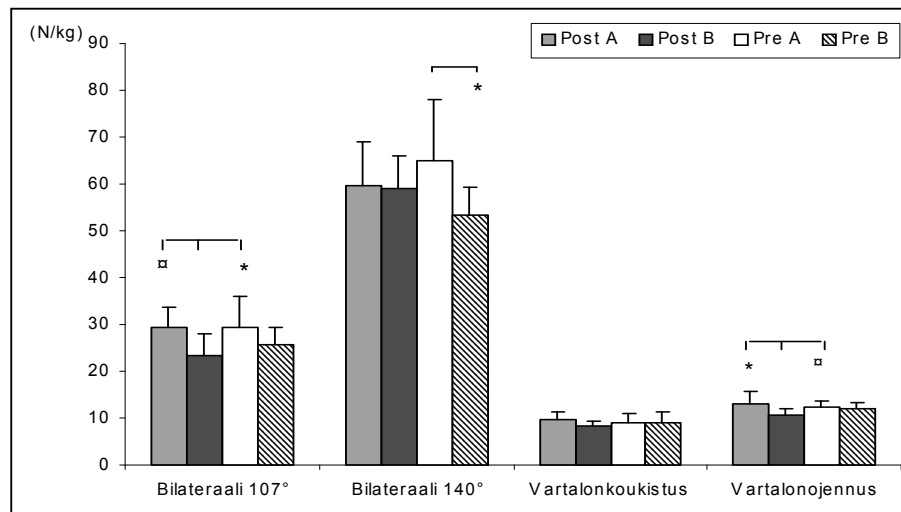
Vertikaalihyppyjen ja juoksunopeuden tulokset näkyvät taulukosta 10. Post A ryhmä hyppäsi merkitsevästi ($p<0.05$) korkeammalle 60 cm pudotushyppässä ja lähes merkitsevästi ($p<0.1$) 40 cm pudotushyppässä kuin pre B, sekä lähes merkitsevästi ($p<0.1$) korkeammalle 60 cm pudotushyppässä kuin post B. Kaikissa vapaahyppyissä on havaittavissa sama suuntaus mutta tulos ei ollut merkitsevä. Juoksunopeudessa oli suuntaa antava ($p<0.1$) ja merkitsevä ($p<0.05$) ero post A ryhmän ja pre ryhmien välillä (taulukko 10).

Taulukko 10. Vertikaalihyppy ja juoksunopeus.

	Pudotushyppy 40 cm (cm)	Pudotushyppy 60 cm (cm)	Vapaahyppy (cm)	Nopeus 20 m (m/s)
Post A	28,06 ± 4,81	30,40 ± 5,22	36,70 ± 5,58	6,05 ± 0,24
Post B	23,63 ± 3,29	24,90 ± 1,35	35,20 ± 0,86	5,88 ± 0,18
Pre A	25,81 ± 3,97	27,23 ± 5,37	35,54 ± 2,42	5,79 ± 0,24
Pre B	23,61 ± 4,91	24,78 ± 5,22	35,14 ± 5,47	5,75 ± 0,24

([□] $p<0.1$, * $p<0.05$)

8.2.4 Maksimivoima suhteutettuna voimistelijan kehon painoon



Kuva 32. Bilateraalin alaraajojen ojennusmaksimi sekä vartalonojennus- ja koukistusmaksimi suhteutettuna voimistelijan kehon painoon. ([□] $p<0.1$, * $p<0.05$)

Kun alaraajojen bilateraalin maksimivoima suhteutettiin voimistelijan kehon painoon (Kuva 32), oli pre A ryhmä merkitsevästi ($p<0.05$) vahvempi kuin post B 107°

polvikulmalla ja merkitsevästi ($p < 0.05$) vahvempi kuin pre B 140° polvikulmalla. Vartalonojennuksessa oli post A lähes merkitsevästi ($p < 0.1$) ja pre A merkitsevästi ($p < 0.05$) vahvempi kuin Post B. (Kuva 32.)

8.3 Kenttätestien tulokset

8.3.1 Alaraajojen testiliikkeet

Yhdenjalan kyykyn toistomaksimissa (RM) vasemmassa jalassa ei ollut merkitsevää eroa ryhmien välillä. Oikean jalan kyykyn toistomaksimissa oli pre A merkitsevästi ($p < 0.05$) ja post A lähes merkitsevästi ($p < 0.1$) vahvempi kuin pre B. Kaikissa muissa ryhmissä paitsi pre B:ssä oikea jalka oli vahvempi kuin vasen. (Taulukko 11).

Taulukko 11. Yhdenjalan kyykky (RM).

	Oikean jalan kyykky (kpl)	Vasemman jalan kyykky (kpl)
Post A	20,0 ± 6,2	16,3 ± 6,6
Post B	16,8 ± 9,5	14,0 ± 11,2
Pre A	20,9 ± 13,7	17,9 ± 13,3
Pre B	8,4 ± 6,8 *	12,9 ± 10,0

(^a $p < 0.1$, * $p < 0.05$)

Vertikaalihypyjen ja juoksunopeuden tulokset on esitelty taulukoissa 12 ja 13. A ryhmät olivat parempia kuin B ryhmät, mutta eivät merkitsevästi. Pudotushypyissä oli suuri hajonta kuten myös vauhdittomassa pituudessa. Seinäkorkeushypyssä hyppäsi post A lähes merkitsevästi ($p < 0.1$) korkeammalle kuin pre B. Juoksunopeudessa oli post A ryhmä lähes merkitsevästi ($p < 0.1-0.01$) nopeampi kuin muut ryhmät.

Taulukko 12. Pudotushypyt (PH) suoritettuna voimistelukanveesin päälle.

	PH 40cm (cm)	PH 60cm (cm)	PH 80cm (cm)
Post A	48,3 ± 8,0	51,1 ± 8,5	53,8 ± 7,8
Post B	43,8 ± 4,4	46,5 ± 3,7	48,0 ± 3,5
Pre A	48,0 ± 3,5	50,9 ± 4,4	52,1 ± 6,7
Pre B	43,4 ± 7,0	45,9 ± 7,1	47,6 ± 6,3

Taulukko 13. Seinäkorkeushyppy, vauhditon pituus ja nopeus 20m.

	Seinäkorkeus- hyppy (cm)	Vauhditon pituushyppy (cm)	Nopeus 20m (m/s)
Post A	49,3 ± 5,0	220,2 ± 9,0	6,25 ± 0,32
Post B	47,2 ± 4,6	212,2 ± 12,2	5,90 ± 0,17 *
Pre A	44,0 ± 4,3	202,6 ± 12,9	5,98 ± 0,18 ^a
Pre B	42,5 ± 7,3 ^a	198,6 ± 22,9	5,79 ± 0,25 ^a **

(^ap<0.1, *p<0.05, **p<0.01)

8.3.2 Yläraajojen ja vartalon testiliikkeet

Ylävartalon testiliikkeiden tuloksia on esitelty taulukossa 14. Köysikiipeilyn maksimissa ryhmä pre A kiipesi korkeimmalle, mutta mitään merkitsevää eroa ei ryhmien välillä ollut. Köysinopeudessa oli post ryhmien välillä lähes merkitsevää (p<0.1) ero, A:n ollessa nopeampi kuin B. Hartiaojennuksessa ja – koukistuksessa ei ollut ryhmien välillä merkitsevää eroa. Heilahdus käsiseisontaan –liikkeessä oli ryhmien sisällä suuri hajonta, joten merkitsevää eroa ei syntynyt. Molemmat post ryhmät heittivät kuntopallon molempiin suuntiin lähes merkitsevästi tai merkitsevästi (p<0.1-0.01) pidemmälle kuin pre B. Post A heitti kuntopallon myös lähes merkitsevästi (p<0.1-0.05) pidemmälle kuin pre A.

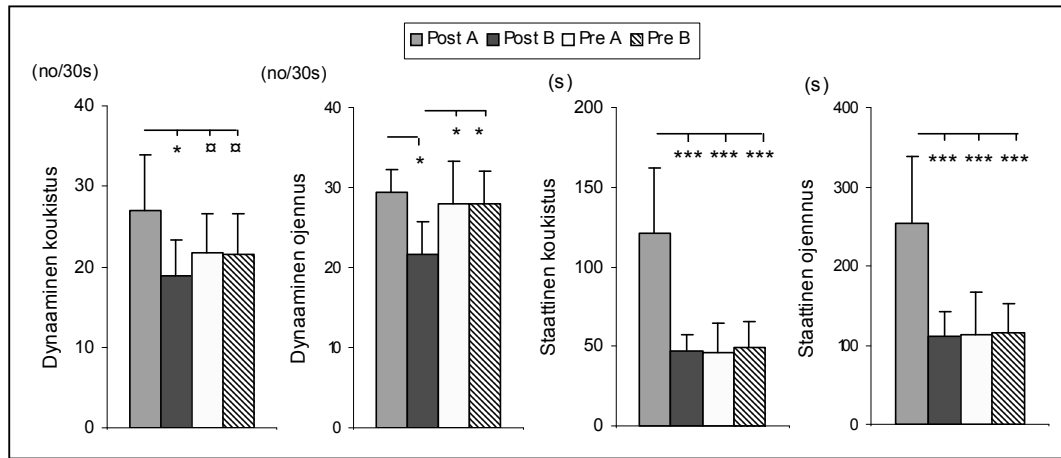
Taulukko 14. Yläraajojen testiliikkeet.

	Köysi nopeus (m/s)	Hartiakoukistus (kpl)	Heilahdus käsi- seisontaan (kpl)	Pallonheitto eteen (m)	Pallonheitto taakse (m)
Post A	0,28 ± 0,14	20,4 ± 16,4	5,0 ± 5,9	6,18 ± 0,67	6,77 ± 1,21
Post B	0,23 ± 0,05 ^a	17,4 ± 11,6	3,2 ± 4,6	5,83 ± 0,63	5,89 ± 1,10
Pre A	0,27 ± 0,10	12,8 ± 4,3	5,0 ± 5,5	5,30 ± 0,66 ^a	5,30 ± 0,78 *
Pre B	0,26 ± 0,11	14,4 ± 9,2	3,5 ± 3,5	4,82 ± 1,28 ^a *	4,76 ± 1,12 ^a **

(^ap<0.1)

Vartalon dynaamisessa koukistuksessa oli post A ryhmä vähintään lähes merkitsevästi (p<0.1-0.05) vahvempi kuin muut ryhmät ja ojennuksessa merkitsevästi (p<0.05) vahvempi kuin post B. Dynaamisessa vartalonojennuksessa olivat molemmat pre ryhmät merkitsevästi (p<0.05) vahvempia kuin post B ryhmä. Staattinen

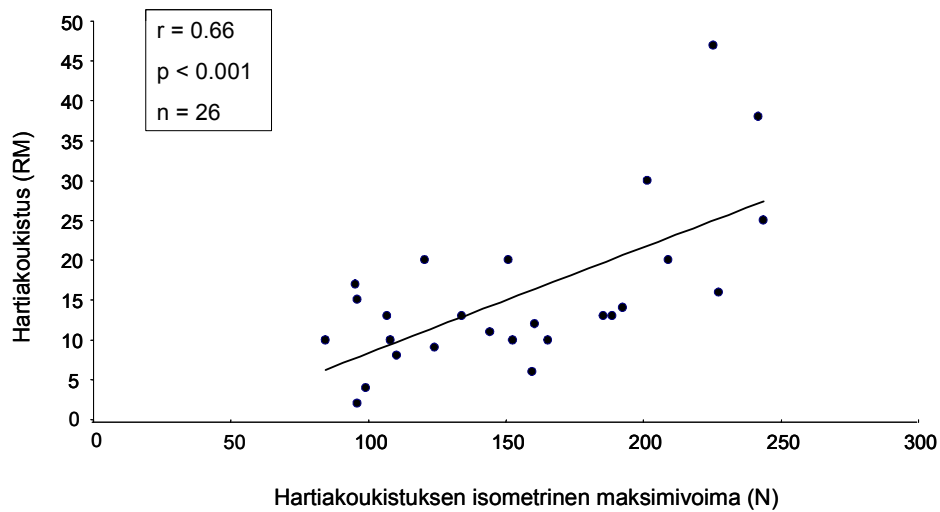
vartalonkoukistus ja -ojennus osoittivat post A ryhmän ylivoimaisen vahvuuden. Ryhmä oli $p < 0.001$ merkitsevyydellä vahvempi kuin muut ryhmät. (Kuva 33).



Kuva 33. Vartalonlihasten maksimivoima. Dynaaminen ja staattinen koukistus ja ojennus. ($\alpha < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

8.4 Korrelaatiot

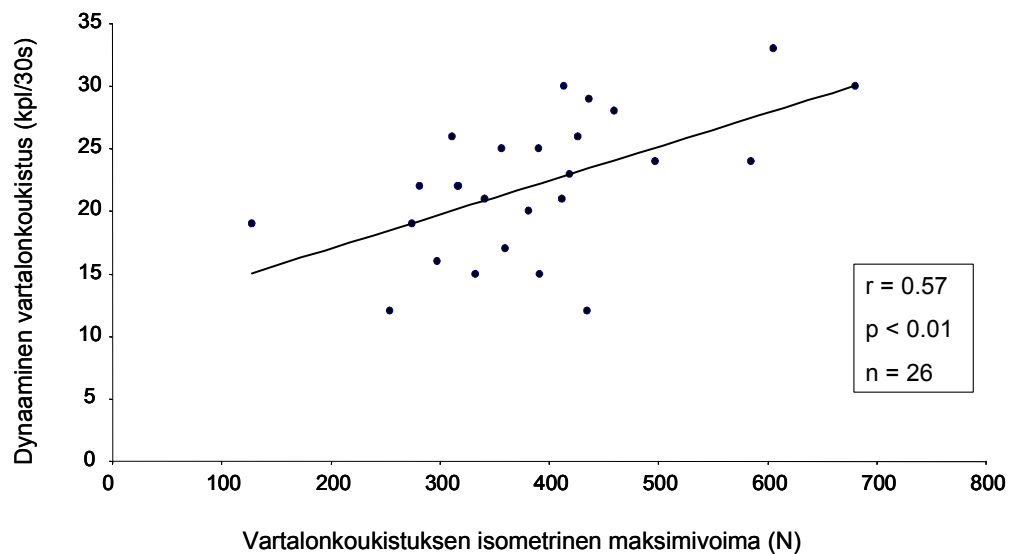
Yläraajojen testiliikkeistä korreloivat parhaiten isometrinen hartiakoukistus rissalaitteessa suoritettu hartiakoukistuksen toistomaksimin kanssa (kuva 34) sekä isometrinen hartiojennus kuntopallon taaksepäin heiton kanssa ($r = 0.71$, $p < 0.001$).



Kuva 34. Korrelaatio hartiakoukistuksen isometrisen maksimivoiman ja hartiakoukistuksen toistomaksimin (RM) välillä.

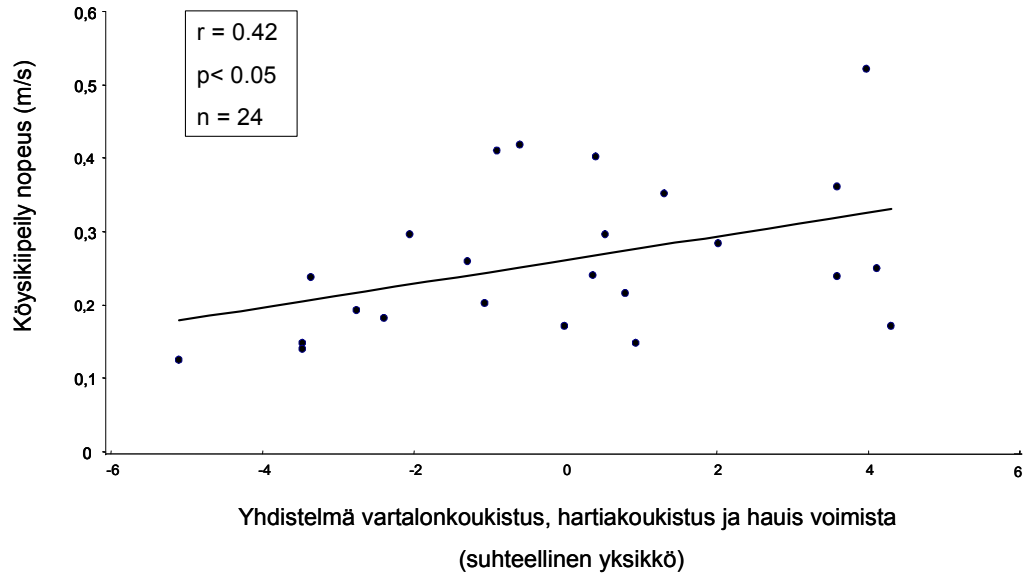
Pudotushyppy kanveesilla korreloivat merkitsevästi kovalle alustalle suoritettujen hyppyjen kanssa ($r = 0.46-0.69$, $p < 0.05-0.001$). Seinäkorkeushyppy ($r = 0.61$, $p < 0.001$) ja vauhditon pituus ($r = 0.54$, $p < 0.01$) korreloivat vapaahypyn kanssa. Yhdenjalan kyykyn (RM) ja isometrisen maksimivoiman välillä ei ollut korrelaatiota.

Vartalonlihasten staattisen voiman testiliikkeissä oli merkitsevä korrelaatio isometrisen maksimivoima mittauksen välillä. Tämä korrelaatio havaittiin sekä vartalon-ojennuksessa ($r = 0.72$, $p < 0.001$) että -koukistuksessa ($r = 0.60$, $p < 0.001$). Vartalon dynaamisen koukistuksen ja isometrisen maksimivoiman välillä oli myös merkitsevä korrelaatio (Kuva 35).



Kuva 35. Korrelaatio vartalonkoukistuksen isometrisen maksimivoiman ja dynaamisen vartalonkoukistuksen välillä.

Kenttätestien köysikiipeilynopeus oli ylävartalon yhdistelmäliike, joten sitä ei suoraan pystytty vertailemaan yhteen laboratoriomittausten lihasryhmään. Vertailua varten yhdistettiin isometrinen vartalonkoukistus, hartiakoukistus ja hauisvääntö. Koska näiden lihasryhmien maksimivoima-arvot olivat eriarvoiset, ts. niiden asteikot erosivat toisistaan, standardoitiin ne yleisarvoiksi, joista ne voitiin yhdistää yhdeksi arvoksi. Tätä arvoa vertailtiin kenttätestien köysikiipeilynopeuteen ja arvojen välillä oli merkitsevä korrelaatio (kuva 36).



Kuva 36. Korrelaatio köysikiipeilynopeuden ja yhdistettyjen isometristen vartalonkoukistuksen, hartiakoukistuksen ja hauisvoiman välillä.

Kilpailuvuosissa oli merkitsevä korrelaatio isometristen maksimivoimien mittausten välillä (taulukko 15.), joista parhaiten korreloi vartalonojennus. Pudotushyppyjen ja kilpailuvuosien välillä ei sen sijaan ollut merkitsevää korrelaatiota. Samanlainen merkitsevä korrelaatio oli myös kilpailuvuosien ja kenttätestien välillä (taulukko 16.).

Taulukko 15. Korrelaatio kilpailuvuosien ja isometristen voimamittausten välillä.

		Alaraajojen bilateraallinen ojennus (107°)	Isometrinen hartiaojennus	Isometrinen vartalonojennus (N)	Isometrinen vartalonkoukistus	Pudotushyppy 60 cm korkeudelta
Kilpailuvuodet	r	0,506	0,578	0,702	0,505	0,344
	p<	0,007(**)	0,002(**)	0,001(***)	0,007(**)	0,079
	n	27	27	27	27	27

Taulukko 16. Korrelaatio kilpailuvuosien ja kenttätestien välillä.

		Oikean jalan kyökky (RM)	Pallonheitto taaksepäin	Staattinen vartalonojennus	Dynaaminen vartalonkoukistus	Pudotushyppy 60 cm
Kilpailuvuodet	r	0,513	0,671	0,623	0,490	0,218
	p<	0,009(**)	0,001(**)	0,001(**)	0,011(*)	0,275
	n	25	27	24	26	27

9 POHDINTA

Tämän tutkimuksen päätulokset osoittivat selvästi, että vartalonlihasten voima erottaa huippuvoimistelijat harrastelijoista ja naiset tytöistä. Vahvat vartalonojentajat ja koukistajat ovat edellytys sulavaan ja dynaamiseen voimistelusuoritukseen, sillä nämä lihaksen ylläpitävät vartalon asentoa ja tasapainoa voimistelusuorituksen aikana sekä mahdollistavat nopean vartalonlinjan sulkemisen ja avaamisen (Brüggemann 1994). Vartalonlihasten ohella myös jalkojen ojentajat ja ponnistusvoima erottavat huippuvoimistelijat harrastajista. Hypyssä ja permannolla alaraajojen maksimivoimataso on merkittävässä osassa, koska jalkojen on kestettävä ponnistusvaiheen törmäys (Koivunen 2000). Bilateraaliosassa jalkojen ojennusvoimassa oli merkitseviä eroja huippuvoimistelijoiden ja harrastajien välillä, mutta vastaavassa unilateraaliosassa voimassa ei ollut. Tämä johtui ehkä siitä, että suurin osa voimistelun ponnistuksista on tasajalkaponnistuksia (Hwang ym. 1990). Jalkojen ojennusvoiman erot näkyivät tässä tutkimuksessa, etenkin silloin, kun voima suhteutettiin voimistelijan painoon. Vertikaalihyppytuloksista näkyi selvästi kuinka huippuvoimistelijat pystyivät räjähtävämpään suoritukseen. Taito-ominaisuuksissa räjähtävä voima ja nopeus näkyvät korkeimpina voltteina mahdollistaen samalla vaikeampia liikesarjoja.

Antropometria

Voimistelijat ovat yleensä hiukan lyhyempiä ja kevyempiä kuin keskiarvolta ikäisensä tytöt (Bale & Goodway 1990, Claessens ym. 1992, Grantham 1993, Weinmann ym. 1999). Tämän tutkimuksen pre-puberteetti-ikäiset voimistelijat olivat lyhyempiä ja kevyempiä kuin samanikäiset tytöt keskimäärin. Post-puberteetti-ikäiset voimistelijat olivat kuitenkin normaali painoisia ja pituisia. Heillä oli kuitenkin suhteessa kehon painoon enemmän lihasmassaa kuin normaaleilla nuorilla, koska rasvaprosentti oli alhaisempi kuin tytöillä keskimäärin. Koehenkilöiden sylivälimita oli merkitsevästi pidempi kuin oma pituus ja hartioiden leveämmät kuin lantio, mikä on tyyppillistä voimistelijoiden (Claessens ym. 1992, Kalaja 1990)

Post B –maajoukkueeryhmällä olivat kuukautiset alkaneet aikaisemmin kuin A –maajoukkueetytöillä mikä saattaa johtua siitä, että A tytöt olivat aloittaneet voimistelun nuoremmalla iällä ja harjoitelleet tuntimääräisesti enemmän kuin B tytöt. Kovalla

fyysisellä harjoittelulla on todettu olevan yhteys biologisen kehittymisen viivästy miseen (Hohtari 1997). Kaikilla koehenkilöryhmillä, paitsi pre A:lla, oli kehon rasvan suhteellinen määrä suurempi kuin aikaisemmissa tutkimuksissa (Weinmann ym 2000, Bale & Goodway 1990). Mittaukset pidettiin harjoituskauden alussa kun taas monissa aikaisemmissa tutkimuksissa voimistelijat on mitattu kilpailujen yhteydessä. Kilpailukaudella voimistelijoiden rasva prosentti on yleensä pienempi, koska voimistelusuorituksissa he kannattelevat kehoaan ja ”ylimääräisestä” painosta on vain haittaa.

Isometriset laboratoriomittaukset

Lähes kaikki isometriset voima-arvot olivat yhteydessä ikään ja taitoon ryhmän post A ollessa vahvin ja pre B heikoin. Iän mukana maksimivoima lisääntyy (Jones ym 1989) perimän ja ulkoisten tekijöiden kuten harjoittelun vaikutuksesta. Post ryhmät ovat ehtineet ikänsä puolesta harjoitella pidempään kuin pre ryhmät ja tämä selittää heidän korkeammat maksimivoimatuloksensa. Post A ryhmä on kilpaillut merkittävästi kauemmin kuin muut ryhmät ja näin ollen he ovat myös harjoitelleet voimistelua kauemmin. Naisvoimisteliijoilla telinevoimisteluharjoituksista noin 30% on voimaharjoittelua (Knirsch 1997), joten on oletettavaa, että kauemmin harjoitellut ryhmä on vahvin.

Merkitseviä eroja post ryhmien välillä löytyi bilateraalisisessa polvenojennusvoimassa 107° polvikulmalla, 60 cm korkeudelta hypätyssä pudotushypyssä ja vartalon ekstensiassa. Polvenojennus 140° polvikulmalla on ”lajinomaisempi”, koska suurin osa telinevoimistelun ponnistuksista lähtee suurilta polvikulmilta (Hwang ym.1990, Koivunen 2000, Russell ym. 1995). Suurella polvikulmalla mitattu maksimivoima oli pre B ryhmällä selkeästi heikompi kuin muilla. Pre ryhmät eivät eronneet merkittävästi toisistaan muissa voimantuotto-ominaisuuksien muuttujissa, mikä osoittaa, että harjoittelun vaikutus tällä nuoremmalla iällä voidaan havaita ensisijaisesti voimistelun taito-ominaisuuksissa neuraalisen adaptaation vaikutuksesta. Harjoittelu on kehittänyt hermolihasjärjestelmän toimintaa lajin vaatimusten mukaan. Antagonistilihaksen koaktivaatio saattaa olla vähäisempää ja refleksitoiminta on ehkä kehittynyt paremmaksi harjoittelun vaikutuksesta.

Samantapaisia telinevoimistelijoiden maksimivoimamittauksia ei ole juurikaan julkaistu, joten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin on mahdotonta. Näin ollen on vaikea sanoa ovatko suomalaiset voimistelijatytöt kansainvälisiin voimistelijoihin verrattuna yhtä vahvoja tai vastaavatko tämän tutkimuksen tulokset aikaisempia havaintoja.

Hyyt ja juoksunopeus

Telinevoimistelussa on paljon ns. törmäysponnistuksia, jolloin voimistelija tulee vauhdilla joko vertikaali tai horisontaalisuunnassa alustaan ja ponnistaa siitä heti pois. Pudotushyppytulokset osoittavat sen, että voimistelijat pystyvät hyödyntämään pudotuksessa saavuttamansa vertikaalinopeuden ja käyttämään sitä hyväksi ponnistusvaiheessa. Heillä on hyvä räjähtävä nopeus. Tämän tutkimuksen kenttätesteissä kanveesille hypätyissä pudotushyppyissä jopa 80 cm pudotuksella oli positiivinen vaikutus hyppykorkeuteen. Aikaisemmissa tutkimuksissa on paljon mitattu miesvoimistelijoita, joiden hyppykorkeudet olivat tietenkin paljon suuremmat. Heilläkin 40 → 60 cm korkeuteen hyppykorkeudet nousivat ja 60 → 80 cm pysyivät samansuuntaisina (Nissinen 1990, Koivunen 1999). Koivunen (2000) on mitannut myös suomalaisten naistelinevoimistelijoiden pudotushyppyjä ja tulokset olivat hyvin samanlaiset kuin tässä tutkimuksessa saadut tulokset.

Vauhdittomassa pituushypyssä ryhmä post A pääsi hyvin lähelle kansainvälisen voimisteluliiton suosituksia 220,2 vs 225 cm (FIG 1999). Optimiarvo olisi, että voimistelija hyppäisi 1,50 kertaa oman pituutensa. Tutkimuksen voimistelijat hyppäsivät 1,33–1,36 kertaa oman pituutensa. Parhaimpiin tuloksiin hyppäsivät post A ryhmän voimistelijat. Heikointen hyppäsivät omaan pituuteensa nähden post B ryhmän voimistelijat. Pidemmällä voimistelijoilla on vaikeampaa päästä tähän tavoitteeseen ja suomalaiset ovat yleensä pidempiä kuin kansainväliset huiput.

Juoksunopeudessa ryhmä post A oli muutaman kymmenyksen nopeampi kuin post B ja merkittävästi nopeampi kuin pre ryhmät. Kaikki ryhmät juoksivat hitaammin kuin mitä suositellaan hyppyjen juoksunopeudeksi tai 20 m paikalta lähdön suositusarvoksi. Granthamin (1993) tutkimuksessa 14 -vuotiaat voimistelijatytöt juoksivat 20 m matkan 3,3 s, kun taas tämän tutkimuksen saman ikäiset voimistelijoilla kului 3,4–3,5 s. Yleisimmät hyyt naistelinevoimistelijoilla ovat tsukahara ja urhovoltti –hyypyt. Näistä hyppyjen vauhdinotossa on maailmalla mitattu yli 7 m/s juoksunopeuksia (Sands 2000,

Krug ym. 1998). Telinevoimistelussa hypyn vauhdinoton juoksunopeus määrää 90 % hypyn vaikeustasosta (Nissinen 1990). Hidas juoksunopeus on mahdollisesti yksi selittävä tekijä miksi suomalaiset naistelinevoimistelijat ovat hypyssä hyvin kaukana maailman huipuista, koska tämän tutkimuksen nopeimman voimistelijan juoksunopeus oli 6,45 m/s ja ryhmien keskiarvot olivat selvästi hitaammat.

Kenttätetit

Jalkojen maksimivoimatestinä käytetty yhdenjalan kyykky osoitti, että kyseisellä testillä on käytännössä hyvin vaikeaa mitata maksimivoimaa luotettavasti. Yksilöiden väliset erot olivat suuret ja mittausta oli hyvin vaikea kontrolloida. Vaikka otetaan huomioon se, että tässä testiliikkeessä käytettiin lisäpainoja, jäivät tulokset kauas kansainvälisen voimisteluliiton suosituksista (FIG 1999). Laboratoriomittaukset osoittivat kuitenkin, että voimistelijoilla on vahvat jalkojen ojentajalihakset, mutta kenttätestein sitä on vaikea mitata. Yhdenjalan kyykyn toistomaksimi ei korreloinut jalkojen unilateraalisen isometrisen maksimivoiman kanssa.

Yläraajojen lihasten kenttätestiliikkeissä ei ollut ryhmien välillä merkitseviä eroja. Maksimivoimatestinä käytetty rissalaitteessa suoritettu hartiaojennuksen ja -koukistuksen RM oli monelle voimistelijalle vieras liike ja se vaikutti ainakin siihen, että yksilölliset erot olivat suuret. Köysikiipeilynopeus on hyvin suosittu testiliike voimisteluvalmentajien keskuudessa. Ryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa, mutta post B ryhmä oli kuitenkin selvästi heikoin. Köysikiipeilyssä voimistelija nostaa ylävartalolla omaa kehoaan ja juuri post B ryhmällä kehon paino on suhteessa voimaan suurin. Tämä varmasti selittää rasvaprosentin lisäksi miksi post B ryhmä oli heikoin. Nopeusvoimatestinä käytetty kuntopallonheitto osoitti post ryhmällä olevan hyvä voimantuottonopeus. He pystyivät heittämään kuntopallon pidemmälle kuin nuoremmat voimistelijat. Kuten polvenojennuksen voimantuottonopeus jo osoitti, näyttäisivät postmenarke tytöt olevan voimantuottonopeus ominaisuuksiltaan nopeampia kuin premenarke tytöt. Pallonheitossa kuntopallo oli saman painoinen kaikille, joten tämä vaikutti osaltaan myös kevyempien voimistelijoiden huonompaan tulokseen.

Dynaamisessa vartalojojennuksessa olivat muut ryhmät merkitsevästi vahvempia kuin post B. Vartalonkoukistuksessa post A oli merkitsevästi vahvempi. Staattinen vartalonkoukistus ja -ojennus osoittivat post A ryhmän keskivartalonlihasten

vahvuuden. Muiden ryhmien ollessa samalla tasolla jaksoivat post A tytöt ylläpitää staattista voimaa yli kaksi kertaa kauemmin. Harjoittelun vaikutus näkyi selkeimmin tässä mittauksessa, mikä voi selittää osaltaan post A ryhmän korkeamman taitotason ja kilpailumenestyksen.

Laboratorio ja kenttätestien mittaustulosten vertailu

Vertailtaessa laboratorio ja kenttätestien tuloksia toisiinsa, löytyi odotetusti korrelaatio kovalle alustalle ja pehmeälle alustalle hypättyjen pudotushyppyjen välillä. Alaraajojen testiliikkeistä myös vapaahypyn ja seinäkorkeushypyn välinen korrelaatio oli hyvä kuten myös vapaahypyn ja vauhdittoman pituuden. Seinäkorkeushypyn hyvä korrelaatio on tärkeä löydös, koska mittaus on helppo toteuttaa eikä vaadi erityisiä välineitä. Jos ei ole mahdollisuutta saada kontaktimattoa mittaussvälineeksi, voi ponnistusvoiman mitata seinäkorkeushypyllä ja mahdollisesti myös vauhdittomalla pituushypyllä.

Yläraajojen testiliikkeiden välillä löytyi merkitsevä korrelaatio hartiakoukistuksessa sekä hartiaojennuksessa. Rissalaitteessa suoritettu hartiakoukistus testiliike osoittautui varsin toimivaksi ja voisi tulevaisuudessa olla varteenotettava mittari hartioiden maksimivoimantuottoa mitatessa. Rissalaitteita on kuitenkin monia erilaisia ja eri valmistajien tekemiä, joten liikerata ja kitka voivat vaihdella laitteiden välillä. Lisäksi kitka kelkan ja kehikon välillä voi helposti muuttua suuremmaksi kulutuksen myötä, jolloin testi ei ole enää sama kaikille. Kuntopallonheitto taaksepäin korreloi vahvasti hartiaojennuksen kanssa. Testiliikkeenä se on helpompi suorittaa eikä vaadi erikoisia välineitä. Vartalonlihasten testiliikkeistä staattinen vartalonojennus ja -koukistus korreloivat hyvin isometrisen maksimivoiman kanssa, mutta dynaamisissa vain vartalonkoukistuksen ja isometrisen maksimivoiman välillä oli merkitsevä korrelaatio.

Johtopäätökset

Postpuberteetti-ikäiset voimistelijat olivat lähes kaikissa mittauksissa voimantuotto-ominaisuuksiltaan vahvempia kuin prepuberteetti-ikäiset voimistelijat. Kun voima suhteutettiin kehon painoon tai, kun koehenkilö joutui kannattelemaan omaa kehoaan, olivat prepuberteetti-ikäiset lähes tai jopa yhtä vahvoja kuin postpuberteetti-ikäiset. Tämä näkyi sekä ylä- että alaraajalihasten osalta. Iän myötä voimantuotto-ominaisuudet kehittyvät luonnostaan, joten ikäryhmien välillä on vaikea nähdä harjoittelun vaikutus, mutta saman ikäryhmän sisällä se näkyy.

Huippuvoimistelijat olivat kaikissa mittauksissa vahvempia kuin harrastelijat. Merkittävä tulos tässä tutkimuksessa oli post A ryhmän erittäin vahvat vartalonojentajat ja -koukistajat. Tämä ryhmä oli ylivoimaisesti vahvin etenkin lajinomaisessa staattisessa vartalonojennus ja -koukistus testissä. Alaraajojen maksimivoimassa ero huippuvoimistelijoiden ja harrastajien välillä oli suuri. Hartiavoimissa harrastelijat olivat hyvin lähellä huippuvoimistelijoiden tuloksia. Lajinomaisissa testiliikkeissä, kuten pudotushyppy ja heilahdus käsinseisontaan nojapuuisalla, olivat huippuvoimistelijat parempia, koska heidän lajitaitonsa on kehittyneempi kuin harrastelijoilla.

Laboratorio ja kenttätestiä mittaustulokset osoittivat alaraajoista vertikaalihyppyjen ja juoksunopeuden mittausten olevan vertailtavissa, mutta maksimivoimamittausten osalta vertailtavuus oli huono. Ylävartalon mittauksista osa oli vertailtavissa, jolloin parhaiten korreloivat staattinen vartalonojennus ja -koukistus isometrisen maksimivoiman kanssa. Tulevaisuudessa tulisi tarkkaan miettiä millä testiliikkeillä mitataan voimantuotto-ominaisuuksia, jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia.

Tutkimuksen yhteenvetona voidaan todeta, että vartalonlihasten ja jalkojen ojentajien maksimivoima selittää suurelta osin naisvoimistelijan menestyksen ja toisaalta naistelinevoimistelijoiden voimantuotto-ominaisuudet kehittyvät yleensä iän ja harjoitteluvuosien myötä. Suhteellinen maksimivoima on tärkeässä osassa, sillä voimistelija joutuu kannattelemaan ja liikuttamaan omaa kehoaan mitä moninaisimmissa asennoissa.

LÄHTEET

- Bailey, D., Malina, R. & Mirwald, R. 1986. Physical activity and growth of the child. Teoksessa Falkner, F. & Tanner, J. (toim.) Human Growth, vol 2, New York: Plenum Press. 147-170.
- Bale, P. & Goodway, J. 1990. Performance variables associated with the competitive gymnast. Sports medicine 10 (3), 139-145.
- Bernardot, D. & Czerwinski, C. 1991. Selected body composition and growth measures of junior elite gymnasts. Journal of American dietitian association 91, 29-33.
- Beunen, G. & Thomis, M. 2000. Muscular strength development in children and adolescents. Pediatric exercise science 12 (2), 174-197.
- Burnie, J. 1987. Factors affecting selected reciprocal muscle group ratios in preadolescents. International journal of sports medicine 8, 40-45.
- Brueggemann, P. 1983. Kinematics and kinetics of the backward somersault take-off from floor. Teoksessa Matsui, H. & Kobayashi, K. (toim.) Biomechanics VII-A&B: proceedings of the eight international congress of biomechanics, Nagoya, Japan. Campaign, Ill: Human Kinetics Publishers. C1983, 794-800.
- Brüggemann, G-P. 1994. Biomechanics of gymnastic techniques. Sport science review 3 (2), 79-120.
- Claessens, A., Malina, R., Lefevre, J., Beunen, G., Stijnen, V., Maes, H. & Veer, F. 1992. Growth and menarcheal status of elite female gymnasts. Medicine and science in sports and exercise 24 (7), 755-763.
- DTB. 1997. Handbuch. Teil 1 – aufgabenbuch. Kunstturnen männer. Deutscher Turner-Bund, Frankfurt am Main, 70.
- Edman, P. 2003. Contractile performance of skeletal muscle fibres. Teoksessa Komi, P.V. (toim.) Strength and power in sport. The encyclopaedia of sports medicine. Blackwell Publishing, UK, 144-133
- FIG. 1999. Age group development program. CD-Rom julkaisu.
- Grantham, 1993. In, UK sport: partners in performance. The contribution of sport science, sports medicine and coaching to performance and excellence. Book of abstracts, s.l., Sports Council, p. 67-68.
- Guyton, A. 2000. Textbook of medical physiology. 10th ed. Philadelphia. 67-71.

- Hohtari, H. 1997. Naisurheilun erityiskysymyksiä. Teoksessa Mero, A., Nummela A. & Keskinen K. (toim.) Nykyaikainen urheiluvalmennus. Mero Oy, Jyväskylä, 266-272.
- Holopainen, M. 1997. Telinevoimistelu. Teoksessa Mero A., Nummela A. & Keskinen K. (toim.) Nykyaikainen urheiluvalmennus. Mero Oy, Jyväskylä, 359-369.
- Housh, T., Johnson, G., Housh, D., Weir, J., Weir, L., Eckerson, J. & Stout, J. 1995. Age, fat-free weight, and isokinetic peak torque in high school female gymnasts. *Medicine and science in sports and exercise* 28 (5), 610-613.
- Howells, S. 2001. Demands of gymnastics. URL: <<http://www.jonatmat.zen.co.uk/jonatmat/Nutrition/Demands.htm>>. (Luettu 10.12.2004)
- Hwang, I., Gungung, S. & Zhi, C. 1990. Takeoff mechanics of the double backward somersault. *International Journal of Sport Biomechanics* (6), 177-186.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino. 11-40.
- Jancarik, A. & Salmela, J. 1987. Longitudinal changes in physical, organic and perceptual factors in canadian male gymnasts. Teoksessa Petiot, B., Salmela, J. & Hoshizaki, T. (toim.) World identification systems for gymnastic talent. Sport psyche editions, Canada. 151-159.
- Jones, D., Rutherford, O. & Parker, D. 1989. Physiological changes in skeletal muscle as a result of strength training. *Quarterly journal of experimental physiology* 74, 245.
- Kalaja, S. 1990. Telinevoimistelu. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. (toim.) Lasten ja nuorten harjoittelu. Mero Oy, Jyväskylä.
- Knirsch, K. 1996. Zur Ausbildung der koordinativen und konditionellen Fähigkeiten unter Berücksichtigung der 'sensiblen Phasen' bei Kindern im Hinblick auf das Kunstturnens. *Internationales Trainersseminar DTB-Pokal*, 41-49.
- Koivunen, J. 1999. Ponnistusvoiman ja permantosarjan akrobaattisten liikkeiden vaikeuden välinen yhteys telinevoimistelussa. Cum-laude -työ. Jyväskylän Yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Koivunen, J. 2000. Nopeusvoimaharjoittelun jaksottaminen mesosyklissä 9-14-vuotiailla naistelinevoimistelijoilla. Cum-laude -työ. Jyväskylän Yliopisto. Liikuntabiologian laitos.
- Kriel, K. 1995. Testing theory of take-off mechanics for back somersaults in floor exercises in gymnastics. Teoksessa Lidor, R., Eldar, E. & Harari, I. (toim.)

Windows to the future: Bridging the gaps between disciplines, curriculum and instruction: Proceedings of the 1995 AIESEP World congress, Netanya, Israel. Zinman College: The Wingate Institute. 273-280.

- Krug, J. & Fetzer, J. 1997. Scientific Project – Gymnastics World Championships. First Results. Julkaisematon moniste.
- Krug, J., Knoll, K., Kothe, T. & Zocher, H. 1998. Running approach velocity and energy transformation in difficult vaults in gymnastics. Teoksessa Riehle, H. & Vieten, M. (toim.) XVI International symposium on biomechanics in sports. Germany, 160-163.
- Lindner, K., Caine, D. & Johns, D. 1991. Withdrawal predictors among physical and performance characteristics of female competitive gymnasts. Journal of sports sciences 9, 259-272.
- Marshall, W. 1978. Puberty. Teoksessa Falkner, F. Human growth. New York.
- McNeal, J. 2001. Drop jump performance in talent-selected female gymnasts. Journal of strength and conditioning research 15 (3), 397.
- Mero, A. 1997. Voima. Nopeus. Teoksessa Mero, A., Nummela A. & Keskinen K. (toim.) Nykyaikainen urheiluvalmennus. Mero Oy, Jyväskylä, 147-172.
- Miller, D. & Nissinen, M. 1987. Critical examination of ground reaction force in the running forward somersault. International journal of biomechanics 3, 189-206.
- Nissinen, M. 1990. Tieteellisen valmennuksen hyväksikäyttö käytännön valmennuksessa sekä uudet metodit harjoittelun seurantaan. Julkaisematon moniste. Telinevoimistelun kansainvälinen valmentajaseminaari: Lapin urheiluopisto.
- Peltenburg, A., Erich, W., Zonderland, M., Bernink, M., Van Den Brande, J. & Huisveld, I. 1984. A retrospective study of female gymnasts and girl swimmers. International journal of sports medicine 5, 262-267.
- Russell, K., Quinney, H., Hazlett, C. & Hillis, D. 1995. Knee muscle strength in elite male gymnasts. JOSPT 22 (1), 10-17.
- Salmela, J. H. 1976. Psychomotor task demands of gymnastics. Teoksessa Salmela, J. H. (toim.) The advanced study of gymnastics. Illinois, U.S.A., 5-19.
- Salonen, J. 2000. Syömishäiriöiden riski suomalaisilla naisvoimistelijoilla. Syventävät opinnot.
- Sands, W. 2000. Vault run speeds. Technique 20 (4).

- Shevchenko, F., Tomalchev, P., Kishinev, L. & Semenov, L. 1980. Specialized physical preparation of gymnasts in support jumps. *Gymnastika* 27-28, 165-167.
- Stokin, O. 1986. Koulutusmateriaali. Teoksessa TUL (toim.) TUL:n valmentajakoulu, 1-taso. Julkaisematon moniste.
- Söderqvist, E. 1990. Miesten ja nuorten maajoukkueen harjoituspäiväkirjat 1990. Suomen Voimisteluliitto. Helsinki.
- Takei, Y. 1990. Techniques used by elite women gymnasts performing the handspring vault at the 1987 Pan American Games. *International journal of sport biomechanics* 6, 29-55.
- Tanner, J. 1962. Growth at adolescence, 2 ed. Oxford, Blackwell scientific publications, 28-40.
- Tanner, J. 1986. Human growth, vol 2: Postnatal growth neurobiology. New York.
- Theintz, G., Howald, H., Weiss, U. & Sizonenko, P. 1993. Evidence for a reduction of growth potential in adolescent female gymnasts. *Journal of pediatrics* 122, 306-313.
- Vallièrè, A. 1976. Biomechanical misconceptions in artistic gymnastics. Teoksessa Sands, J. H. (toim.) The advanced study of gymnastics. Illinois, U.S.A., 99-100.
- Viitasalo, J. 1985. Measurement of force-velocity characteristics for sportsmen in field conditions. Teoksessa Winter, D., Norman, R., Wells, R., Hayes, K., Patla, A. (toim.) Biomechanics IX-A. Champaign, USA, 91-95.
- Viljanen, T., Viitasalo, J. & Kujala, U. 1991. Strength characteristics of healthy urban adult population. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*. 63, 43-47.
- Weinmann, E., Witzel, C., Schwidergall, S. & Böhles, H. 2000. Prepubertal perturbations in elite gymnasts caused by sport specific training regimens and inadequate nutritional intake. *International journal of sports medicine* 21, 210-215.
- Wanne, O. 1990. Liikunnan vaikutus kasvuun, suorituskykyyn ja seerumin lipideihin lapsuusiässä. Väitöskirja. Turun yliopiston julkaisuja.
- Österback, L. 1991. Urheilvien lasten kasvu ja kehitys murrosiässä. Viiden vuoden seurantatutkimus murrosikäisten urheilijoiden antropometriasta ja fyysisestä kehityksestä. Väitöskirja. Kuopion yliopiston julkaisuja.

Tutkimusten yhteenveto permannon volttisarjojen tärkeimmistä biomekaanisista muuttujista. (mukaeltu Koivunen 2000.)

Max Z-F = Maksimaalinen vertikaalivoimapiikki ponnistusvaiheen aikana ilmoitettu vartalon painoon suhteutettuna tai Newtonina tapauksissa*.

Max X-F = Maksimaalinen horisontaalivoimapiikki ponnistusvaiheen aikana.

Tulokulma = massakeskipisteen ja tukipisteen välinen kulma ponnistukseen tulovaiheessa.

Lähtökulma = massakeskipisteen ja tukipisteen välinen kulma ponnistuksen lähtövaiheessa.

Kontaktiaika = ponnistuksen aikainen kontaktiaika.

Tulo- ja lähtönopeus (x) = ponnistusvaiheen tulo- ja lähtövaiheen aikaiset horisontaalinopeudet.

Tulo- ja lähtönopeus (z) = ponnistusvaiheen tulo- ja lähtövaiheen aikaiset vertikaalinopeudet.

Liike	Tutkijat	Max Z-F (bw/N)	Max X-F (bw/N)	Tulokulma (astetta)	Lähtö- kulma (astetta)	Kontakti- aika (s)	Tulono- peus(x) (m/s)	Lähtöno- peus(x) (m/s)	Tulono- peus(z) (m/s)	Lähtöno- peus(z) (m/s)
Voltti eteenpäin	Miller&Nissinen(1987)	13,6	-1,8			0,135	4,1	2,5	-1,3	2,9
Voltti taaksepäin	Brueggermann(1983)	*6069	*-1900			0,131	3,8	2,7	-0,6	4,3
Voltti taaksepäin	Kriel(1995)			65,6	78,4					
Kaksoisvoltti taakse	Kriel(1995)			63,5	77,3					
Kaksoisvoltti taakse	Brueggermann(1983)	*6846	*-2100			0,123	4,1	2,9	-0,4	4,6
Kaksoisvoltti taakse	Hwang ym. (1990)			48,1	82,1	0,157	4,2	2,2	0,25	4,5
Kaksoisvoltti kierteellä	Kriel(1995)			63,9	76,4					
Kaksoisvoltti kierteellä	Hwang ym. (1990)			49	82,1	0,147	4,1	2,9	0,28	4,4
Kaksoisvoltti suorin	Kriel(1995)			60,1	75,6					
Kaksoisvoltti suorin	Hwang ym. (1990)			51,4	85,2	0,145	4,3	3,1	0,31	3,8

LIITE 2

KYSELY NAISTELINEVOIMISTELIJAN KEHITYKSESTÄ

25.11.02

1. Nimi _____
2. Synt. vuosi _____
3. Pituus _____ Paino _____
4. Missä luokassa kilpailit syyskaudella 2002? (ympyröi oikea)
4 lk 5 lk 6 lk 7 lk 8 lk
5. Minkä ikäisenä aloitit voimisteluharrastuksen? _____
6. Ovatko kuukautisesi alkaneet? (ympyröi oikea)

ON

EI

Jos vastasit EI, siirry kohtaan 11.

7. Minkä ikäisenä ne alkoivat? (kuukauden tarkkuudella) _____
8. Ovatko ne säännölliset? (ympyröi oikea)

ON

EI

Jos vastasit EI, siirry kohtaan 10.

9. Minkä ikäisenä ne tulivat säännöllisiksi? _____
10. Käytätkö hormonivalmisteita kuukautisten ylläpitämiseen tai niiden säännöllisyyden vuoksi? (ympyröi oikea)

KYLLÄ

EI

11. Kuinka paljon olet kasvanut pituutta vuoden 2002 aikana? (ympyröi oikea)
0-2cm 2-4cm 4-6cm yli 6cm

KIITOS VASTAUKSESTASI !