

# **HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUS- JA TOIMINTAKYKY ESI- JA PUBERTEETTI-ikäisillä sokeilla ja näkevillä pojilla**

**Elina Holopainen**

Pro gradu -tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Kevät 2008

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaaja: Keijo Häkkinen

## TIIVISTELMÄ

Elina Holopainen, 2008. Hermo-lihasjärjestelmän suoritus- ja toimintakyky esi- ja puberteetti-ikäisillä sokeilla ja näkevillä pojilla. Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos. s. 77.

Näkövammaisten fyysistä suorituskykyä on aiemmin tutkittu yksittäisiä motorisia suorituksia ja fyysistä kuntoa, sekä eri urheilulajien tulostasoa ja suoritustapaa mittaamalla. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia esi- ja puberteetti-ikäisten sokeiden ja näkevien poikien antropometriaa ja kehonkoostumusta, eri lihasten voimantuottoa, tasapainoa sekä liikunnallista aktiivisuutta.

Koehenkilöt muodostivat vastinparit iän, pituuden ja painon suhteen neljässä ryhmässä; sokeat ja näkevät lapset (9–13 v, n = 17) sekä sokeat ja näkevät nuoret (15–18 v, n = 16). Tutkimuksessa mitattiin koehenkilöiden antropometriaa (pituus, paino, BMI, lihasmassan paksuus ylä- ja alaraajasta), kehonkoostumusta, ylävartalon ja ylä- ja alaraajojen isometristä voimaa ja räjähtävää voimantuottoa (kuntopallon heitot, kevennyshypy ja 5-loikka), tasapainoa, sekä tiedusteltiin liikuntatottumuksia kyselyn avulla.

Sokeiden ja näkevien ryhmät eivät eronneet BMI:ssä ja kehon rasva-%:ssa. Lihaspaksuudet olivat sokeilla näkeviä pienempiä lapsilla rectus femoris- ja nuorilla vastus medialis -lihaksissa, mutta ei muissa ylä- ja alaraajojen lihaksissa. Sokeat nuoret olivat näkeviä nuoria heikompia maksimaalisessa isometrisessä penkkipunnerruksessa ( $p \leq 0,05$ ) ja vartalon ojennuksessa ( $p \leq 0,01$ ), mutta suhteutettaessa isometriset maksimivoimatulokset lihaspaksuuteen sokeiden ja näkevien välillä ei ollut eroa missään isometrisissä voimasuorituksissa. Yksinkertaisissa dynaamisissa räjähtävän voimantuoton suorituksissa sokeat lapset ( $p \leq 0,05$ ) ja nuoret ( $p \leq 0,05$ ) olivat näkeviä heikompia kuntopallonheitossa istuen, mutta kevennyshypyssä ryhmien välillä ei ollut eroa. Vaikeammissa dynaamisissa suorituksissa sokeiden ja näkevien suorituskyky erosi sekä kuntopallonheitossa seisten että 5-loikassa. Kuntopallonheitossa seisten sekä sokeat lapset ( $p \leq 0,001$ ), että nuoret ( $p \leq 0,01$ ) olivat näkeviä heikompia, kuten myös 5-loikassa molemmissa ikäryhmissä ( $p \leq 0,01$ ). Tasapainossa (flamingotesti) sokeat olivat näkeviä erittäin merkitsevästi heikompia molemmissa ikäryhmissä (lapset ( $p \leq 0,01$ ), nuoret ( $p \leq 0,001$ )). Kun näkeviltä peitettiin silmät, ero sokeiden ja näkevien välillä katosi. Yhdistettäessä lasten ja nuorten ryhmät sokeat olivat näkeviä heikompia kuntopallon heitossa seisten, 5-loikassa ja tasapainossa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella sokeiden ja näkevien erot fyysisessä suorituskyvyssä ilmenivät selkeimmin koordinatiivisesti vaikeammissa räjähtävissä suorituksissa ja tasapainossa. Näin ollen sokeiden henkilöiden lihaskuntoa testattaessa tulisi painottaa yksinkertaisia voimatestejä, joihin näkökyvyn puuttuminen ei juuri vaikuta. Toisaalta lihaskoordinaation kannalta vaikeampia liikkeitä tulisi harjaannuttaa ja testata, koska ne rajoittavat sokeiden henkilöiden suorituskykyä. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää näkövammaisten ja näkevien liikunnanopetuksessa, urheiluohjauksessa ja -valmennuksessa sekä tutkimuksessa. Avainsanat: sokea, lapsi, nuori, isometrinen voima, räjähtävä voimantuotto, tasapaino, lihasmassa

# SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA VOIMANTUOTTO.....	6
2.1 Lihaksen rakenne ja toiminta.....	6
2.2 Motorinen yksikkö ja sen toiminta.....	7
2.3 Lihaksen aktivointi ja voimantuotto.....	9
2.4 Lihaspituus, nivelkulma ja voimantuotto.....	11
2.5 Voima-aika -riippuvuus ja voima-nopeus -riippuvuus .....	13
3 TASAPAINO.....	15
3.1 Näön merkitys tasapainonhallinnassa.....	15
3.2 Somatosensorinen tasapainonhallinta .....	16
3.3 Lihaksisto ja lihasvoima tasapainonhallinnassa.....	17
3.4 Staattinen ja dynaaminen tasapaino.....	17
3.5 Tasapainon merkitys ja tasapainon mittaaminen.....	18
4 LAPSEN JA NUOREN KASVU JA KEHITYS.....	20
4.1 Antropometria ja kehonkoostumus.....	20
4.1.1 Pituus.....	20
4.1.2 Paino.....	21
4.1.3 Kehonkoostumus .....	21
4.2 Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyky.....	22
4.2.1 Nopeus ja nopeusvoima.....	22
4.2.2 Maksimivoima.....	25
4.2.3 Koordinaatio.....	26
5 NÄKÖVAMMAISUUDEN LUOKITTELU JA ERITYISPIIRTEET LIIKUNNASSA.....	28
5.1 Näkövammaisuuden vaikutukset fyysisen suorituskyvyn kehittymiseen.....	29
5.2 Näkövammaisten kehonkoostumus.....	29
5.3 Näkövammaisten fyysinen kunto ja tasapaino.....	30
5.3.1 Kuntotestitulokset näkövammaisilla ja näkevillä.....	31
5.3.2 Näkövammaisten motorinen suorituskyky.....	32
5.3.3 Voimantuotto-ominaisuudet näkövammaisilla.....	32
5.3.4 Näkövammaisten suorituskyky nopeus- ja voimalajeissa.....	34
5.3.5 Näkövammaisten tasapainokyky.....	35

5.4 Näkövammaisten liikunnan harrastus.....	35
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT .....	37
7 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	38
7.1 Koehenkilöt.....	38
7.2 Aineiston keruu.....	39
7.3 Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät.....	41
8 TULOKSET.....	42
8.1 Antropometria ja kehonkoostumus.....	42
8.2 Isometrinen maksimivoima.....	43
8.3 Räjähävä voimantuotto.....	45
8.4 Tasapaino.....	47
8.5. Liikunnan harrastus.....	48
9 POHDINTA.....	50
LÄHTEET.....	56
LIITE 1. Esikysymykset.....	70
LIITE 2. Mittauskaavake.....	72

## 1 JOHDANTO

Tutkimustuloksia on raportoitu vähän näkövammaisten ja sokeiden lasten fyysisen suorituskyvyn eri osa-alueiden tasosta näkeviin verrattuna. Tutkimusta on tehty motoristen suoritusten (erilaiset motoriset liikkeet, esim. vauhditon pituushyppy, tasapaino ja motorinen kehitys) ja fyysisen kunnon (hengitys- ja verenkiertoelimistön kestävyys, lihasvoima ja -kestävyys, kehonkoostumus ja liikkuvuus) (Skaggs & Hopper 1996) alueilla, sekä eri urheilulajien tulostasoa ja suoritustapaa vertailemalla (Makris, Yee, Langefeld, Chappell ja Slemenda 1993).

Tutkimuksia näkövammaisten – lasten tai aikuisten – voimantuotosta on tehty vain muutamia. Lasten osalta on lähinnä esitetty yksittäisiä voimatuloksia fyysisen kunnon testipattereiden osana (Lieberman & McHugh 2001; Short & Winnick 1986; Short & Winnick 2005). Tutkimustuloksia lapsilta lihasmassan määrästä ja yhteydestä lihaksen voimatasoon on raportoitu kahdessa tutkimuksessa (Ozmun 1992; Wyatt & Ng 1997) ja agonistilihasten aktivointikyvystä isometrisissä voimasuorituksissa yhdessä tutkimuksessa (Ozmun 1992). Agonistilihasten aktivoinnin ajoituksesta eri lihasten voimantuoton aikana taikka antagonistilihasten mahdollisesti suurentuneesta suoritusta ”jarruttavasta” koaktivaatiotasosta dynaamisen voimasuorituksen aikana ei ole raportoitu lapsilta eikä aikuisilta. Yhdessä tutkimuksessa on tarkasteltu lasten voimantuottoa harjoitusvaikutuksen kannalta (Ozmun 1992).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata antropometriaa, lihasmassan määrää ylä- ja alaraajalihaksissa ja näiden yhteyttä kyseisten lihasten voimantuottokykyyn isometrisissä ja koordinaatiivisesti yksinkertaisissa ja vaikeissa dynaamisissa suorituksissa sokeilla ja näkevillä pojilla. Lisäksi verrattiin tasapainoa ja liikuntatottumuksia. Koehenkilöryhmät koostuivat sekä esipuberteetti-ikäisistä 9–13 -vuotiaista että puberteetti-ään ylittäneistä 15–18 -vuotiaista sokeista ja näkevistä pojista. Tavoitteena oli saada lisätietoa sokeiden ja näkevien lasten ja nuorten hermo-lihasjärjestelmän suoritus- ja toimintakyvystä. Saaduilla tutkimustuloksilla on merkitystä näkövammaisten ja näkevien lasten fyysisen suorituskyvyn erityispiirteiden ymmärtämisessä hermo-lihasjärjestelmän toimintakyvyn osalta. Tietoa voidaan hyödyntää sekä näkövammaisten lasten motoristen taitojen ja eri lihasryhmien voimantuotto-ominaisuuksien kehittämisessä, että hermo-lihasjärjestelmän toimintakyvyltään heikkokuntoisten näkövammaisten lasten kuntouttamisessa.

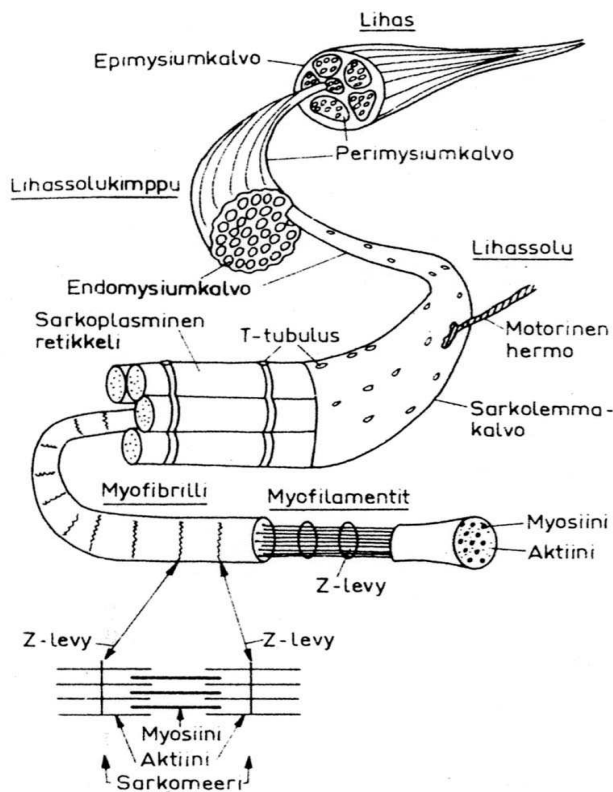
## 2 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA VOIMANTUOTTO

Ihmisen liikuntakoneiston muodostavat luut ja lihakset sekä niitä liittävät sidekudokset (kuten jänteet ja rustot) (Rusko 1989, 11). Tahdonalaisissa liikkeissä kuten erilaisissa urheilusuorituksissa liikekäsky lähtee aivoista. Sähköinen viesti kulkee keskushermostosta ääreishermostoon ja lopulta lihassoluihin, joissa tapahtuu lihassupistus. Lihassolussa voimantuottoon osallistuvat supistuva ja elastiset osat. Lihaksessa on myös säätelyyn osallistuvia osia, jotka toimivat takaisinkytkentäperiaatteella. (Mero 1987, 23.) Lihakset pystyvät muuttamaan ravintoaineiden sisältämän kemiallisen energian lihassupistuksen välityksellä liikkeiksi ja liikkumiseksi. Elimistöllä on myös menetelmät poistaa aineenvaihdunnan haitallisia jätteaineita. Koko tämän järjestelmän toimintaa ohjaa ja säätelee hermosto sekä sisäeritysrauhaset. (Rusko 1989, 11.)

### 2.1 Lihaksen rakenne ja toiminta

Poikkijuovaisten lihasten avulla ihminen liikkuu ja kommunikoi ja niiden toimintaan ihminen voi ainakin periaatteessa vaikuttaa tahdonalaisesti. Useimmat poikkijuovaiset lihakset ovat jänteiden avulla kiinni luissa ja niistä onkin käytetty nimeä luustolihakset (luurankolihakset) (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 1992, 76.) Luurankolihas muodostuu lihassolukimpuista, jotka rakentuvat yksittäisistä lihassoluista. Kunkin kolmen rakenteen ympärillä on lihaksen päissä jänteisiin yhdistyvä sidekudoksesta muodostunut kalvorakennelma. Lihassolun ympärillä on helposti sähköä johtava ja toisaalta valikoivasti kemiallisia aineita läpäisevä kalvo. Lihassolun sisällä on erotettavissa solun aineenvaihduntaan ja uudelleenrakentamiseen liittyviä osia (mm. ribosomit, Golgin laite, lysosomit, mitokondriot, tuma, rasvapisarot, glykogeenipartikkelit), solun supistumisen aikaansaavia valkuaisainesauvoja (myofibrillejä) sekä supistumiskäskyn valkuaisainesauvoille tuovia putkistoja (T-tubulukset ja sarkoplasminen retikkeli). Lihassolu koostuu useista vierekkäisistä myofibrillisauvoista, joka on pituussuunnassa jakautunut lukuisiin peräkkäisiin osasiin, sarkomeereihin. Vierekkäiset sarkomeerit erottaa toisistaan z-levy, johon kiinnittyvät aktiinisauvat. Sarkomeerien keskellä aktiinifilamenttien välissä sijaitsevat myosiinifilamentit. Tämä aktiini- ja myosiinivalkuaisesten järjestäytyminen näkyy mikroskoopissa juovamaisena rakenteena – siksi luurankolihaksia kutsutaan myös poikkijuovaisiksi lihaksiksi. (Viitasalo 1989, 39–40.) Lihaksen rakenne esitetty kuviossa 1.

Harjoittelun vaikutuksesta (erityisesti raskas voimaharjoittelu) lihassolun koko kasvaa, jolloin sen tilavuus ja pinta-ala myös kasvavat (Mero 1987, 27).



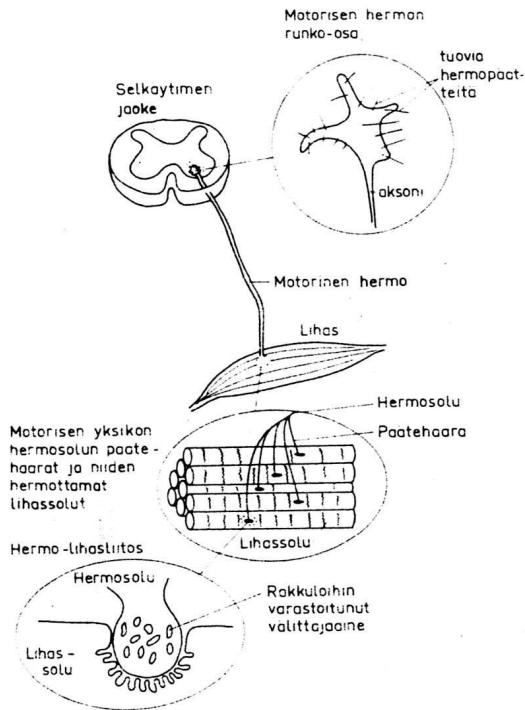
KUVIO 1. Lihaksen rakenne (Viitasalo 1989, 40).

Lihaksen mekaanisen mallin mukaan lihaksella on supistuva ja elastiset osat. Elastisiin osiin laskeaan kuuluvan elimistön tukirakenteet (jänteet ja sidekudoskerrokset) ja supistuvan komponentin aktiinin ja myosiinin välillä olevat välisillat. Näillä elastisilla osilla on kyky varastoida energiaa itseensä aktiivista lihasta venytettäessä ja purkaa tämä varastoitunut energia (potentiaalienergia) ylimääräisenä voimana (liike-energiana), kun lihas supistuu nopeasti venytyksen jälkeen (Cavagna, Saibene & Margaria 1965). (Mero 1987, 33.)

## 2.2 Motorinen yksikkö ja sen toiminta

Liikehermosolu ja kaikki sen hermottamat lihassolut muodostavat lihaksen motorisen yksikön (Nienstedt ym. 1992, 79), pienimmän toiminnallisen hermo-lihasjärjestelmän osan ihmisellä. Moto-

rinen hermosolu jakautuu lihaksissa useisiin päätehaaroihin, joista kukin kytkeytyy hermo-lihasliitoksen välityksellä yhteen lihassoluun (Enoka & Fuglevand 2001). Kuva motorisesta yksiköstä kuviossa 2.



KUVIO 2. Motorinen yksikkö: selkäytimestä lähtevä motorinen hermosolu, sen päätehaarat, hermo-lihasliitos sekä lihassolut (Viitasalo 1989, 41).

Motorisen yksikön koko (= motorisen hermon hermottamien lihassolujen lukumäärä) riippuu lihaksen toimintatarkoituksesta. Tarkkaa voimantuoton kontrollia vaativissa lihaksissa (kuten silmän liikelihakset ja kasvolihakset) yksi hermo hermottaa ainoastaan muutamaa lihassolua. Sen sijaan suurta voimantuottoa ja karkeampaa säätöä vaativissa isoissa raajalihaksissa yksi hermo kuljettaa supistumiskäskyn useaan sataan, jopa useaan tuhanteen lihassoluun. Rakenteellisesti yhden motorisen yksikön lihassolut ovat hajallaan lihaksessa. Ihmisen lihaksissa motorista yksikköä kohden on lihassoluja muutamasta solusta aina useampaan tuhanteen. Motorisia yksiköitä taas on ihmisellä eri lihaksissa muutamista kymmenistä aina yli tuhanteen (Enoka & Fuglevand 2001).

Aktiopotentiaali tulee sähköisenä viestinä motorista hermoa pitkin ja siirtyy kemiallisen välittäjäaineen (asetyylkoliini) avulla hermo-lihasliitoksen kautta lihassoluihin. Lihassolun keskikohdalle saapunut aktiopotentiaali leviää lihassolua pitkin kohti solun ääripäitä. Samalla supistumiskäskey kulkeutuu solun sisäosiin aiheuttaen solun supistumisen, kun pienet kemialliset välisillat vetävät aktiini- ja myosiinisauvoja toistensa lomiin lyhentäen sarkomeereja. Solun peräkkäisten sarkomee-



rien yhtäaikaisen supistumisen myötä koko lihassolu pyrkii lyhenemään. Prosessi vaatii energiaa, joka saadaan pilkkomalla soluun varastoitunutta ATP:tä (adenosiinitrifosfaatti) ADP:ksi (adenosiinidifosfaatti). Asetyylikoliinin hajottaa ja poistaa siirtymäalueelta koliiniesteraasi. (Lutz & Lieber 1999.) Kaikki motorisen yksikön solut tuottavat voimaa – kaikki supistuvat tai ei yksikään. Urheilusuorituksissa lihassolu supistuu ja relaksoituu eli rentoutuu nopeaan tahtiin. Usein käskyjen tulo keskushermostosta on niin tiheä, ettei relaksoituminen ehdi tapahtua, jolloin voimantuotto kumuloi- tuu eli kasautuu (tetanisaatio). (Mero 1987, 26.) Tämä syttymisfrekvenssin lisääminen on yksi voi- man lisäämismekanismi; toinen on uusien motoristen yksiköiden rekrytointi eli käyttöönotto (Win- ter 1979, 109). Motoristen yksiköiden rekrytointi tapahtuu noudattaen kokoperiaatetta (Henneman 1974), jolloin pienin yksikkö rekrytoidaan ensin ja suurin yksikkö viimeisenä. Jännite vähenee käänteisenä prosessina: syttymisfrekvenssin laskemisena ja suurempien yksiköiden sammussa en- sin. (Winter 1979, 110–111.)

### **2.3 Lihaksen aktivointi ja voimantuotto**

Lihaksen supistuminen tarkoittaa lihaksen sisäistä tapahtumaa, joka ilmenee ulkoisesti mitattuna lihasjännityksenä eli voiman tuottamisena. Se jaetaan isometriseen ja dynaamiseen lihassupistuk- seen, ja dynaaminen lihassupistus konsentriseen ja eksentriseen lihassupistukseen. Isometrisessä lihassupistuksessa lihaksen kokonaispituus ei ulkoisesti mitattuna muutu, jolloin ei siis tehdä nivel- liikettä eikä mahdollinen ulkoinen kuorma liiku. Kun supistuva lihas lyhenee aiheuttaen liikettä ja esimerkiksi liikuttaa ulkoista kuormaa, on kyseessä konsentrisen lihassupistustapa. Eksentrisessä lihassupistuksessa jokin ulkoinen kuorma tai esimerkiksi antagonistilihas (vastavaikuttajalihas) ve- nyyttää aktiivista lihasta. Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on suurin eksentrisessä ja pienin konsentrisessä lihassupistuksessa. Isometrisessä supistuksessa tuotetun voiman suuruus on näiden välillä. Normaaleissa liikunta- ja urheilusuorituksissa on harvinaista, että lihas suorittaisi koko yk- sittäisen työvaiheen puhtaasti yhtä supistustapaa käyttäen. Esitetyt supistusmallit tulee ymmärtää osina jatkuvasta kokonaistoiminnasta, jossa eri lihastyötavat vuorottelevat samassa liikkeessä. (Häkkinen 1990b, 22–23.) Eristettyä lihastyötapojen tarkastelua voidaan tehdä lähinnä laboratorio- olosuhteissa kontrolloimalla liikkeet mahdollisimman tarkasti käyttäen esimerkiksi jalkojen ojenu- s- ja koukistuslaitetta.

Lihassolujen pinnalla leviävä aktiopotentiaali välittyy solua ympäröiviin kudoksiin aina iholle asti. Ihon pinnalta aktiopotentiaalit voidaan rekisteröidä erityisillä elektrodeilla ja rekisteröitävää signaa-

lia kutsutaan elektromyogrammiksi (EMG). Näin rekisteröity EMG-signaali edustaa kyseessä olevan lihaksen toimivien motoristen yksiköiden yhteisaktiivisuutta, jolloin EMG-signaalia voidaan käyttää mm. kuvaamaan kokonaisvaltaisesti mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa ja / tai määrää (integroitu EMG) sekä aktivoitumisen nopeutta (EMG-aika -käyrä). Lihaksen kulloinkin aktivaatiotaso on lähes suorassa yhteydessä tuotettuun isometriseen voimaan. Mitä enemmän keskushermosto pystyy aktivoimaan lihasten motorisia yksiköitä, sitä suurempi on lihaksen tuottama voima mittaustilanteessa. (Häkkinen 1990b, 27.)

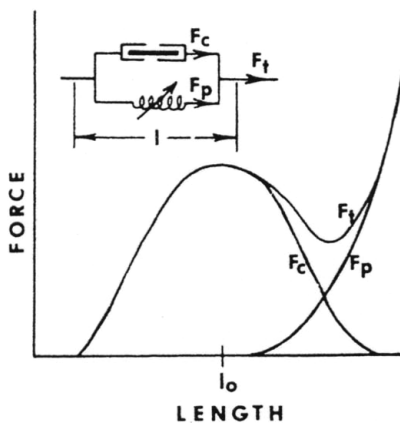
Agonistien supistumiseen (suorituksen pääliikuttajat) saattaa liittyä niiden antagonistien (lihakset, jotka tuottavat voimaa ja liikettä vastakkaisuuntaan eli vastavaikuttajalihakset) samanaikainen supistuminen. Antagonistien koaktivaatio on melko yleistä, erityisesti kun agonistin supistuminen on voimakasta ja / tai nopeaa (Baratta, Solomonov, Zhou, Letson, Chuinard & D'Ambrosia 1988; Corcos, Gottlieb & Agarwal 1989; Freund & Budingen 1978; Smith 1981) ja kun tehtävä vaatii tarkkuutta tai kun henkilöt ovat harjaantumattomia tehtävään (Person 1958). Antagonistien koaktivaatio näyttäisi olevan vastavaikutteista, erityisesti voimasuorituksessa, sillä antagonistin vääntömomentti näyttäisi vähentävän aiotun liikesuunnan nettomomenttia. Esimerkiksi maksimaalisessa polven ojennuksessa polven koukistajat (antagonistit) tuottavat 10–75 % suuruisen (vastakkaisen) vääntömomentin verrattuna totaaliuojennusvääntömomenttiin (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, Bojsen-Moller & Dyhre-Poulsen 2000; Baratta ym. 1988; Kellis & Baltzopoulos 1997). On myös näyttöä, että antagonistikoaktivaatio saattaa resiprokaalisen inhibition kautta vaikeuttaa agonistien täydellistä aktivointikykyä (Milner, Cloutier, Leger & Franklin 1995; Tyler & Hutton 1986). (Sale 1991, 260, 262; 2003, 302.)

Voimakkaissa supistuksissa antagonistisupistuksen on arvioitu auttavan ligamentteja nivelstabiliteetin säilyttämisessä (Aagaard ym. 2000; Baratta ym. 1988; Carpentier, Duchateau & Hainaut 1996; Kellis 1998; Kellis & Baltzopoulos 1999; Solomonow & Krogsgaard 2001). Samoin se saattaa olla osa liikkeen koordinaatiota (Jongen, Denier van der Gon & Gielen 1989; Van Zuylen, Gielen & Denier van der Gon 1988). Korkeanopeuksisissa (ballistisissa) liikkeissä antagonistikoaktivaatio on tärkeä (Carpentier ym. 1996; Corcos ym. 1989) mahdollistaen stabilisaatiota, tarkkuutta ja jarrutusmekanismin (Lestienne 1979; Marsden, Obeso & Rothwell 1983; Wierzbicka, Wiegner & Shahani 1986). Antagonistikoaktivaation aiheuttama agonistien inhibitio saattaa olla suojamekanismi voimakkaissa tai nopeissa supistuksissa (Tyler & Hutton 1986.) (Sale 1991, 262; 2003, 302–303.) Antagonisti-koaktivaatiota on tutkittu myös lapsilta. Kelliksen ja Unnithanin (1999) tutkimuksen mukaan 12-vuotiailla tytöillä ja pojilla ei ollut eroa antagonistikoaktivaatiossa verrattuna aikuisiin

isokineettisissä polven ojennuksissa ja koukistuksissa. Eroa ei ollut myöskään sukupuolen suhteen. (Kellis & Unnithan 1999.)

## 2.4 Lihaspituus, nivelkulma ja voimantuotto

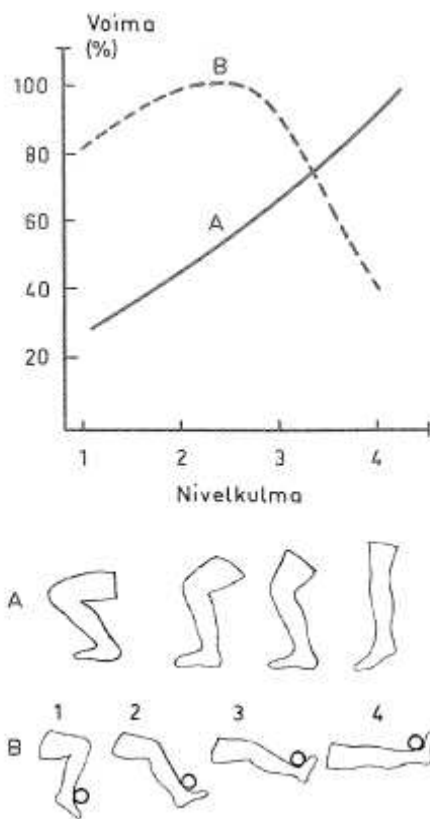
Lihaksen voima-pituus -ominaisuudet ovat yhdistelmä sekä aktiivisten että passiivisten elementtien voima-pituus -ominaisuuksista. Supistuvan komponentin ollessa lepopituudessaan, noin  $2,5 \mu\text{m}$ , filamenttien välillä on maksimaalinen määrä poikittaissiltoja ja maksimijännitys on mahdollinen. Lihaksen pidentyessä filamentit vetäytyvät erilleen, poikittaissiltojen määrä vähenee ja jännitys laskee. Maksimipituudessa, n.  $4,0 \mu\text{m}$ , poikittaissiltoja ei ole ja jännitys laskee nolnaan. Lihaksen lyhentyessä alle lepopituutensa poikittaissillat limittyvät ja ilmenee häiriötä. Tämä johtaa jännityksen vähenemiseen aina täydelliseen limittymiseen saakka n.  $1,5 \mu\text{m}$ :ssä. Jännitys ei putoa nolnaan, mutta laskee voimakkaasti. Supistuvaa komponenttia ympäröivä elementti (rinnakkainen elastinen komponentti) vaikuttaa voima-pituus -käyrään käyttäytyen elastisen nauhan tavoin. Lihaksen lepopituudessa tai sitä lyhyempänä rinnakkainen elastinen komponentti on veltona ilman jännitystä. Lihaksen pidentyessä elementti venyy ja jännitys kasvaa, ensin hitaasti ja sitten nopeammin. Poiketen useimmista jousista, joilla on lineaarinen voima-pituus -suhde, rinnakkainen elementti on melko nonlinearinen. (Winter 1979, 112–114.) Kuviossa 3 esitetty sekä supistuvan elementin ja rinnakkaisen elastisen elementin voimakäyrät sekä näiden molempien summana syntyvä koko lihaksen voima-pituus-käyrä.



KUVIO 3. Supistuvan elementin tuottama maksimijännitys  $F_c$  yhdessä rinnakkaisen elastisen elementin tuottaman jännityksen  $F_p$  kanssa. Jännevoima on  $F_t = F_c + F_p$  (Winter 1979, 114).

Peräkkäiseksi elastiseksi elementiksi kutsutaan kaikkia supistuvan komponentin kanssa peräkkäisiä kalvorakenteita, sisältäen jänteen. Isometrisissä supistuksissa sillä ei ole vaikutusta voima-pituus -piirteisiin, mutta dynaamisissa olosuhteissa peräkkäinen elastinen elementti yhdessä kitkakomponenttien kanssa vaikuttaa lihaksen voimantuottoaikaan ja voidaan todentaa vain eristetyllä lihaksella. (Winter 1979, 115.)

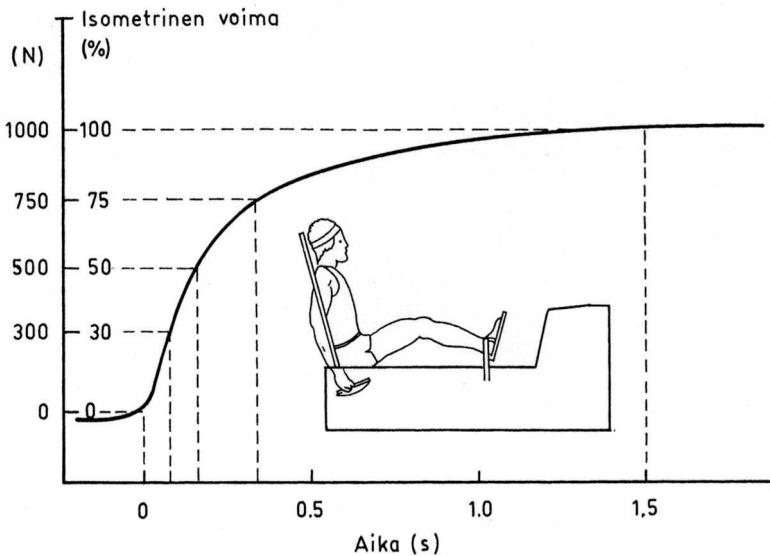
Yksittäisen lihaksen jänteeseen tuottama voima on siis yhteydessä lihaksen pituuteen. Kullekin lihakselle on myös olemassa tietty nivelasento, jolla lihas pystyy tehokkaimmin vääntämään niveleen kytkeytyneitä luita toisiinsa nähden. Nivelliikkeille voidaan mitata oma spesifinen nivelkulma ja piirtää niveltä liikuttavan lihaksiston yhteinen voimakäyrä-kuvaaja. Kuviossa 4 on esitetty nivelkulman ja tuotetun maksimaalisen isometrisen voiman välinen riippuvuus polven ojennuksessa ja jalkakyykyssä, jossa liike tapahtuu usean nivelen kautta. (Häkkinen 1990b, 24.)



KUVIO 4. Nivelkulman ja voiman riippuvuus jalkakyykyssä (A) ja polvenojennuksessa (B)  
(Viitasalo, Raninen & Liitsola 1985b teoksessa Häkkinen 1990b, 25).

## 2.5 Voima-aika -riippuvuus ja voima-nopeus -riippuvuus

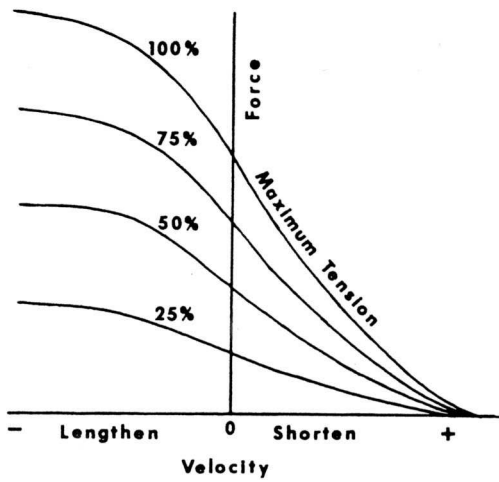
Kullakin lihaksella ja lihasryhmällä on laboratoriomittauksissa muodoltaan yksilöllinen voima-aikakäyrä mitattaessa koehenkilön maksimaalista voimaa isometrisessä, mahdollisimman lyhyessä ajassa suoritettussa supistustilanteessa erityisillä voimadynamometreillä. Kuviossa 5 on esimerkki tällaisesta mittauksesta saatavasta alaraajojen voima-aikakäyrästä. Samassa yhteydessä voidaan mitata lihasten aktivoitumista (EMG). (Häkkinen 1990b, 27.)



KUVIO 5. Esimerkki alaraajojen ojentajalihaksiston isometrisen voima-aikakäyrän ja maksimivoiman rekisteröimisestä. Voimantuottoa voidaan analysoida ajan suhteen sekä absoluuttisena (N) että suhteellisenä (% omasta maksimivoimasta) (Häkkinen 1990b, 28).

Lihaksiston voima-aikakäyrän ohella hermo-lihasjärjestelmän hetkellistä toimintakykyä voidaan kuvata lihaksen / lihasryhmän voima-nopeus -käyrän avulla, yleensä laboratorio-olosuhteissa. Käyrä kuvaa lihaksen supistusnopeutta liikutettaessa eri suuruisia kuormia tai lihaksen tuottamaa voimaa käytettäessä eri suuruisia liikenopeuksia. (Häkkinen 1990b, 35.) Lihaksen jännite vähenee lihaksen lyhenemisnopeuden kasvaessa ja kasvaa pidentymisnopeuden kasvaessa. Jännitteen väheneminen lyhenemisnopeuden kasvaessa (konsentrinen supistus) selittyy pääosin jännitteen vähentymisenä poikittaissiltojen rikkoutuessa ja uudelleenmuodosteessa lyhyempinä. Toinen tekijä näyttäisi olevan nesteviskositeetti sekä supistuvissa elementeissä että kalvorakenteissa. Jännitteen kasvu pidentymisnopeuden kasvaessa (eksentrinen supistus) selittyy poikittaissiltojen proteiinilinkkien rikkomiseen vaadittavalla voimalla ja voiman lisääntymisellä rikkoutumisen lisääntymisenä. Toiseksi lyhenemisen viskositeettikitka vaikuttaa edelleen. Jännevoiman taas tulee nyt olla suurempi

vaimennuskitkan voittamiseksi. (Winter 1979, 117–119.) Kuviossa 6 on luustolihasen voima-nopeus -käyrä. Kuviossa on tavallisesti esitetty maksimisupistuksen käyrä, sekä 75 %, 50 % ja 25 % käyrät.



KUVIO 6. Luustolihasen voima-nopeus -käyrä (Winter 1979, 118).

### 3. TASAPAINO

Tasapainolla tarkoitetaan kykyä ylläpitää haluttu kehon asento ja estää ei-toivotut muutokset siinä (Era 1997, 54) ja tasapainotilan säilyttämistä paikallaan ollessa tai liikkeessä (Strand & Wilson 1993, 154). Tasapainon voidaan katsoa olevan yksi motorisen suorituskyvyn osa-alueista yhdessä lihasvoiman, nopeuden, ketteryyden, notkeuden, anaerobisen tehon ja kinesteettisen havaintokyvyn kanssa (Morrow, Jackson, Disch & Mood 2005, 327–331). Tasapaino on myös yksi koordinaatioon liittyvistä motorisista kyvyistä mm. motorisen yhdistelykyvyn, taidon ja reaktionopeuden ohella. Koordinaatio tarkoittaa näiden yhdistelmää, ja sen tehtävänä on hallita erilaisten liikeprosessien yhdistelmiä. (Haag & Haag 2000, 53–54.) Tasapainon katsotaan olevan myös yksi taitoon yhteydessä oleva fyysisen kunnan ominaisuus (Strand & Wilson 1993, 154). Tasapaino liittyy erityisesti sisäkorvan tasapainoelinten (vestibulaarijärjestelmä) kykyyn aistia kehon asentoja ja liikkeitä (Haag & Haag 2000, 55; Era 1997, 55). Myös näkö sekä ihon ja ihonalaisen kudoksen mekaanisen tuntoaistin reseptorit sekä proprioseptinen järjestelmä ovat tärkeitä aistijärjestelmiä tasapainon säilyttämisessä (Era 1997, 55). Asennon ylläpitoon liittyvä elinjärjestelmä voidaan jakaa edellä mainittuihin aistitiedon lähteisiin, tarvittavat korjausliikkeet ja nivelten stabiloinnin toteuttaviin raajojen ja vartalon lihaksiin ja nämä komponentit keskenään integroivaan hermolihasjärjestelmän toimintaan (Era 1997, 55). Kyky säilyttää tasapaino on pikkuaivojen ja muiden eri aivojen osien yhteistyön tulosta. Keskushermosto saamansa viestin perusteella välittää viestiä mm. lihaksistolle tasapainon säilyttämiseksi. (Haag & Haag 2000, 55.)

#### 3.1 Näön merkitys tasapainonhallinnassa

Tietoisten näköaistimusten lisäksi verkkokalvolta aivoihin välittyvät ärsykkeet voivat säädellä myös liikkeitä ja pystyasentoa (Sandström 1995, 22). Näköaistin avulla pystytään säilyttämään tasapaino, vaikka sisäkorvien kaarikäytävät eivät toimisikaan. Tasapainon kannalta näkö on siis keskeinen aisti. (Sandström 1993, 70.) Näön tärkeys tasapainon säätelyssä ilmenee seisomalla yhdellä jalalla sekä silmät auki että kiinni, sillä silmät kiinni seistäessä asentoa korjaavat liikkeet lisääntyvät. Silmät välittävät tietoa ympäristöstä ja sen tapahtumista sekä auttavat arvioimaan etäisyyttä. Lisäksi silmien avulla saadaan myös tietoa vartalon ja raajojen asennosta eri liikkeissä. (Galley & Forster 1988, 139.) Omien liikkeiden nopeus havaitaan sekä näköaistin että tasapainoelimen avulla, mutta

ainoastaan näköaistin avulla on mahdollista havaita, mikäli jokin kohde tai esine lähestyy (Sandström 1995, 22). Mitä vaikeampi liike, sitä tärkeämpi on näköaistin tuoma tieto suorituksesta ja sen ajoituksesta (Galley & Forster 1988, 139). Näön kautta saatavan tiedon merkitys voi olla joko asennon ylläpitoa suuresti edistävä (esim. hyvät valaistusolosuhteet, selkeitä kontrasteja ja rajapintoja katseen kiintopisteiksi, kiintopisteet riittävän lähellä), merkitys voi olla neutraali (hämärä valaistus, ei sopivia kiintopisteitä tai rajapintoja lähietäisyydellä), tai merkitys voi olla suuresti asennon ylläpitoa häiritsevä (esimerkiksi pyörivä, raidallinen visuaalinen ympäristö, väärin piirretyt perspektiivit ym. tivoissa usein käytetyt keinot tasapainon järkyttämiseksi). (Era 1997, 55.) Ikääntyessä näön osuus tasapainon säilyttämisessä ilmeisesti korostuu, vaikka näköaistissa itsessään tapahtuu monia haitallisia ikääntymiseen liittyviä muutoksia (Pyykkö, Jäntti & Aalto 1990 teoksessa Era 1997, 58).

### 3.2 Somatosensorinen tasapainonhallinta

Somatosensorinen järjestelmä antaa tietoa vartalon ja raajojen asennosta ja liikkeestä tukipinnan suhteen sekä eri ruumiinosien asennosta ja liikkeestä toistensa suhteen (Halavaara 1996). Somatosensoriseen järjestelmään kuuluvat painereseptorit sekä proprioseptinen hallinta (Sandström 1994, 18). Iho- ja painereseptorien avulla aistimme kosketuksen ja pystymme arvioimaan esineen painon, muodon ja pintamateriaalin (Sandström 1995, 25). Tasapainon kannalta erityisen tärkeitä ovat jalkapohjien painereseptorit, jotka auttavat osaltaan tasapainon säilymisessä myös epävakaalla, liukkaalla tai liikkuvalla alustalla (Galley & Forster 1988, 137). Jalkapohjan kautta saatava tuntemus kehon painopisteen sijainnista suhteessa jalkapohjan eri osiin on hyvin erilainen paljain jaloin tai erilaisia jalkineita käytettäessä tai liikuttaessa pehmeällä suolla verrattuna kovaan alustaan (Era 1997, 55).

Proprioseptorit sijaitsevat syvemmissä kudoksissa, muun muassa lihaskalvoissa, jänteissä, nivelsiteissä, lihaksissa ja nivelkapseleissa. Ne ovat herkkiä venytykselle, liikkeelle, paineelle ja asennon vaihteluille. (Kapit & Elson 2002, 91.) Proprioseptoreita on paljon kaularangan alueella. Tämä alue on voimakkaasti mukana asennon säätelyssä. Proprioseptoreita ovat mm. lihaskäämit ja Golgin jänne-elimet. (Lahtinen-Suopanki 1996.) Eräät tutkijat käyttävät proprioseptio-nimitystä aistitiedon ohjautuessa tiedostamattomalle tasolle. Asennosta ja liikkeestä puhuttaessa tietoisesta aistimuksesta käytetään kinestesia-termiä. (Sandström 1995, 22.) Kinesteettinen havaintokyky tarkoittaa kehonosan avaruudellista tiedostamista, joka on tärkeää tasapainon ja tehokkaan liikkumisen kannalta.



Se on sekä liikkeen tiedostamista, että oikean ja väärän liikkeen aistimista (Lydon & McGraw 1973, 22).

### **3.3 Lihaksisto ja lihasvoima tasapainohallinnassa**

Keskeinen osa asennon ylläpitoon liittyvästä elinjärjestelmästä ovat raajojen ja vartalon lihakset (Era 1997, 55). Isot aivot ja pikkuaivot tuottavat yhdessä aivorungon kautta tasapainoa korjaavat liikkeet (Sandström 1993, 68). Näitä automaattisia liikkeitä kutsutaan tasapainoreaktioiksi. Niiden avulla pidetään painopiste alkuperäisellä tukipinnalla, laajennetaan tukipintaa ja madalletaan painopistettä tai liikutaan alustalla pyrkien pitämään sillä painopiste (Galley & Forster 1988, 138). Aikuisilla alhaisen lihasmassan on todettu olevan yhteydessä tasapainovaikeuksiin (Szulc, Beck, Marchand & Delmas 2005). Wang & Chen (1999) totesivat 9–12 -vuotiaille lapsille tekemässä tutkimuksessaan, että paino ja dynaaminen voima ennustavat tasapainotulosta ja käänteisesti, että sukupuoli, paino, pituus ja tasapainotulos ennustavat merkitsevästi dynaamista voimatulosta. He raportoivat myös merkittävän positiivisen korrelaation tasapainolle ja dynaamiselle voimalle. (Wang & Chen 1999.)

### **3.4 Staattinen ja dynaaminen tasapaino**

Tasapaino voidaan jaotella staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon (Era 1997, 54; Fleishman 1964, 97–98; Haag & Haag 2000, 55; Morrow ym. 2005, 330). Staattisella tasapainolla tarkoitetaan kykyä säilyttää koko kehon tasapainotila seistäessä yhdessä pisteessä, eli seisomatasapainoa. Staattiseen tasapainoon voidaan vaikuttaa suorittamalla testi esimerkiksi yhdellä jalalla ja / tai suorittamalla testi joko silmät auki tai suljettuna. (Fleishman 1964, 97–98; Morrow ym. 2005, 330–331.) Staattisen tasapainon testi on esimerkiksi ns. flamingotesti, joka on osana lasten EUROFIT-testistöä (EUROFIT 1988, 42 – 43, 61; Simons & Renson 1982, 8–9).

Dynaamisella tasapainolla puolestaan tarkoitetaan kykyä säilyttää tasapainotila liikkeessä pisteestä toiseen (Morrow ym. 2005, 330). Päivittäisessä elämässä vain harvoin asento on kauan staattinen, poikkeuksena lepoasennot (Galley & Forster 1988, 138). Sääätelyjärjestelmän kannalta asennon ylläpito perustuu lähes kokonaan samoihin aistitiedon lähteisiin ja korjausmekanismeihin sekä staattisissa että dynaamisissa tilanteissa. Ei ole olemassa erikseen järjestelmää staattisen ja dynaamisen

tasapainon ylläpitoon. Toiminnallisestikin ilmenee samanaikaisuutta, esimerkiksi dynaamisen suorituksen tasapainoinen toteuttaminen edellyttää lähes aina kehon tiettyjen osien samanaikaista tai ennakoivaa staattista stabilointia, jotta muodostuu tukeva perusta dynaamisen osan toteuttamiselle. (Era 1997, 54.)

### 3.5 Tasapainon merkitys ja tasapainon mittaaminen

Tasapainotilassa kehoon vaikuttavien voimien ja vastavoimien summa on nolla. Hermostolihasjärjestelmä pyrkii vastustamaan kehoon vaikuttavia voimia säilyttääkseen tasapainotilan. Tämä edellyttää niveliä ympäröiviltä rakenteilta tiettyä elastisuutta. Siksi notkeus on tärkeä osa tasapainokykyä. (Haag & Haag 2000, 55.) Tasapainoa voidaan harjoittaa kuten muitakin motorisia kykyjä (Era 1997, 60; Haag & Haag 2000, 55). Tuoreessa tutkimuksessaan Couillandre, Duque Ribeiro, Thoumie ja Portero (2008) havaitsivat tasapainoharjoittelun parantavan tasapainoa merkitsevästi ja tasapainoharjoittelun myötä tasapaino näyttäisi paranevan sitä enemmän, mitä heikompi se on lähtötasoltaan. Tasapainoharjoittelulla myös lihasvoima parani suuntaa-antavasti (polven ojentajalihakset  $p = 0,07$ , vartalon ojentajalihakset  $p = 0,09$ ). Tasapaino- ja lihasvoimamuutokset eivät kuitenkaan korreloineet keskenään. (Couillandre, Duque Ribeiro, Thoumie & Portero 2008.)

Tasapaino on perusedellytys motoriselle kehitykselle ja tärkeä perusliikkumisessa ja päivittäisissä toiminnoissa. Lisäksi tasapaino mahdollistaa erilaisten liikkeiden suorittamisen voimakkaasti tai nopeasti ja toistamaan ne useita kertoja. (Galley ja Forster 1988, 138; Ragnarsdóttir 1996, 370.) Tasapainon heikkous voi johtaa lisääntyneeseen loukkaantumisriskiin (Haag & Haag 2000, 55). Monissa tutkimuksissa heikon tasapainokyvyn on osoitettu merkitsevästi liittyvän lisääntyneeseen nilkkavammariskiin erilaisissa aktiviteeteissa. Tasapainoharjoittelua onkin perinteisesti käytetty osana nilkkavammojen kuntoutusta ja sittemmin nilkka- ja polvinivelvammojen ehkäisyssä urheilussa. On esitetty, että tasapainoharjoittelu vaikuttaa neuromuskulaarisiin mekanismeihin, jotka vastaavat agonisti- antagonistilihasten koaktivaatiosta ja lisäävät aktiivista nivelstabiliteettia. Tämä vähentää nivelen paikaltaansiirtymää ja nivelrakenteiden venymistä. (Hrysonallis 2007.) Ikääntyvien tutkimuksessa tasapainoa on tutkittu kaatumisriskin kannalta. Alhainen tasapainonsäilytyskyky saattaa liittyä lisääntyneeseen kaatumisriskiin. Vaikka joillain tasapaino- ja lihasvoimaharjoitteluinterventioilla on osoitettu kaatumisien vähenevän, ei ole varmaa, mitkä elementit tai niiden yhdistelmät interventioissa olisivat tehokkaimmat ikääntyvien tasapainon parantamisessa. (Howe, Rochester, Jackson, Banks & Blair 2007; Mian, Baltzopoulos, Minetti, & Narici 2007.)

Tasapainoa voidaan mitata voimalevyn avulla, jolloin tietokoneohjelman avulla voidaan analysoida testattavan alustaan tuottamia pysty- ja vaakasuuntaisia voimia paikallaan oltaessa tai liikkeen aikana (Ahtiainen 2004, 188). Tasapaino on myös yhtenä mittarina muutamissa motoristen suoritusten mittauspattereissa – The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency ja Movement Assessment Battery for Children = Movement (Yoon, Scott, Hill, Levitt & Lambert 2006). Toiminnallisia testi-liikkeitä ovat esimerkiksi tuolista nouseminen, portaalle nousu tai askelkyykky (Ahtiainen 2004, 188).

## 4. LAPSEN JA NUOREN KASVU JA KEHITYS

"Lapsen liikunnallinen kehitys ei ole erotettavissa muusta kehityksestä. Pienen lapsen kehittyminen on kokonaisvaltaista; kypsyminen ja oppiminen ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään. Kehitykseen vaikuttavat hermoston, eri aistien ja liikunta- ja tukielimistön kehittyminen, lapsen tiedollinen ja tunne-elämän kehitystaso." (Karvinen, Hiltunen & Jääskeläinen 1991, 51.) Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin kasvuun ja kehitykseen kehonkoostumuksen ja fyysisten ominaisuuksien osalta.

Jokapäiväisessä puh kielessä iällä tarkoitetaan kalenteri-ikää eli kronologista ikää, mutta se on kuitenkin karkea biologisen iän likiarvo, jonka epätarkkuus johtuu vaihteluista yksilöllisessä biologisessa kypsymisaikataulussa. Biologisen kypsymisasteen paras heijastaja on luuston epifyysitumakkeiden kehitysaste-luustoikä. (Mero & Jaakkola 1990, 43.) Murrosiän alku riippuu selvemmin luustoiästä kuin kalenteri-ikästä tai koosta ja myös murrosiän aikataulu vaihtelee luustoiäkään nähden (Perheentupa & Kantero 1975). Biologisen iän määrittäminen koetaan tärkeänä lapsen fyysisen suorituskyvyn arvioinnissa. On todettu, että biologisesti varhain kypsyvät menestyvät urheilussa paremmin (Gumming, Garand & Borysyk 1972). Tarkkojen sekä rutiininomaisten käyttökelpoisten metodien löytäminen biologisen iän määrittämiseksi on lapsiurheilun tutkijoiden ongelma. (Mero & Jaakkola 1990, 44.)

### 4.1 Antropometria ja kehonkoostumus

#### 4.1.1 Pituus

Kasvu tapahtuu perimän ja ympäristön yhteisvaikutuksesta. Elimistön kasvu lapsella ja nuorella on melko tasaista lukuun ottamatta puberteetin eli murrosiän vaihetta, jolloin kasvussa on selvä nopeutuminen sekä pojilla että tytöillä. Kasvupyrähdyksen huippu on tytöillä keskimäärin 12,0 vuoden iässä ja pojilla 14,0 vuoden iässä. Tyttöjen nopein kasvu on aina ennen kuukautisten alkua. Jos pojan penis eli siitin ei ole vielä paksuuntunut eikä terska kehittynyt, on odotettavissa vielä noin 20 cm:n pituuskasvu. Kasvupyrähdykselle on tyypillistä, että se ilmenee lähes kaikissa lihaksiston ja luuston mitoissa. Pojilla tapahtuu selvää suurenemista myös veren hemoglobiinipitoisuudessa. Mo-

lemmillä sukupuolilla suurin kasvun nopeutumisen aiheuttaja on anaboliset hormonit, testosteroni ja kasvuhormoni. Vanhempien kehonpituudet tuntien voidaan melko tarkkaan – noin kolmen cm:n virheellä – ennustaa aikuispituutta. (Mero & Jaakkola 1990, 30, 36–37.)

#### **4.1.2 Paino**

Suurin osa samanikäisten lasten painovaihtelusta johtuu pituuden vaihtelusta, minkä vuoksi painoa on tarkasteltava suhteellisena painona eli verrattava pituuden eikä iän mukaisiin arvoihin. Suhteellinen paino ilmaistaan painon poikkeamana prosentteina pituutta vastaavasta keskipainosta. (Mero & Jaakkola 1990, 37.)

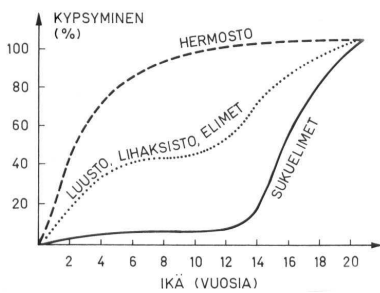
#### **4.1.3 Kehonkoostumus**

Lapsen ihopoimujen paksuudesta voi helposti päätellä lapsen rasvavarastojen määrän, joka riippuu lapsen liikkumisen, harjoittelun ja ravinnon määrästä. Kehon rasvamäärä lisääntyy joko niin, että rasvasolujen lukumäärä lisääntyy tai rasvasolujen koko lisääntyy tai tapahtuu molempia (esim. Hirsch & Batchelor 1976). Rasvasolujen lukumäärä pyrkii lisääntymään ensisijaisesti lapsuudessa ja aikuisiässä rasvamäärän lisäys tulee lähinnä rasvasolujen koon lisääntymisenä. Kun rasvasolut ovat kerran kehittyneet, niitä ei voi poistaa, mutta kokoa voi pienentää. Siksi on tärkeää pyrkiä lapsuudessa liikunnalla, harjoittelulla ja oikealla ravinnolla estämään rasvasolujen muodostumista. Lapsuudessa tytöillä on hieman enemmän rasvaa kuin pojilla. Murrosiässä tytöillä rasvamäärä lisääntyy ja pojilla pienenee tai pysyy samana. (Mero & Jaakkola 1990, 33–34, 37.)

Vastasyntyneellä noin 20 % kehon massasta on lihaskudosta (Israel 1991, 319). Lihasmassa lisääntyy tytöillä noin 3,5-kertaisesti ja pojilla noin viisinkertaisesti viisivuotiaasta 17,5-vuotiaaksi (Malina 1969) edustaen kehon massasta tytöillä 40 % ja 42 % ja pojilla 42 % ja 54 % vastaavissa ikävaiheissa. Lihasmassan ja lihaksen koon voidaan teoreettisesti olettaa liittyvän voimakkaasti voiman kehittymiseen lapsuudessa. (Blimkie & Sale 1998, 200–201.)

## 4.2 Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyky

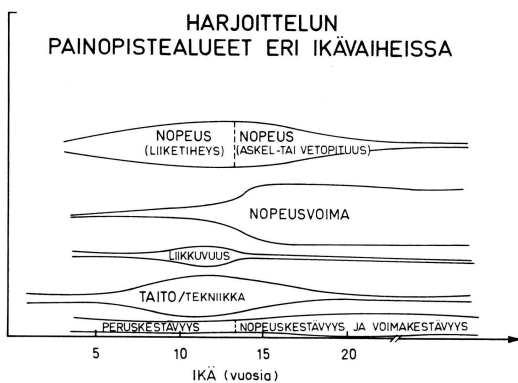
Elimistön eri osien kypsyminen on osoitettu kuviossa 7. Hermoston varhainen kypsyminen mahdollistaa taitojen ja koordinaatiivisten edellytysten tehokkaan kehittämisen 1–10 -vuotiaana. Lihaksiston, jänteiden, nivelsiteiden ja hengitys- ja verenkiertoelimistön kasvun kiihtyminen mahdollistaa tehokkaan voima- nopeus- ja kestävyysharjoittelun aloittamisen murrosiässä. (Mero & Jaakkola 1990, 44.)



KUVIO 7. Ihmisen elimistön eri osien kypsyminen iän lisääntyessä (Mero & Jaakkola 1990, 44).

### 4.2.1 Nopeus ja nopeusvoima

Kuntotekijöiden (nopeus, voima, liikkuvuus ja kestävyys) kehittyminen on edellytys liikunnallisten taitojen ja suoritusten paranemiselle. Harjoittelun tulee olla säännöllistä ja riittävän pitkäkestoista. (Committee on Sports Medicine and Fitness 1992 teoksessa Autio 1995, 39.) Kuviossa 8 on esitetty harjoittelun painopistealueet (herkkyyskaudet) eri ikävaiheissa.



KUVIO 8. Harjoittelun painopistealueet eri ikävaiheissa (Mero, Peltola & Saarela 1987, 109).

Nopeuden kehittyminen lapsen erilaisissa liikkeissä on riippuvainen sekä taidosta suorittaa liike, että nopeasta voimantuottokyvystä. Yleistaitojen ja lajitaitojen "varaston" lisääntyessä myös nopeus tehdä liikkeitä ja suorituksia paranee. (Mero & Pullinen 1990, 115.) Nopeuden katsotaan olevan voimakkaasti periytyvää hermolihasjärjestelmän osalta ja biologisten rakennemuutosten aikaansaaminen on helpointa hyvin varhaisessa vaiheessa lapsena (mm. Komi, Rusko & Vihko 1977; Israel 1977; Blaser 1978). Koska koordinaation kehittämisen perustyö tehdään myös samassa vaiheessa, on selvää, että nopeuden kannalta harjoittelu lapsena on ratkaisevassa asemassa – laiminlyöntejä lapsena on mahdotonta kompensoida aikuisena. (Mero ym. 1987, 93.)

Hermolihasjärjestelmän rakenteen muokkaaminen nopeatyypiseksi sekä hermoston että lihaksiston osalta lienee helpointa heti ensimmäisten elinvuosien aikana. Tätä ei ole ihmisellä tehdyin tutkimuksin osoitettu, mutta sen suuntaisia oletuksia on esitetty (esim. Israel 1977). Leikinomaisen harjoittelun tulisi siis sisältää paljon nopeusosia ja lapsen "villää" liikkumista ei tulisi estää. Nopeiden liikkeiden suorittamiseksi lapsi ottaa käyttöön nopeita motorisia yksiköitä ja harjoitusvaikutukset kohdentuvat niihin. Juoksuliikkeiden on todettu kehittyvän 5.–7. ikävuoden välillä voimakkaasti, jolloin nopeus lisääntyy ja sitä voidaan myös enemmän harjoitella (Meinel 1976). (Mero ym. 1987, 94.)

Ikävälillä 7–13 liiketiheyden ja nopeuden kehittyminen on hyvin nopeaa (esim. Köhler 1977; Stemmler 1977; Koinzer 1978), ja reaktioaika lyhenee selvästi (Markosjan & Wasjutina 1965). Tässä ikävaiheessa nopeusharjoitukset tulisi olla selvästi painottuneena verrattuna muiden fyysisten ominaisuuksien (voima, kestävyys) kehittämiseen. (Mero ym. 1987, 94.)

Murrosiässä (noin ikävuodet 13–15) hermoston kehittyminen saavuttaa aikuisen hermoston piirteet. Reaktioajan ja liiketiheyden maksimiarvot eri suorituksissa (juoksu ym.) saavutetaan tässä vaiheessa ja niitä ei voida enää myöhemmin kovin paljon harjoittelullakaan parantaa (esim. Farfel 1979; Meinel 1976). Testosteronin ja muiden hormonaalisten muutosten vuoksi pojat kehittyvät tässä ikävaiheessa voimakkaasti erityisesti nopeusvoimassa (esim. Koinzer 1978, Mero & Komi 1987) ja siten suoritusnopeus lisääntyy myös askel- ja vetopituuden avulla (esim. juoksu ja uinti). Tässä ikävaiheessa nopeusvoiman harjoittelua on lisättävä huomattavasti. (Mero ym. 1987, 94.)

Ikävuodesta 16 eteenpäin nopeuden harjoittaminen (sekä nopeusvoima- että koordinaatiotekijät) tapahtuu kuten aikuisilla ilman mitään erityispiirteitä – tämä tarkoittaa edelleen korkeaa tasoa laa-

dullisesti (nopeat liikkeet ja suoritukset) sekä määrien kasvamista kohti huippu-urheilun edellyttämää tasoa (Mero ym. 1987, 94).

Meron (1990) tekemän kilpailuaineiston analyysin (Auliksen Olympialaiset) mukaan juoksunopeus kehittyi 3–10 -vuotiailla lapsilla tasaisesti ja sukupuolten väliset erot ovat pieniä. Helander ja Lahtinen (1987) ovat mitanneet lentävällä lähdöllä juostun 20 m:n aikoja 7–16 -vuotiaille urheileville tytöille ja pojille ja luokitelleet juoksuajat asteikolla erinomaisesta heikkoon. (Mero & Pullinen 1990, 117.) Helanderin ja Lahtisen (1987) mittauksen tulokset esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Juoksu-aika (s) 20 m:llä (lentävällä lähdöllä) 7–16 -vuotiailla pojilla ja tytöillä (Helander & Lahtinen 1987 teoksessa Mero & Pullinen 1990, 119).

*POJAT*

Ikävaihe (vuotta)	Erinomainen	Hyvä	Keskin-kertainen	Heikko
7	3.40	3.60	4.10	yli 4.10
8	3.20	3.45	3.90	” 3.90
9	3.10	3.30	3.70	” 3.70
10	2.90	3.15	3.60	” 3.60
11	2.80	3.00	3.45	” 3.45
12	2.65	2.85	3.30	” 3.30
13	2.40	2.65	3.10	” 3.10
14	2.30	2.45	2.90	” 2.90
15	2.20	2.35	2.80	” 2.80
16	2.15	2.30	2.75	” 2.75

*TYTÖT*

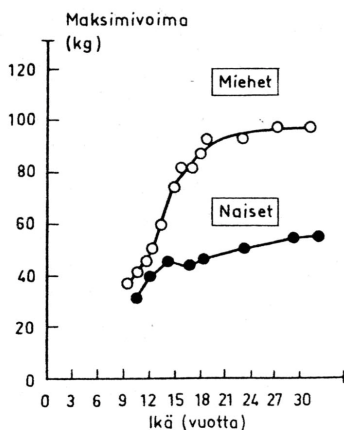
Ikävaihe (vuotta)	Erinomainen	Hyvä	Keskin-kertainen	Heikko
7	3.40	3.60	4.10	yli 4.10
8	3.20	3.45	3.90	” 3.90
9	3.10	3.30	3.70	” 3.70
10	2.95	3.15	3.60	” 3.60
11	2.80	3.00	3.45	” 3.45
12	2.65	2.85	3.30	” 3.30
13	2.45	2.65	3.10	” 3.10
14	2.40	2.50	3.10	” 3.10
15	2.35	2.45	3.05	” 3.05
16	2.30	2.40	3.00	” 3.00

Nopeusvoimaominaisuuden kehittyminen pojilla ja tytöillä noudattelee suurin piirtein samoja päälinjoja kuin maksimivoiman kehitys (Häkkinen 1990a, 81), jota käsitellään kappaleessa 4.2.2.

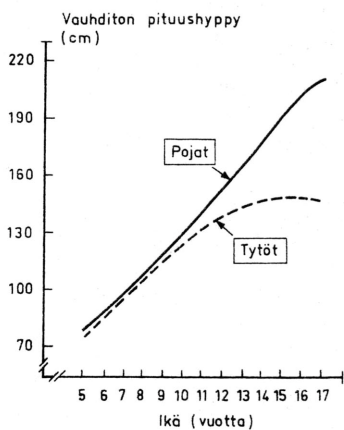


#### 4.2.2 Maksimivoima

Maksimivoima kasvaa luonnostaan ilman erityistä voimaharjoittelua noin kahdenkymmenen ensimmäisen ikävuoden aikana. Poikien ja tyttöjen välinen ero lihaksiston maksimaalisessa voimantuotossa on ennen puberteetti-ikää hyvin pieni aina noin 12–13 ikävuoteen asti (Going, Massey, Hoshizuki & Lohman 1987; Miyashita & Kanehisa 1979; Montoye & Lamphiear 1977) (kuviot 9 ja 10). Hormonituotannon lisääntyessä voimakkaasti puberteetti-iässä poikien absoluuttinen maksimivoima alkaa kehittyä hyvin nopeasti aina noin 20 ikävuoteen asti. Tämä kytkeytyy normaalin biologisen kehityksen myötä tapahtuvaan lihassmassan kasvuun, joka tulee huomioida myös voimaominaisuuksien harjoittamisessa eri ikäkausina (taulukko 2). Tyttöillä absoluuttisen voiman kasvu jää vastaavassa ikävaiheessa hyvin pieneksi, mutta lihasten maksimivoiman pientä kehittymistä saattaa ilmetä aina noin 30 ikävuoteen asti. (Häkkinen 1990a, 80–81.)



KUVIO 9. Käsivarsilihasten maksimivoima iän suhteen miehillä ja naisilla (Montoye & Lamphiear 1977) (Häkkinen 1990a, 80).



KUVIO 10. Vauhditon pituushyppytulokset iän suhteen pojilla ja tytöillä (Espenschade & Eckert 1974) (Häkkinen 1990a, 80).

TAULUKKO 2. Herkkyyskaudet eri voimaominaisuuksille ikävuosina 5–15 (Knirsch 1996).

ikä	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
<b>OMINAISUUS:</b>										
Staatinen maksimivoima										
Dynaaminen maksimivoima										
Reaktiivinen nopeusvoima										
Aktiivinen nopeusvoima										

### 4.2.3 Koordinaatio

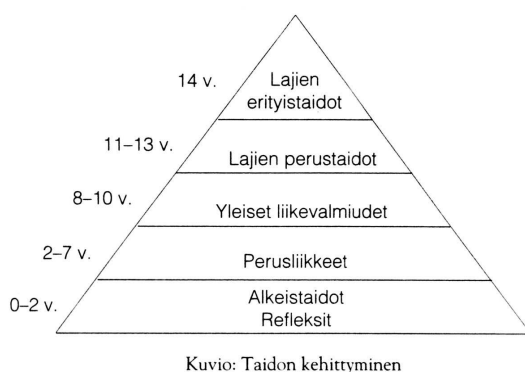
Hermosto kypsyy varhain. Sikiön ollessa kuuden kuukauden ikäinen hermosolut ovat muodostuneet eikä uusia hermosoluja enää synny. Sen jälkeen hermoston kasvu riippuu olemassa olevien solujen koon lisääntymisestä, myelinisoitumisesta ja ympärillä olevan tukikudoksen kasvusta. Hermosto on kehittynyt noin 80–90 %:iin aikuisen koosta viidennen ja kuudennen ikävuoden paikkeilla. Noin 12. ikävuoden kohdilta eteenpäin hermoston kehittyminen on muun elimistön kehittymistä paljon hitaampaa. Hermoston varhainen kypsyminen mahdollistaa koordinaatiivisten edellytysten ja taitavuuden harjoittamisen heti syntymän jälkeen ja koko ensimmäisen kymmenen vuoden ajan taitoharjoittelu tulisi olla painottuneena. (Mero & Jaakkola 1990, 39.)

Ihmiselle luontaisten liikunnallisten suoritusten oppiminen tapahtuu miltei yksinomaan kypsymisen seurauksena – lasta ei esimerkiksi voi opettaa seisomaan tai kävelemään ennen kuin hermojärjestelmä ja lihaksisto ovat kypsyneet riittävästi. Kypsymistekijät siis säätelevät suurelta osin sen, milloin lapsi on valmis kävelemään. Tällaisten suoritusten kehittymiseen ei tarvita erillistä harjoitusta, sillä ne kehittyvät lapsen luontaisen toiminnan, leikin kautta. Kypsyessään lapsi oppii jokapäiväisen elämän kannalta välttämättömiä taitoja, kuten seisominen, käveleminen, juokseminen ja hyppääminen. Näitä taitoja kutsutaan perusliikkeiksi ja ne ovat kaikkien varsinaisten liikuntasuoritusten perusta. (Karvinen ym. 1991, 53.)

Jotta opitut perusliikkeet kehittyisivät hallituiksi ja automatisoituisivat, tarvitsee lapsi niissä paljon harjoitusta. Tutkimustulosten mukaan perusliikkeiden hallittua vaihetta on vaikea saavuttaa lapsen

vapaan leikin avulla – se näyttää edellyttävän ohjattua liikuntaa. Vasta automatisoituneet perusliikkeet muodostavat riittävän pohjan lajitaitojen hankkimiselle. (Karvinen ym. 1991, 53.)

Perusliikkeiden samoin kuin kaikkien lajitaitojen hallintaa säätelevät ja ohjaavat yleiset taitotekijät, liikehallintakyvyt. Liikuntasuoritus edellyttää onnistuakseen tasapainon hallintaa, rytmiä ja reagoimista; suorituksilla on tietty suunta sekä ajoitus, ne tapahtuvat tietyssä tilassa ja edellyttävät eri kehonosien hallintaa. Näiden yleisten taitotekijöiden harjaannuttaminen on lasten liikunnan ja urheilun keskeinen tehtävä, niiden avulla voidaan perusliikkeistä muodostaa jokaisen lajin vaatimat perustaidot. (Karvinen ym. 1991, 53–54.) Taidon kehittyminen ikävaiheittain on esitetty kuviossa 11.



KUVIO 11. Taidon kehittyminen (Karvinen ym. 1991, 55, sovellettu McClenaghan & Gallahue 1978, 13).

Koska hermoston kypsyminen on suurimmillaan kuuden ensimmäisen ikävuoden aikana, voidaan olettaa, että liikkeiden ja liikunnan perustaitojen säätelyn kehitys on parhaimmillaan samana ikäkautena. Voidaan sanoa, että ikävuodet yhdestä kuuteen ovat parhaita yleistaitavuuden kehityksen ja kehittämisen kannalta ja aika seitsemästä ikävuodesta yhteentoista on perustaitojen vakiinnuttamisen ja lajikohtaisen taitavuuden kehittämisen aikaa. (Mero & Numminen 1990, 52.) "Liikuntataitojen oppiminen tapahtuu lähinnä ajattelutoiminnan ja motorisen eli fyysisen harjoituksen avulla ja jäljittelyllä on suuri merkitys alkuvaiheessa" (Mero & Numminen 1990, 52). Oppimiseen vaikuttaa hyvin merkittävästi motivaatio – toiminnan tulee olla hauskaa ja haasteellista. Lapsella on luontaisesti halu oppia uusia asioita. (Autio 1995, 55.)

## 5 NÄKÖVAMMAISUUDEN LUOKITTELU JA ERITYISPIIRTEET LIIKUNNASSA

Stakesin ja Näkövammaisten keskusliitto ry:n julkaiseman Näkövammarekisterin vuosikirjan (2002) määritelmän mukaan näkövammaisena pidetään henkilöä, jolla on näkökyvyn alentumisesta huomattavaa haittaa jokapäiväisissä toiminnoissaan (Ojamo 2003, 1). Vamman vaikeusasteen mukaan näkövammaiset jaetaan sokeisiin ja heikkonäköisiin (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 4). Näkövammaisuuden määrittely on sopimuksenvaraista; on vain päätetty, mihin kohtaan näkökyvyn jatkumoa vedetään viiva, jossa näkövammaisuus alkaa ja missä kohdassa heikkonäköisyys on jo sokeutta. Suomen näkövammarekisteri noudattaa näkövammaisuuden määrittelyssä ja luokittelussa Maailman Terveysjärjestön (WHO) suositusta, joka ei ole valitettavasti kaikkialla maailmassa yleisesti käytössä. WHO:n näkövammojen luokituksessa käytetään viittä näkövamman vaikeusaste-luokkaa, joissa näkökykyä tarkastellaan näön tarkkuuden, näkökentän halkaisijan ja yksilön toiminnallisen kuvauksen suhteen. Henkilöä, jonka paremman silmän näöntarkkuus on lasikorjauksen jälkeen alle 0,05 tai jonka näkökentän halkaisija on alle 20 astetta, pidetään sokeana. Sokeita ovat luokat 3 (syvästi heikkonäköinen), 4 (lähes sokea) ja 5 (täysin sokea). (Ojamo 2003, 1–2.) Hieman väljemmin määritellen Näkövammaisliikunnan oppaan mukaan henkilöä, joka ei pysty liikkuman näön turvin tuntemattomassa paikassa pidetään sokeana (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 4). Näkövammaisurheilussa käytetään kolmea näkökykyluokkaa: B1 sokeat (sokea, jolla ei ole valon erotusta tai hän erottaa vain valoa), B2 syvästi heikkonäköiset (näöntarkkuus korkeintaan 0,03 tai jonka näkökenttä on alle 5 astetta) ja B3 vaikeasti heikkonäköiset (näöntarkkuus on 0,04–0,1 tai näkökenttä yli 5 astetta mutta alle 20 astetta) (Skaggs & Hopper 1996; <http://www.nkl.fi/palvelut/liikunta/lajit/saannot.htm>). Liikunta-alan tutkimuksissa on käytetty näkövammaisuuden asteen määrittelyn pohjana urheiluluokitusta määrittäen heikkonäköisyyden näöntarkkuuden raja-arvoksi 0,1, joka on sama kuin B3 ja WHO:n taso 2.

Tarkat tiedot näkövammaisten lukumäärästä Suomessa puuttuvat toistaiseksi, mutta viimeisimpiin tutkimuksiin, kansainvälisiin vertailutietoihin ja muihin arvioihin viitaten oletetaan, että näkövammaisia on Suomessa ainakin 80 000, joka on noin 1,5 % väestöstä. Alle 18-vuotiaita on 1000–1500, eli alle 2 % näkövammaisista. Näkövammaisten Keskusliiton kuntoutuskeskuksen arvion mukaan maassamme syntyy vuosittain noin 70–100 näkövammaista lasta. Lukumäärää ei tiedetä tarkasti, koska valtaosa näkövammaisina syntyvistä lapsista on monivammaisia, eikä näkövammaa heti ha-

vaita. (Ojamo 2003, 3.) Sokeita arvioidaan olevan 10 000 (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 4) ja 9–18 -vuotiaita sokeita monivammattomia poikia arvioidaan tällä hetkellä olevan n. 50–70 (M. Ojamo, VTM, näkövammarekisterin tutkija, Näkövammaisten Keskusliitto ry., henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2007).

### **5.1 Näkövammaisuuden vaikutukset fyysisen suorituskyvyn kehittymiseen**

Päivittäin tapahtuvassa ihmisten välisessä vuorovaikutuksessa näön merkityksen arvioidaan olevan 75 %. Liikunnan kannalta on olennaista, onko sokeutuminen tapahtunut syntymästä saakka vai kuudennen ikävuoden jälkeen. Syntymästä saakka sokealta puuttuvat näön antamat liikkumisvirikkeet. Tilan tajuamisen kehittyminen vaikeutuu, jolloin mm. ryömimisen ja kävelyn opettelu hidastuu. Ympäristön rakenteesta ei ole selvää kuvaa, jolloin saattaa olla pelkotiloja mahdollisista esteistä. Näkövamma voi aiheuttaa alentunutta fyysistä suorituskykyä, kohonnutta lihasjännitystä, ajan ja tilan hahmottamishäiriöitä, liikkeiden suoritusnopeuden hidastumista ja stereotyyppisiä liikkeitä, ns. blindismejä. Ilman erityistä harjoittelua liikkeet jäävät kömpelöiksi ja aroiksi ja liikkuminen vähänkin oudossa ympäristössä tuottaa vaikeuksia. Muut aistit tulevat hallitsevaan asemaan. (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 7–8.)

Kuudennen ikävuoden jälkeen sokeutuneilla ongelmat ovat erilaisia. Lapsi on oppinut jo useat liikunnan perustaidot. Nuoruus- ja aikuisiässä tapahtuneessa sokeutumisessa fyysinen kehitys on tapahtunut sokeutumiseen asti normaalisti ja ongelmia saattaa olla psyykkisellä puolella. (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 8.)

Sokeiden liikkumisessa ovat oleellisia esteentaju ja suuntautumiskyky. Esteentaju tarkoittaa aistimus- ja havaintoprosessia, eräänlaista vaistoamissysteemiä, jonka avulla suuri osa sokeista ja osa näkevästään pystyy tajuamaan tiellään tai läheisyydessään olevan esteen ilman näköaistia. (Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995, 8.)

### **5.2 Näkövammaisten kehonkoostumus**

Useiden tutkimusten mukaan näkövammaisilla lapsilla vaikuttaisi olevan korkeampi kehon rasvamäärä kuin näkeville (mitattuna ihopoimuista), mutta on esitetty myös vastakkaisia tuloksia. Hop-

kinsin, Gaetan ja Hillin (1987) 7–17 -vuotiaille tehdyssä tutkimuksessa (27 näkövammaista, 27 näkevää) triceps-, biceps-, subscapularis- ja suprailiac-ihopoimujen paksuuksien summa oli merkittävästi suurempi sokeilla kuin heikkonäköisillä tai näkevillä lapsilla (Hopkins, Gaeta ja Hill 1987). Kyseisessä tutkimuksessa näkövammaiset olivat myös liikuntatottumuksiltaan merkittävästi näkeviä passiivisempia. Short & Winnick (1986) havaitsivat 10–17 -vuotiaille nuorille tehdyssä UNIQUE-kuntotestissä heikkonäköisillä pojilla triceps- ja subscapularis-ihopoimupaksuuksien summan merkittävästi suuremmaksi kuin näkevillä, mutta ei merkittävä eroa sokeilla heikkonäköisiin tai näkeviin nähden (Short & Winnick 1986). Toisaalta Kobberling, Jankowski ja Leger (1989) eivät todenneet merkittäviä eroja rasvaprosentissa 12–16 -vuotiailla nuorilla (30 sokeaa, 20 poikaa ja 10 tyttöä, joille 30 näkevää kontrollikoehenkilöä), mutta sokeilla keskiarvot olivat kummallakin sukupuolella kuitenkin korkeampia kuin näkevillä (merkittäviä eroja ei tässä myöskään iän, pituuden tai painon suhteen) (Kobberling, Jankowski ja Leger 1989).

Lieberman ja McHugh (2001) havaitsivat 9–19 -vuotiaille näkövammaisille tekemässään tutkimuksessa, joka tehtiin Fitnessgram-kuntotestillä, että näkövammaisista pojista vain 50 % läpäisi kuntotestin painoindeksin ( $BMI = \text{kehon massa} / \text{pituus}^2$ ) osalta. Vertailuaineistona käyttämässään Looneyn ja Plowmanin (1990) näkevillä tekemässä tutkimuksessa 88 % läpäisi testin BMI:n osalta ja Liebermanin ja McHughin tekemän vertailun mukaan ero oli tilastollisesti erittäin merkittävä ( $p < 0,0001$ ). Tyttöillä ei havaittu merkittävä eroa BMI:n osalta testissä hyväksytyjen osuuksissa. Sokeista (yhdistettynä tytöt ja pojat) suhteellisesti, joskaan ei merkittävästi, vähemmän kuin heikkonäköisistä läpäisi testin BMI:n osalta. Hylätyissä oli kuitenkin BMI:ltään sekä suositusarvot ylittäviä (ylipainoisia) että alittavia (alipainoisia) lapsia ja nuoria (Lieberman & McHugh 2001.) Samoin Leen, Wardin ja Shephardin (1985) tutkimuksessa sokeat 11–18 -vuotiaat nuoret olivat kansallisiin normeihin nähden normien alapuolella rasvaprosentissa ja rasvattomassa kehonpainossa. Heidän fyysinen aktiivisuutensa ja hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntosuhteensa todettiin vähintään näkeviä vastaaviksi (Lee, Ward & Shephard 1985).

### **5.3 Näkövammaisten fyysinen kunto ja tasapaino**

Tutkimustuloksia on raportoitu varsin vähän näkövammaisten ja sokeiden lasten fyysisen suorituskyvyn eri osa-alueiden tasosta näkeviin verrattuna. Näiden tutkimusten perusteella näkövammaiset lapset ja nuoret ovat fyysisiltä kunto-ominaisuuksiltaan näkeviä heikompia. Useissa tutkimuksissa ei

ole otettu kuitenkaan huomioon liikunnallista aktiivisuutta (mm. Kobberling ym. 1989, Short ja Winnick 1986, Seelye 1983), joka vaikuttaa näihin tekijöihin.

### 5.3.1 Kuntotestitulokset näkövammaisilla ja näkeville

Short ja Winnick (1986) vertasivat tutkimuksessaan 10–17 -vuotiaita näkeviä (n = 686) ja näkövammaisia (n = 484) lapsia ja havaitsivat näkevät lapset merkitsevästi paremmiksi UNIQUE-testin jokaisella kuudella testiosuudella. Osioissa mitattiin kehonkoostumusta ihopoimiumittauksella (ks. ed.), käsien puristusvoimaa, vatsalihasten suorituskykyä (istumaannousu), liikkuvuutta (eteentaivutus), sekä nopeutta (pikajuoksu) ja sydän- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä (kestävyysjuoksu). Muissa paitsi juoksuosuuksissa sokeiden ja heikkonäköisten välillä ei ollut merkitsevää eroa. (Short & Winnick 1986.) Seelyen (1983) tutkimukseen osallistuneista koululaisista (n = 111) 95 % näkevästä, 84 % heikkonäköisistä ja 46 % sokeista läpäisi kuntotestin (Kraus-Weber Minimum Physical Fitness Test), joka sisälsi vatsa- selkä- ja lonkan lihasten suorituskykyä mittaavia liikkeitä sekä liikkuvuustestin (Seelye 1983). Liebermanin ja McHughin (2001) tutkimuksessa testattiin 9–19 -vuotiaita näkövammaisia (n = 46) Fitnessgram-testillä mitaten sydän- ja verenkiertoelimistön kestävyyttä, lihasvoimaa ja -kestävyyttä, liikkuvuutta ja kehonkoostumusta 9 eri liikkeellä tai mittarilla. Tutkimuksen mukaan vähemmän kuin 20 % näkövammaisista lapsista suoritti hyväksytysti vähintään neljä tehtävää viidestä verrattuna näkevien vertailuaineistoon (Looney & Plowman 1990), jossa vastaava hyväksytyjen osuus oli 48–70 %. (Lieberman & McHugh 2001.)

The Brockport Physical Fitness Test on 10–17 -vuotiaiden lasten kuntotestaustestistö, joka on sovellettu myös näkövammaisille lapsille. Testistö käsittää aerobisen toimintakyvyn (edestakaisin juoksu, mailin juoksu), kehonkoostumuksen (ihopoimujen summa ja BMI) ja tuki- ja liikuntaelimistön toimintakyvyn (vatsalihasliike, selkälihasliike, etunojapunnerrus, leuanveto, modifioitu leuanveto ja koukkukäsiriipunta) mittaristot. Näkövammaisille lapsille suositellaan tässä testistössä samoja läpäisystandardeja kuin näkeville lapsille muissa paitsi sokeiden aerobisen toimintakyvyn testeissä, joihin he tarvitsevat avustajan eli oppaan. (Winnick & Short 1999, 47–48.) Suomessa on koululaisien kuntotestaukseen käytetty yleisesti Koululaisten kunnan ja liikehallinnan mittaaminen -testistöä (Nupponen, Soini ja Telama 1999, 3). Testistöä ei ole kuitenkaan standardoitu näkövammaisille.

### 5.3.2 Näkövammaisten motorinen suorituskyky

Skaggs & Hopper (1996) tekemän katsauksen mukaan motorisissa suorituksissa (erilaiset motoriset liikkeet, esim. vauhditon pituushyppy, tasapaino ja motorinen kehitys) näkövammaisten lasten on havaittu tavallisesti olevan huomattavasti heikompia kuin näkevien (Buell 1950; Daugherty & Moran 1982; Schneekloth & Day 1980) (Skaggs & Hopper 1996). Motorinen suorituskyky paranee iän myötä (Zaichowsky, Cataruzolo & Zaichowsky 1980–81). Näkövammaisuuden aste vaikuttaa siten, että heikkonäköisyys viittaa sokeutta parempaan motoriseen suorituskykyyn. Poikien suorituskyky vaikuttaisi olevan parempi kuin tyttöillä. (Skaggs & Hopper 1996; Zaichowsky ym. 1980–81.) Motoristen suoritusten mittauspattereita on useita eri sisältöisiä, mm. The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, Movement Assessment Battery for Children = Movement ABC ja Tufts Assessment of Motor Performance (Yoon ym. 2006), joita ei ole kuitenkaan standardoitu näkövammaisille.

### 5.3.3 Voimantuotto-ominaisuudet näkövammaisilla

Tutkimuksia näkövammaisten – lasten tai aikuisten – voimantuotosta on tehty vain muutamia. Horvatin, Rayn, Noceran ja Crocen (2006) tutkimuksessa verrattiin sokeiden ja heikkonäköisten aikuisten maksimaalista isokineettistä polven ojennus-koukistusvoimaa sekä toiminnallista voimaa tuolilta ylösnousutestissä (sit-to-stand task) (Bohannon 1995). Eroa ei ollut näkökyvyn suhteen isokineettisessä testissä polven ojentajien eikä koukistajien kehon painoon suhteutetussa huippuvääntömomentissa tai -tehossa tai 30 sekunnin tuolilta ylösnousujen maksimimäärässä. Sen sijaan merkitseviä eroja oli sukupuolen suhteen. Miehet olivat naisia merkitsevästi ( $p \leq 0,05$ ) parempia isokineettisessä testissä sekä polven ojentajien että koukistajien kehon painoon suhteutetussa huippuvääntömomentissa ja -tehossa, mutta eivät tuolitehtävässä. (Horvat, Ray, Nocera ja Croce 2006.) Uusi-Rasin, Sieväsen, Rinteen, Ojan ja Vuoren (2001) tutkimuksessa verrattiin aikuisia eriasteisesti näkövammaisia ja näkeviä naisia, joiden BMI oli samantasoinen, isometrisissa dominoivan käden kyynärvarren koukistuksessa ja vartalon ojennuksessa ja koukistuksessa sekä jalkojen ojennuksessa. Näkövammaiset olivat näkeviä heikompia kyynärvarren koukistuksessa ja vartalon ojennuksessa ja koukistuksessa, mutta myöskään tässä tutkimuksessa eroa ei ollut jalkojen ojennuksessa. (Uusi-Rasi, Sievänen, Rinne, Oja & Vuori 2001.) Jalkojen räjähtävän voimantuoton osaltakin Singh & Singh (1993) havaitsivat, ettei merkitsevää eroa ollut eriasteisesti näkövammaisilla ja näkevillä, liikunnallisesti yhtä aktiivisilla 14–44 -vuotiailla miehillä. Testiliikkeinä tässä tutkimuksessa oli kevennys-



hyppy ja vauhditon pituushyppy ja tulokset suhteutettiin myös kehon painoon. (Singh & Singh 1993.)

Wyatt ja Ng (1997) tutkivat 6–12 -vuotiaiden (n = 32) näkövammaisten lasten alaraajojen voimantuottoa havaiten, että syntymäsokeat lapset olivat merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) näkeviä lapsia heikompia staattisessa polven ojennuksessa ja lonkan ojennuksessa, samoin heikkonäköiset lonkan ojennuksessa. Kun tulokset suhteutettiin rasvattomaan kehon painoon, vain syntymäsokeat lapset olivat merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) näkeviä heikompia lonkan ojennuksessa. (Wyatt & Ng 1997.) Short & Winnickin (1986) UNIQUE-testin osana olleessa käden puristusvoimatestissä sekä heikkonäköiset että sokeat 10–17 -vuotiaat nuoret sukupuolesta riippumatta olivat merkitsevästi näkeviä ikätovereita heikompia, mutta heikkonäköisten ja sokeiden tulokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan (Short & Winnick 1986). Ozmunin (1992) tutkimuksessa mitattiin 8 viikon voimaharjoittelun vaikutuksia kyynärvarren koukistuksessa näkövammaisilla ja näkevillä koululaisilla (n = 32). Tutkimuksessa mitattiin isokineettistä ja isotonista voimaa, EMG:tä biceps brachiista ja käsivarren ympäröimää. Voimaharjoittelun vaikutuksesta voima lisääntyi merkitsevästi ( $p < 0,05$ ) sekä näkövammaisilla, että näkevillä – isotoninen voima näkövammaisilla ja sekä isokineettinen että isotoninen voima näkevillä. EMG-amplitudi kasvoi näkevillä lapsilla. Tutkimuksesta on saatavilla vain abstrakti ja sen perusteella ei voi päätellä, oliko lähtö- tai lopputasolla merkitseviä eroja näkövammaisten ja näkevien välillä. (Ozmun 1992.)

Lasten Brockport Physical Fitness -testin (1999) tuki- ja liikuntaelimestön toimintakyvyn mittariston osalta testistön tekijät ovat julkaisseet näkövammaisten eri testiliikkeissä suhteellisesti hyväksytyjen suoritusten määriä Fitnessgram-testistöstä, jonka pohjalta Brockport Physical Fitness -testi tehtiin. Minimitaso ylittyi koukkukäsiriipunnassa 25 %:lla, punnerruksissa 31 %:lla ja leuanvedossa 23 %:lla näkövammaisista. Keskivartalon liikkeissä minimitaso ylittyi selkälihasliikkeessä 85 %:lla ja vatsalihasliikkeessä 55 %:lla näkövammaisista. Käsi- ja olkavarren liikkeet näyttävät siis näkövammaisille nuorille haasteellisemmilta. (Short & Winnick 2005.) Liebermanin ja McHughin (2001) samalla testistöllä tekemässä tutkimuksessa sokeiden suorituksista suhteellisesti hyväksytyjen määrä oli punnerruksessa 29 %, selkälihasliikkeessä 76 % ja vatsalihasliikkeessä 41 % (Lieberman & McHugh 2001). Tulos on Short ja Winnickin tulosten kanssa samansuuntainen ja tukee havaintoa näkövammaisten lasten yläraajojen mahdollisesta heikkoudesta.

Tutkimustuloksia lihasmassan määrästä ja yhteydestä lihaksen voimatasoon on siis raportoitu vain kahdessa tutkimuksessa lapsilta (Ozmun 1992; Wyatt & Ng 1997), ja yhdessä aikuisilta (Horvat,

Ray, Nocera ja Croce 2006). Hermo-lihasjärjestelmän toiminnasta voimantuoton aikana on raportoitu vähän. Agonistilihasten aktivointikyvystä on raportoitu vain Ozmunin (1992) tutkimuksessa. Ozmunin (1992) tutkimuksessa EMG:tä mitattiin kyynärvarren koukistuksessa agonistilihaksesta, ja havaittiin, että vain näkövammaisilla että näkevillä. Agonistilihasten aktiivoinnin ajoituksesta eri lihasten voimantuoton aikana tai antagonistilihasten mahdollisesti suurentuneesta suoritusta ”jarruttavasta” koaktivaatiotasosta dynaamisen suorituksen aikana ei ole raportoitu näkövammaisilta tai sokeilta lapsilta eikä aikuisilta.

#### **5.3.4 Näkövammaisten suorituskyky nopeus- ja voimalajeissa**

Makris ym. (1993) tekemässä tutkimuksessa Yhdysvaltain näkövammaisten urheilijoiden liiton kilpailuissa havaittiin eroja näkötoimintojen tärkeydessä ja urheilijoiden luottamisessa näkövihjeisiin eri urheilulajeissa. Yleisurheilun juoksulajeissa heikommin näkevät urheilijat luottivat avustajiin ja apuvälineisiin, kuten ratakiskoihin ja opasnaruihin, sen sijaan paremmin näkevät juoksivat itsenäisesti. Lievemmin näkövammaiset juoksivat nopeammin, heittivät ja hyppäsivät pidemmälle. Kaikkiaan miehillä oli naisia paremmat kilpailutulokset ja ero oli ratalajeissa suurempi kuin yleensä näkövammaisten naisten ja miesten tulosten välillä. Nopeuslajeissa (100 m, 200 m ja 400 m) tulos parani suhteessa urheilijan harjoitustuntimäärään viikossa ( $p < 0,02$ ). Ikä korreloi positiivisesti nopeudessa (100 m, 200 m ja 400 m) ( $p < 0,001$ ), keskimatkoilla (800 m ja 1500 m) ( $p < 0,02$ ) ja heittolajeissa (kuula, keihäs ja kiekko) ( $p < 0,01$ ), mutta ei pitkillä juoksumatkoilla (3000 m ja 5000 m). Painonnostossa (penkkipunnerrus, ”deadlift” ja kyykky) sukupuoli ( $p < 0,0001$ ) ja ikä ( $p < 0,006$ ) ennustivat tulosta merkitsevästi, mutta näköluokituksen vaikutus tulokseen ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Näkökyky korreloi lineaarisesti tasapainotestissä, jossa yhden jalan päkiähyppelyllä tuli kääntyä 360°. Sokeiden (B1) ja syvästi heikkonäköisten (B2) luokkien urheilijat epäonnistuivat testissä 2,2 ja 1,5 kertaa todennäköisemmin kuin vaikeasti heikkonäköisten (B3) luokan urheilijat ( $p < 0,05$ ). Naisurheilijat epäonnistuivat testissä 2,5 kertaa todennäköisemmin kuin vastaavat miesurheilijat ( $p < 0,05$ ). Tasapainosuoritus ei korreloinut minkään urheilusuorituksen kanssa. (Makris ym. 1993.)

### 5.3.5 Näkövammaisten tasapainokyky

Useissa lapsille tehdyissä tutkimuksissa tasapainokyky on osa motorisen suorituskyvyn mittausteristoa. Aiempien tutkimusten perusteella (Aydoğ, Aydoğ, Cakci & Doral 2006; Gipsman 1981; Navarro, Fukujima, Fontes, Matas & Prado 2004; Pereira 1990; Schmid, Nardone, De Nunzio, Schmid, M. & Schieppati 2007; Stones & Kozma 1987) näkeminen on oleellinen tasapainokykyyn vaikuttava aisti. Näkövammaisten tasapainoa on tutkittu mittaamalla sekä staattista, että dynaamista tasapainoa, mitaten sekä lapsia (Gipsman 1981; Navarro ym. 2004; Pereira 1990), että aikuisia (Aydoğ ym. 2006; Schmid ym. 2007; Stones & Kozma 1987) ja eriasteisesti näkövammaisia, silmät auki ja kiinni. Mittausmenetelminä on näissä tutkimuksissa käytetty tasapainolevyä (kiinteä, kiikkuva tai kallistuva), erilaisissa alkuasunnoissa seisontoja (yhdellä – kahdella jalalla, jalat suorana tai koukussa), viivoittimen tasapainottelua sormella, vertikaalihyppyä yhdistettynä käsien taputtamiseen ja kävelytehtäviä viivaa pitkin. Näkövammaisurheilijoiden tasapainoa on mitattu yhden jalan päkiähyppelyllä, jossa tehtävänä oli hyppimällä kääntyä 360° (Makris ym. 1993). Tasapainokyvyssä on havaittu tulosten välillä paremmuusjärjestystä näkökyvyn suhteen sekä lapsilla, että aikuisilla siten, että sokeilla on näkeviä heikompi tasapainokyky (Gipsman 1981; Stones & Kozma 1987), mutta myös eroja, kun mittaukset on tehty näkevät tai heikkonäköiset ”sokeutettuina”.

Aki, Atasavun, Turan, & Kayihan (2007) tutkivat motoristen taitojen harjoitettavuutta, yhtenä osana tasapainoa, heikkonäköisillä 8-vuotiailla lapsilla verraten ohjattua ja kotiharjoittelua. Tutkimus osoitti, että sekä fysioterapeutin kliinisessä ympäristössä ja vanhempien kotiympäristössä valvomilla harjoitusohjelmilla lasten motorinen taito parani. Tasapainossa molemmilla ryhmillä oli tilastollisesti merkitsevä ero harjoittelun jälkeen kuitenkin niin, että ohjatun harjoitteluryhmän tulokset olivat merkitsevästi kotiharjoitteluryhmää paremmat. (Aki, Atasavun, Turan, & Kayihan 2007.)

### 5.4 Näkövammaisten liikunnan harrastus

Näkövammaiset tarvitsevat luovaa ja spontaania liikettä (Adelson & Fraiberg 1974; Hanna 1986; Schneekloth 1989; Sherrill 1993), jota voidaan edesauttaa tarjoamalla turvallinen ympäristö ja auditiivisia väyliä liikkeen stimulointiin. Motorisia suorituksia voidaan parantaa ympäristössä välinein, jotka mahdollistavat lapsille monimutkaisempien motoristen tehtävien käyttämisen (Schneekloth & Day 1980). Tällaiset välineet mahdollistavat kuulo-, kinestesia- ja tuntoaistien integraation. Myös ylisuojelevat vanhemmat voivat vahvasti estää lapsen motorista kehitystä. Liikunnanopettajien

haasteena on tarjota näkövammaisille mahdollisuuksia aktiivisen elämäntyylin kehittymiseen integroidussa elinympäristössä. (Skaggs & Hopper 1996.) Liikunnan kautta tuetaan näkövammaisten psyykkistä ja fyysistä kasvua (Hanna 1986). Tutkimustulokset ovat myös osoittaneet, että harjoittelulla näkövammaisten lasten fyysinen suorituskyky ja kehonkoostumus paranevat (mm. Blessing, McCrimmon, Stovall & Williford 1993; Lee ym. 1985; Ozmun 1992) – kuten myös vammattomilla lapsilla, aikuisilla ja vanhuksilla. Aktiivisesti liikkuvien näkövammaisten lasten ja aikuisten on osoitettu olevan fyysiseltä suorituskyvyltään ja kehonkoostumukseltaan näkevien kanssa samantasoisia ja pojat jopa rasvaprosentissa näkevien vertailuaineiston alapuolella, tytöt samalla tasolla (Lee ym. 1985; Singh & Singh 1993). Näkövammaisten omaa peliä maalipalloa harrastavat 13–15 -vuotiaat näkövammaiset nuoret olivat Colak ym. (2004) tutkimuksessa merkitsevästi lajia harrastamattomia parempia monissa motorisen kunnan osissa – tasapainossa, vertikaalihypyssä ja liikkuvuudessa riippumatta näkökyvyn mukaisesta urheiluluokasta, sekä myös käden puristusvoimassa syvästi heikkonäköisten (B2) ja vaikeasti heikkonäköisten (B3) luokassa, mutta ei sokeiden (B1) luokassa (Colak, Bamac, Aydin, Meric & Özbek 2004).

Näkövammaiset lapset ovat syntyneet samalla potentiaalilla kuin näkevät lapset saavuttaakseen terveellisen tason fyysisessä kunnossa. Kuitenkin he ovat usein jääneet sivuun fyysisten aktiviteettien mahdollisuuksien puuttuessa, odotusten rajoittuneisuudessa sekä tiedostavien ja harjaantuneiden aikuisten puutteessa. Nämä kaikki johtavat kehitysviivästymiin, pelkoihin ja itseluottamuksen puutteeseen. (di Natale, Lee, Ward, & Shephard 1985; Jankowski & Evans 1981; Shephard, Ward & Lee 1987; Wyatt & Ng 1997.) (Lieberman & McHugh 2001.) ”Mahdollisuus osallistua kehityksellisiin motorisiin taitoihin, kuntoiluun, vesiliikuntaan, urheiluun ja virkistykseen on kaikkien lasten perusoikeus, mukaan lukien aistivammaiset, vamman vaikeusasteesta riippumatta.” (Lieberman & McHugh 2001).

## **6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia sokeiden ja näkevien lasten ja nuorten hermo-lihasjärjestelmän suoritus- ja toimintakykyä.

Koeasetelmassa tutkittiin sokeiden ja näkevien poikien antropometriaa, voimantuottoa, tasapainoa sekä liikunnallista aktiivisuutta kahdessa ikäryhmässä, 9–13 -vuotiaat lapset ja 15–18 -vuotiaat nuoret. Sokeat ja näkevät muodostivat vastinparit iän, pituuden, painon ja liikuntatottumusten suhteen.

### Tutkimusongelmat

1. Onko sokeilla ja näkevillä eroa isometrisessä voimantuotossa?
2. Ovatko sokeat näkeviä heikompia dynaamisissa suorituksissa?
3. Ovatko sokeat näkeviä heikompia tasapainossa?

### Hypoteesit

1. Sokeat ovat näkeviä heikompia dynaamisissa suorituksissa, koska niiden säätelyssä käytetään näköaistia.
2. Sokeat ovat näkeviä heikompia tasapainossa, koska tasapainon hallinnassa käytetään näköaistia.

## 7 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 7.1 Koehenkilöt

Koehenkilöt (n = 33) olivat sokeita (n = 16) ja näkeviä (n = 17) 9–18 -vuotiaita poikia. Ikäryhmittäin tarkasteltuina 9–13 -vuotiaiden lasten (3.–5. lk.) ja 15–18 -vuotiaiden nuorten (6.–II lk.) ryhmissä oli 8 koehenkilöä, paitsi nuorempien näkevien ryhmässä oli 9 henkilöä. Sokeat koehenkilöt valittiin kutsumalla kaikki Jyväskylän näkövammaisten koulun rekisterissä olevat ikäluokan sokeiden opetusryhmään kuuluvat pojat mittauksiin Jyväskylässä tapahtuvan kouluun liittyvän tukijaksonsa aikana. Näiden opetusryhmien oppilaat asuvat ympäri Suomea ja käyvät koulua kotipaikkakunnillaan integroituna normaaliopetukseen, ja koehenkilöillä ei saanut olla muita merkittäviä vammoja tai sairauksia. Näkevät koehenkilöt kutsuttiin Jyväskylän normaalikoulun ja Martti Korpilahden koulun sekä Korpilahden yläasteen ja lukion oppilaista. Sokeiden koehenkilöiden näkevät vastinparit muodostettiin etsimällä mahdollisimman samanikäinen ja -kokoinen (pituus ja kehon paino) koehenkilö. Tutkimukseen osallistuneista sokeista pojista kaikki eivät olleet täysin sokeita. 6 koehenkilöllä 16 sokeasta ilmoitettiin muu kuin 100 % sokeus. Heidät ilmoitettiin esitietojen perusteella vahvasti tai syvästi heikkonäköisiksi tai ilmaistiin näkövammaisuutta haitta-astein (75–85 %). Heistä yksi lapsista ja kaksi nuorista näki niin hyvin, että pystyvät melko hyvin liikkumaan itsenäisesti. Koehenkilöille kerrottiin sekä suullisesti että kirjallisesti tutkimuksen tarkoitus ja toteutus ja heiltä ja heidän huoltajiltaan pyydettiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumiseen. Tutkimukselle haettiin hyväksyntä Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta. Taulukossa 3 on esitetty koehenkilöiden ikä, pituus, paino ja BMI lasten ja nuorten ryhmittäin.

TAULUKKO 3. Koehenkilöiden taustatiedot.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
ikä (v)	11,7 (1,2)	11,7 (1,2)	16,6 (1,0) ###	17,0 (1,0) ###
pituus (cm)	143,4 (9,8)	148,7 (8,9)	173,9 (8,7) ###	178,3 (6,8) ###
paino (kg)	40,9 (14,6)	43,9 (12,2)	62,6 (13,7) ##	71,0 (8,6) ###
BMI	19,4 (4,9)	19,6 (4,2)	20,6 (2,9)	22,3 (1,7)

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä ##p≤0,01, ###p≤0,001

## 7.2 Aineiston keruu

Mittaukset tapahtuivat kaikissa ryhmissä kertaluonteisesti kahden päivän aikana ja mittausaika oli 1,5–2,5 h mittauskertaa kohti. Sokeat käyttivät kaikissa mittauksissa sokkolaseja ja näkevät tasapainotestin toisessa osiossa. Ensimmäisenä mittauspäivänä mitattiin antropometriaa (pituus, paino ja lihaspaksuuksia yläraajasta), kehonkoostumusta ihopoimuumittausmenetelmällä, tasapainoa, yläraajojen räjähtävää ja isometristä voimantuottoa sekä ylävartalon isometristä voimantuottoa. Toisena mittauspäivänä mitattiin kehonkoostumusta bioimpedanssimittausmenetelmällä, antropometriaa (lihaspaksuuksia alaraajasta) sekä alaraajojen räjähtävää ja isometristä voimantuottoa.

Käytettävät mittarit olivat:

### 1. Antropometria ja kehonkoostumus

Koehenkilöiltä mitattiin pituus, paino, BMI sekä kehonkoostumus (rasva-%) bioimpedanssimenetelmää (Bodystat 1500®) ja ihopoimuumittausta (4 pisteen menetelmä, rasva-% taulukosta Durnin & Womersley 1974 teoksessa Fogelholm 2004) käyttämällä. Lihaksen paksuus mitattiin ultraäänellä (Aloka SSD280) oikeanpuoleisesta ylä- ja alaraajasta. Mitatut yläraajalihakset olivat biceps ja triceps brachii ja alaraajalihakset vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris ja biceps femoris. Mittaus suoritettiin kustakin lihaksesta lihaksen keskipituuden kohdalta Seniam-projektin ohjeiden mukaisesti (Freriks, Hermens, Disselhorst-Klug ja Rau 1999).

### 2. Isometrinen maksimivoima

Voimamittaukset olivat maksimaalisia isometrisiä ylä- ja alavartalon sekä ylä- ja alaraajojen niveliissä tapahtuvia suorituksia, joissa ei tapahdu liikettä. Voimadynamometridata kerättiin Codas-tietokoneohjelmaan ja suorituksista analysoitiin maksimaalinen isometrinen voima. Kaikki suoritukset tehtiin yhden totuttelusuorituksen jälkeen kolme kertaa ja näistä analysoitiin maksimivoiman huipultaan paras suoritus.

#### a) Yläraajalihasten voimantuotto

Oikean kyynärvarren maksimaalinen isometrinen koukistus, hauisvääntö, mitattiin voimadynamometriuolissa, ojennus bilateraalisesti David 200 dynamometrillä penkkipunnerrus-suorituksena vinopenkissä (Häkkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R.U. & Kraemer, W.J. 1998). Kyynärvarren kulma oli 90° molemmissa suorituksissa.

### b) Alaraajalihasten voimantuotto

Alaraajojen maksimaalinen isometrinen ojennus- ja koukistusvoima mitattiin voimadynamometreilla istuma-asennossa 107° polvikulmalla. Ojennus mitattiin bilateraalisesti erityisellä voimadynamometrillä (Häkkinen, Alen, Kallinen, Izquierdo, Jokelainen, Lassila, Mälkiä, Kraemer & Newton, ym. 1998) ja oikean jalan polven koukistus David 200 dynamometrillä.

c) Vatsa- ja selkälihasten maksimaalinen voimantuotto mitattiin vartalodynamometrillä pystyasennossa. Vatsalihasten suorituskyky mitattiin vartalon koukistus- ja selkälihasten vartalon ojennussuorituksina.

### 3. Räjähävä voimantuotto

Räjähävän voimantuoton mittausta suoritettiin useilla erilaisilla laboratiivisilla ja käytännönläheisillä testeillä. Kaikki suoritukset tehtiin yhden totuttelusuurituksen jälkeen kolme (hyväksytyä) suorituskertaa. Näistä analysoitiin parhaat suoritukset.

a) Kuntopallon heittoa mitattiin kahden käden työntömäisenä heittona rintakehästä eteenpäin sekä istuvassa asennossa että seisten mitaten tulos heiton pituutena. Istuvassa asennossa tehty suoritus oli ”koordinatiivisesti yksinkertainen” yläraajaliikkeen suoritus, jossa liike tehtiin vain käsillä. Seisten tehty suoritus oli ”koordinatiivisesti vaikeampi” yläraajaliikkeen suoritus, jossa liike oli mahdollista tehdä koko keholla. Lähtöasennossa jalat olivat vierekkäin ja heiton lopussa sallittiin askel lähtöviivan yli. Kuntopallon paino oli 1,5 kg.

b) Vertikaalisuuntaan tapahtuvalla tahdonalaisella maksimaalisella dynaamisella hypyllä (kevennyshyppy) suoritettiin ”koordinatiivisesti yksinkertainen” alaraajaliikkeen mittausta. Hyppy suoritettiin pitäen kädet lanteilla koko suorituksen ajan. Suoritukset tehtiin voimalevyanturin päällä. Voimalevyanturidata kerättiin Codas-tietokoneohjelmaan ja suorituksesta analysoitiin painopisteen nousukorkeus.

c) ”Koordinatiivisesti vaikeammassa” alaraajaliikkeen mittauksessa käytettiin 5-vuoroloikkatestiä, jonka tulos mitattiin loikkien pituutena. Vuoroloikan lähtö tapahtui lattiatasolta jalat vierekkäin suorittaen ensimmäinen loikka oikealle jalalle ja viimeisen loikan alastulo tasajaloin. Lisäksi mittausjoukon sijoittumista ikätovereihinsa nähden arvioitiin muuntamalla 5-vuoroloikkatestin tulokset (pyöristäen alaspäin 10 cm tarkkuuteen) ikää vastaavan luokkatason prosenttipisteiksi, jotka osoittavat kuinka monta prosenttia kunkin luokkatason oppilaista on saanut saman tai sen alittavan tuloksen verrattuna suorittajan omaan tulokseen (Nupponen ym. 1999, 31). Tulos laskettiin vain yli 11 vuotiaille, joille viitearvot on laadittu. Mitä korkeampia prosenttipisteet ovat, sitä paremmin oppilas on menestynyt suhteessa saman luokkatason oppilaisiin.



#### 4. Tasapaino

Tasapainotesti suoritettiin yhden jalan seisontana rautapalkin päällä (flamingotesti) (EUROFIT 1988, 42–43, 61; Simons & Renson 1982, 8–9). Testissä koehenkilö yritti pysyä tangon päällä tasapainossa niin pitkään kuin mahdollista. Ajanotto katkaistiin, kun testattavan jalka osui lattiaan. Testin tulos oli yritysten määrä minuutin yhteistuloksen saavuttamiseksi sekä 15 yritykseen kulunut aika (modifioitu flamingotesti). Näkevät koehenkilöt suorittavat lisäksi modifioidun testin silmät peitettynä mustilla suojalaseilla. Lisäksi flamingotestin tulokset (yritysten määränä minuutissa) muunnettiin ikää vastaavan luokkatason prosenttipisteiksi ja verrattiin koululaisten kunnon ja liikehallinnan testistön viitearvoihin (Nupponen ym. 1999, 31–43), kuten 5-loikassa.

#### 5. Liikunnan harrastus

Koehenkilöiltä selvitettiin kyselyn avulla liikunnan harrastusta koko elämän ajalta painottuen viime vuosiin. Kyselyn avulla selvitettiin liikuntaharrastuksen määrä, liikuntamuoto ja laatu. Lisäksi tiedusteltiin mahdollista näkövammaisuusasteen määrittystä, vammautumisasajankohtaa ja muita vammoja tai sairauksia. Koehenkilöiksi ilmoittautuneelle lähetettiin näistä kyselylomake kotiin, jossa he voivat täyttää ne yhdessä vanhempiansa kanssa. Koehenkilöt palauttivat lomakkeet huoltajan allekirjoituksella varustettuna tullessaan mittauksiin. Kyselylomake on esitettyä liitteenä 1 ja mittauskaavake liitteenä 2.

Tutkimuksen mittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen laboratoriossa huhtikuusta 2002 huhtikuuhun 2004.

### 7.3 Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät

Aineisto analysoitiin SPSS-ohjelmalla. Kuvailevina muuttujina käytettiin keskiarvoja ja -hajontoja. Ryhmien välisiä eroja analysoitiin t-testillä ja varianssianalyysillä käyttäen ANOVA ja Post Hoc LSD testiä. Tilastollisesti merkitsevät erot huomioitiin p-arvoilla  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  ja  $p \leq 0,001$ , joita on kuvattu sokeiden ja näkevien välillä \*-symbolilla ja lasten ja nuorten välillä #-symbolilla.

## 8 TULOKSET

### 8.1 Antropometria ja kehonkoostumus

Sokeiden (n = 16) ja näkevien (n = 17) ryhmät eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi iän, pituuden, painon, painoindeksin, rasvaprosentin (ihopoimu- ja bioimpedanssimittaus) eikä lihaspaksuuk-sien suhteen. Ikäryhmittäin tarkastellessa kehon rasvaprosentti oli sokeilla lapsilla bioimpedanssi-mittauksen mukaan merkitsevästi suurempi kuin näkevillä lapsilla ( $p \leq 0,05$ ). Ihopoimumittausmene-telmällä mitattu rasvaprosentti ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi lasten ja nuorten välillä, mutta bioimpedanssimittauksella mitatut lasten rasvaprosenttiarvot olivat tilastollisesti merkitsevästi kor-keampia kuin nuorilla sekä sokeilla että näkevillä. (Taulukko 4). Ikäryhmittäin tarkastellessa sokei-den lihaspaksuudet olivat lapsilla merkitsevästi pienempiä rectus femoris -lihaksessa ( $p \leq 0,01$ ) ja nuorilla vastus medialis -lihaksessa ( $p \leq 0,01$ ) kuin näkevillä lapsilla. Lihaspaksuudet olivat lapsilla pienempiä kuin nuorilla ylävartalon lihaksissa sekä sokeilla että näkevillä, mutta alaraajoissa sokeil-la lapsilla vain rectus femoris -lihaksessa ja näkevillä lapsilla vastus medialis- ja biceps femoris -lihaksissa. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 4. Rasva-% sokeilla ja näkevillä lapsilla ja nuorilla.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
rasva-% a)	16,5 (6,0) •	14,1 (5,5)	12,9 (5,0)	12,9 (4,8)
rasva-% b)	31,9 (13,4)	22,8 (6,1) *	11,9 (5,2) ###	10,6 (3,4) ##

a) rasva-% mitattuna ihopoimumenetelmällä, b) rasva-% mitattuna bioimpedanssimenetelmällä

• n = 7

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien välillä \* $p \leq 0,05$

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä ## $p \leq 0,01$ , ### $p \leq 0,001$

TAULUKKO 5. Lihaspaksuudet eri lihaksissa sokeilla ja näkevillä lapsilla ja nuorilla.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
biceps brachii (cm)	1,69 (0,39) •	2,09 (0,48)	2,65 (0,48) ###	2,99 (0,42) ###
triceps brachii (cm)	2,11 (0,57) •	2,16 (0,51)	2,80 (0,46) #	2,81 (0,37) ##
vastus medialis (cm)	2,07 (0,41) ◻	2,20 (0,47) ◇	2,46 (0,35)	3,19 (0,57) ### **
vastus lateralis (cm)	2,00 (0,58) ◻	2,11 (0,37) ◇	2,39 (0,48)	2,61 (0,49)
rectus femoris (cm)	1,94 (0,29) □	2,55 (0,28) ◇ **	2,70 (0,40) ###	2,76 (0,27)
biceps femoris (cm)	2,40 (0,33) ◻	2,39 (0,45) ◇	2,78 (0,42)	2,91 (0,66) #

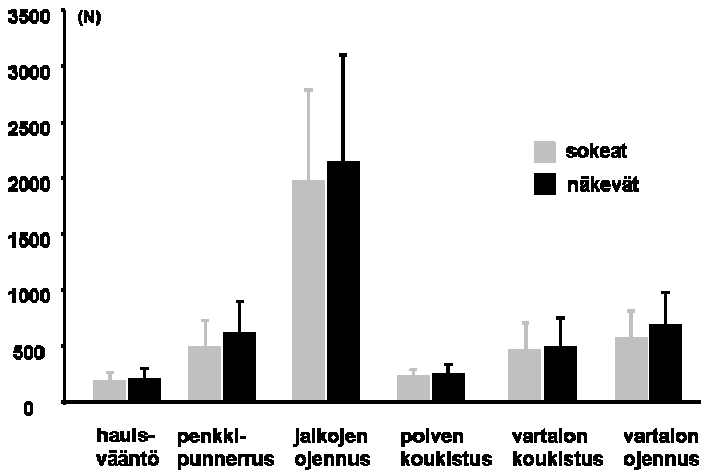
◇ n = 8, • n = 7, ◻ n = 6, □ n = 5

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien välillä \*\*p<0,01

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä #p<0,05, ##p<0,01, ###p<0,001

## 8.2 Isometrinen maksimivoima

Isometriset maksimivoimatulokset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi sokeiden (n = 16) ja näkevien (n = 17) välillä (kuvio 12). Vertailtaessa tuloksia ikäryhmittäin sokeiden ja näkevien lasten tulokset eivät eronneet toisistaan, mutta nuorten ryhmässä sokeat ja näkevät erosivat penkki-punnerruksessa (p<0,05) ja vartalon ojennuksessa (p<0,01), joissa näkevien nuorten tulokset olivat sokeita parempia (taulukko 6). Lasten tulokset olivat nuoria heikompia sekä sokeilla että näkevillä. Suhteutettuna isometrinen maksimivoimantuotto lihaspaksuuteen sokeiden (n = 16) ja näkevien (n = 17) ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (kuvio 13), ei myöskään vertailtaessa tuloksia ikäryhmittäin (taulukko 7). Yläraajojen suorituksissa lapset olivat merkitsevästi heikompia kuin nuoret sekä sokeilla että näkevillä. Alaraajojen suorituksissa sokeat lapset eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi sokeista nuorista. Näkevät lapset olivat erittäin merkitsevästi heikompia kuin näkevät nuoret jalkojen ojennuksessa, mutta polven koukistuksessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa suhteutettuna lihaspaksuuteen. (Taulukko7.)



KUVIO 12. Isometrinen maksimivoima eri lihasryhmissä.

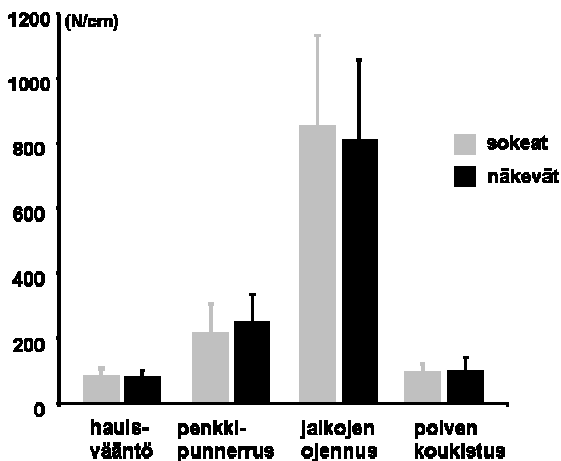
TAULUKKO 6. Isometrinen maksimivoima eri lihasryhmissä sokeilla ja näkeville lapsilla ja nuorilla.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
hauisvääntö (N)	115 (31) •	133 (33)	250 (48) ###	289 (71) ###
penkkipunnerrus (N)	303 (105)	413 (135)	683 (150) ###	850 (202) ### *
jalkojen ojennus (N)	1488 (474) •	1380 (401) ◇	2404 (824) ##	2900 (688) ###
polven koukistus (N)	194 (39) □	201 (46) ◇	269 (59) #	303 (70) ###
vartalon koukistus (N)	332 (80) □	311 (48)	567 (270) #	699 (250) ###
vartalon ojennus (N)	392 (86) □	452 (100)	708 (242) ###	965 (126) ### **

◇ n = 8, • n = 7, □ n = 6

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien välillä \*p≤0,05, \*\*p≤0,01

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä #p≤0,05, ##p≤0,01, ###p≤0,001



KUVIO 13. Maksimivoima suhteutettuna lihaspaksuuteen eri lihasryhmissä.

TAULUKKO 7. Maksimivoima suhteutettuna lihaspaksuuteen sokeilla ja näkevilla lapsilla ja nuorilla.

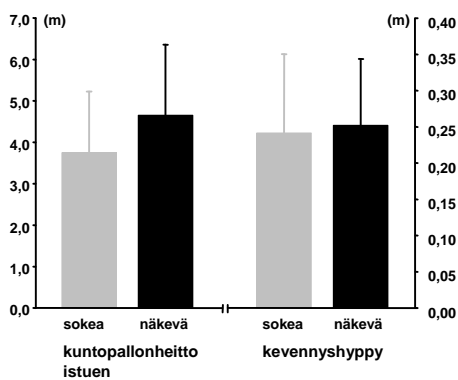
	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
hausvääntö (N) / biceps brachii (cm)	69 (16) •	64 (11)	92 (27) #	96 (17) ###
penkkipunnerrus (N) / triceps brachii (cm)	154 (73) •	200 (80)	266 (71) ##	302 (53) ##
jalkojen ojennus (N) / quadriceps femoris (cm)	702 (285) □	605 (163) ◇	942 (253)	1007 (122) ###
polven koukistus (N) / biceps femoris (cm)	81 (15) ◻	86 (24) ◇	101 (34)	112 (47)

◇ n = 8, • n = 7, ◻ n = 6, □ n = 5

quadriceps femoris lihaspaksuus = vastus medialis, vastus lateralis ja rectus femoris lihaspaksuuksien summa tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä #p≤0,05, ##p≤0,01, ###p≤0,001

### 8.3 Räjätävä voimantuotto

Yksinkertaisemmissa dynaamisissa suorituksissa (kuntopallonheitto istuen, kevennyshyppy) sokeat (n = 16) ja näkevät (n = 17) eivät eronneet merkitsevästi toisistaan (kuvio 14). Ikäryhmittäin oli eroa vain kuntopallonheitossa, jossa sekä sokeat lapset että nuoret olivat näkeviä merkitsevästi heikompia (p≤0,05). Molemmissa suorituksissa lapset olivat erittäin merkitsevästi heikompia kuin nuoret sekä sokeilla että näkevilla. (Taulukko 8.)



KUVIO 14. Räjätävä voimantuotto yksinkertaisissa dynaamisissa suorituksissa.

TAULUKKO 8. Kuntopallon heitto istuen ja kevennyshyppy sokeilla ja näkeville lapsilla ja nuorilla.

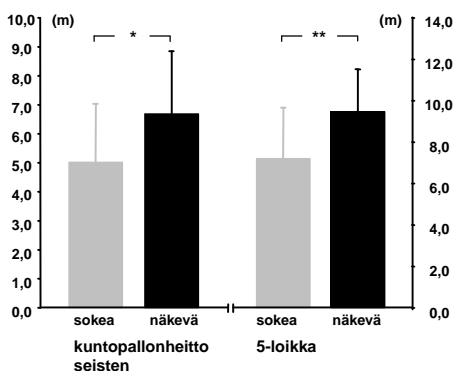
	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
kuntopallon heitto istuen (m)	2,47 (0,59)	3,35 (0,76) *	5,03 (0,76) ###	6,12 (1,15) ### *
kevennyshyppy (m)	0,15 (0,07) ◻	0,17 (0,03)	0,31 (0,08) ###	0,33 (0,05) ###

◻ n = 6

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien välillä \*p≤0,05

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä ###p≤0,001

Koordinatiivisesti vaikeammissa dynaamisissa suorituksissa sokeiden (n = 16) ja näkevien (n = 17) välillä oli eroa molemmissa liikkeissä, kuntopallonheitossa seisten (p≤0,05) ja 5-loikassa (p≤0,01), joissa sokeat olivat näkeviä merkitsevästi heikompia (kuvio 15). Kuntopallonheitossa seisten merkitsevät erot olivat myös ikäryhmien sisällä. Sokeat lapset erosivat näkeivistä lapsista erittäin merkitsevästi (p≤0,001) ja sokeat nuoret erosivat näkeivistä nuorista merkitsevästi (p≤0,01). Samoin 5-loikassa merkitsevät erot olivat myös ikäryhmien sisällä. Sokeat lapset erosivat näkeivistä lapsista merkitsevästi (p≤0,01) ja sokeat nuoret erosivat näkeivistä nuorista merkitsevästi (p≤0,01). (Taulukko 9.) Ikää vastaavan luokkatason prosenttipisteet 5-loikassa olivat sokeilla 9,2 % (20,1 %) ja näkeville 48,9 % (31,3 %) (p≤0,001). Molemmissa koordinatiivisesti vaikeammissa dynaamisissa räjähtävän voimantuoton suorituksissa lapset olivat erittäin merkitsevästi heikompia kuin nuoret sekä sokeilla että näkeville (taulukko 9).



KUVIO 15. Räjähtävä voimantuotto koordinatiivisesti vaikeammissa dynaamisissa suorituksissa.

TAULUKKO 9. Kuntopallon heitto seisten ja 5-loikka sokeilla ja näkeville lapsilla ja nuorilla.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
kuntopallon heitto seisten (m)	3,22 (0,88)	5,10 (1,14) ***	6,83 (0,67) ###	8,48 (1,52) ### **
5-loikka (m)	5,39 (2,10) •	7,74 (0,84) ◇ **	8,81 (1,43) ###	11,19 (1,26) ### **

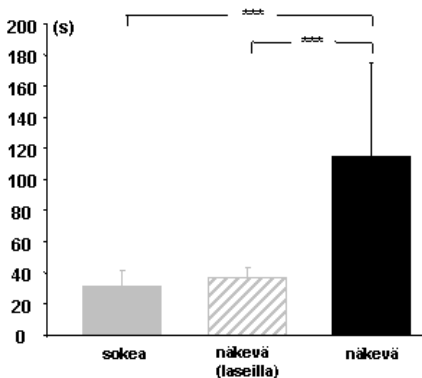
◇ n = 8, • n = 7

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien välillä \*\*p≤0,01, \*\*\*p≤0,001

tilastollisesti merkitsevä ero lasten ja nuorten välillä ###p≤0,001

## 8.4 Tasapaino

Ikää vastaavan luokkatason prosenttipisteet flamingotestissä olivat sokeilla 4,5 % (6,0 %) ja näkeville 55,4 % (32,8 %) ( $p \leq 0,001$ ). Sokeilla oli täydessä minuutin testissä  $29,0 \pm 7,7$  yritystä ja näkeville  $11,2 \pm 7,0$  yritystä. Modifioidussa flamingotestissä sokeat (n = 16) ja näkevät (n = 17) erosivat erittäin merkitsevästi ( $p \leq 0,001$ ), ja sokeat olivat näkeviä tilastollisesti erittäin merkitsevästi heikompia (kuvio 16). Tulokset näkeville sokeutettuina mustilla suojalaseilla ja sokeiden välillä eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi. Näkevien flamingotestitulokset ilman laseja ja sokeutettuina laseilla erosivat toisistaan erittäin merkitsevästi ( $p \leq 0,001$ ). (Kuvio 16.) Muutokset näkevien tasapainotestin tuloksissa ilman laseja ja sokeutettuna laseilla eivät eronneet lasten ja nuorten välillä toisistaan. Verrattaessa tuloksia ikäryhmittäin sokeat lapset erosivat näkeivistä lapsista (ilman laseja) merkitsevästi ( $p \leq 0,01$ ) ja sokeat nuoret erosivat näkeivistä nuorista erittäin merkitsevästi ( $p \leq 0,001$ ). Lasten ja nuorten tulokset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi sokeilla eivätkä näkeville. (Taulukko 10.)



KUVIO 16. Modifioitu flamingotesti.

TAULUKKO 10. Modifioitu flamingotesti sokeilla ja näkeville lapsilla ja nuorilla.

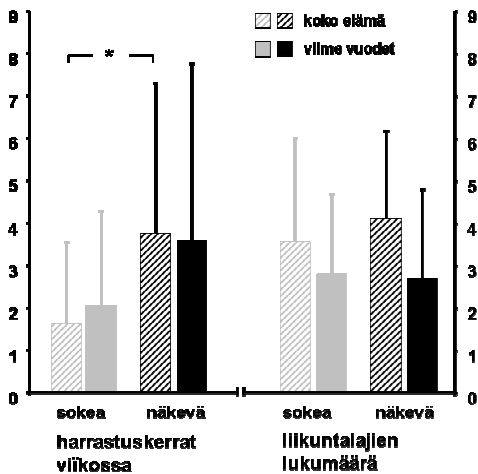
	sokeat		näkevät	
			laseilla	ilman laseja
lapset (s)	31,8 (11,7) n = 7		35,7 (7,6) n = 9	109,0 (67,0) n = 9 ** §§
nuoret (s)	31,2 (8,0) n = 8		38,0 (5,8) n = 8	120,2 (56,8) n = 8 *** §§

tilastollisesti merkitsevä ero sokeiden ja näkevien (ilman laseja) välillä \*\* $p \leq 0,01$ , \*\*\* $p \leq 0,001$

tilastollisesti merkitsevä ero näkevien (laseilla ja ilman) välillä §§ $p \leq 0,01$

## 8.5. Liikunnan harrastus

Liikuntaharrastuksissa sokeat (n = 16) ja näkevät (n = 17) eivät eronneet merkitsevästi toisistaan koko elämän ajalla harrastettujen liikuntalajien määrän suhteen. Harrastuskerroissa viikossa sokeat harrastivat koko elämän ajalla merkitsevästi vähemmän liikuntaa ( $p \leq 0,05$ ) kuin näkevät. Kuitenkaan eroa ei ollut tarkasteltaessa lasten ja nuorten ryhmiä erikseen. Viime vuosien liikunnan osalta sokeat ja näkevät eivät eronneet merkitsevästi toisistaan liikuntalajien määrässä eivätkä harrastuskerroissa viikossa, eivät myöskään lasten ja nuorten ryhmissä. Liikunnan harrastuksessa lapset ja nuoret olivat samanlaisia sekä sokeilla että näkeville tarkasteltuna lajien määränä ja harrastuskertoina viikossa sekä koko elämän, että viime vuosien ajalta. (Kuvio 17, taulukko 11.)



KUVIO 17. Liikunnan harrastus.



TAULUKKO 11. Liikunnan harrastus sokeilla ja näkevillä lapsilla ja nuorilla.

	lapset		nuoret	
	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 9)	sokeat (n = 8)	näkevät (n = 8)
krt /vko koko elämä	0,8 (1,0)	4,2 (4,8)	2,5 (2,3)	3,3 (1,4)
lajien lkm koko elämä	3,1 (2,5)	4,7 (2,2)	4,0 (2,4)	3,5 (1,9)
krt / vko viime vuodet	1,1 (1,7)	4,1 (5,6)	3,0 (2,4)	3,0 (1,9)
lajien lkm viime vuodet	2,6 (2,2)	3,7 (2,4)	3,0 (1,6)	1,6 (0,7)

## 9 POHDINTA

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että sokeat nuoret olivat näkeviä nuoria tilastollisesti merkitsevästi heikompia maksimaalisessa isometrisessä penkkipunnerruksessa ja vartalon ojennuksessa. Suhteutettaessa isometriset maksimivoimatulokset lihaspaksuuteen sokeiden ja näkevien välillä ei ollut eroa. Sokeat lapset ja nuoret olivat näkeviä vastinparejaan heikompia kuntopallonheitossa istuen ja seisten sekä 5-loikassa ja tasapainossa. Yhdistettäessä lasten ja nuorten ryhmät havaittiin, että sokeat olivat näkeviä heikompia kuntopallon heitossa seisten, 5-loikassa ja tasapainossa. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että sokeiden ja näkevien erot fyysisessä suorituskävyssä ilmenivät selkeimmin tasapainossa ja koordinaatiivisesti vaikeammassa räjähtävissä suorituksissa.

Tutkimusjoukoksi valittiin pojat, koska mittausajankohtana kyseisissä ikäluokissa oli Jyväskylän Näkövammaisten koulun sokeiden tukijaksoilla, joilta näkövammaiset koehenkilöt kutsuttiin, enemmän poikia kuin tyttöjä. Sokeiden lasten ja nuorten otos (16) edustaa melko hyvin sokeiden ikäryhmää, joka on Suomessa n. 50–70 henkilöä (M. Ojamo, henkilökohtainen tiedonanto 4.10.2007). Tutkimuksesta rajattiin pois henkilöt, joilla oli sokeuden lisäksi muita hermoston lihaskäytön toimintakykyä rajoittavia vammoja tai sairauksia. Tutkimukseen osallistuneista sokeista pojista kaikki eivät olleet täysin sokeita. Täydellinen sokeus on kuitenkin hyvin harvinaista ja sokeuden määritelmienkin mukaan sokeaksi lasketaan myös, vaikka henkilöllä olisi hieman näkökykyä. Mittauksissa kaikilla sokeiden ryhmään kuuluvilla oli kuitenkin mustat lasit, joten mittausolosuhteissa he eivät voineet käyttää näköjäännettään.

BMI-tulokset eivät eronneet merkitsevästi sokeilla ja näkevillä kummassakaan ikäryhmässä. Vastinparien muodostaminen BMI:n perusteella näkövammaisten ja näkevien tutkittavien kesken voidaan katsoa onnistuneen varsin hyvin. Ikäryhmien sisällä bioimpedanssimenetelmällä mitattuna kehon rasvaprosentti oli sokeilla lapsilla merkitsevästi suurempi kuin näkevillä lapsilla, mutta eroa ei ollut ihopoimiumittausmenetelmällä mitattuna. Ihopoimiumittausmenetelmällä mitattu rasvaprosentti ei eronnut myöskään tilastollisesti merkitsevästi lasten ja nuorten välillä, mutta bioimpedanssimittauksella mitatut lasten rasvaprosenttiarvot olivat tilastollisesti merkitsevästi korkeampia kuin nuorilla sekä sokeilla että näkevillä. Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava, että rasva-%-arvon määrittelyssä molemmat käytetyt menetelmät (Bodystat 1500® -laite ja Durnin & Womersleyn 1974 taulukko) on tarkoitettu aikuisten mittaamiseen ja näin ollen lapsilla ja nuorilla mi-

tattuihin tuloksiin tulee suhtautua varauksin. Sokeiden lasten lihaspaksuudet olivat tilastollisesti merkitsevästi pienempiä rectus femoris -lihaksessa ja nuorilla vastus medialis -lihaksessa kuin ikäisillään näkeville. Ylävartalon lihaksissa lihaspaksuudet olivat lapsilla pienempiä kuin nuorilla sekä sokeilla että näkeville, mutta alaraajoissa sokeilla lapsilla vain rectus femoris -lihaksessa ja näkeville lapsilla vastus medialis- ja biceps femoris -lihaksissa. Näin ollen lihaspaksuuden merkitys sokeiden ja näkevien maksimivoimatulokseen vaatii jatkotutkimuksia suuremmalla koehenkilömäärällä ja tarkemmilla menetelmillä, kuten MRI.

Isometrisessä maksimivoimassa penkkipunnerruksessa ja vartalon ojennuksessa sokeat nuoret olivat näkeviä nuoria heikompia. Penkkipunnerruksen osalta tulos tukee aiemmissä tutkimuksissa tehtyä havaintoa näkövammaisten yläraajojen heikommasta voimatasosta verrattuna näkeviin (Lieberman & McHugh 2001; Short & Winnick 2005; Uusi-Rasi ym. 2001). Tarkasteltaessa isometrisiä maksimivoimatuloksia yleisesti suorituskvyyssä ei ollut eroa riippumatta näkökyvystä. Epäsuorasti voidaan päätellä, että myöskään kvyyssä aktivoida lihaksia ei mahdollisesti ole eroa isometrisessä maksimivoimassa riippumatta näkökyvystä. Isometriset voimamittaustulokset mukailivat kasvua ja kehitystä (= vanhemmassa ikäluokassa paremmat tulokset) sekä sokeilla että näkeville. Suhteutettuna isometrinen maksimivoimantuotto lihaspaksuuteen tuloksissa ei myöskään ollut merkitsevää eroa riippumatta näkökyvystä. Lihaksen paksuus on tietyssä suhteessa lihaksen poikkipinta-alaan, joka taas kuvaa lihaksen kokoa. Blimkien ja Salen (1998) tekemän yhteenvedon mukaan voidaan teoreettisesti olettaa lihasmassan ja lihaksen koon liittyvän voimakkaasti voiman kehittymiseen lapsuudessa. Lihasmassa lisääntyy pojilla noin viisinkertaisesti viisivuotiaasta 17,5-vuotiaaksi (Malina 1969) edustaen kehon massasta 42 % ja 54 % vastaavissa ikävaiheissa (aineisto Malina & Bouchard 1991). Nämä kehitysmuutokset absoluuttisessa ja suhteellisessa lihasmassassa oletettavasti suurelta osin määrittävät voiman ikä- ja sukupuolieroja lapsuuden aikana. Tutkimusten mukaan ikä- ja sukupuolierot kuitenkin eliminoituvat, kun absoluuttiset voima-arvot normalisoidaan lihaksen poikkipinta-alaan (Davies 1985; Ikai & Fukunaga 1968). Blimkie ja Sale toteavat, että näin lihaksen poikkipinta-ala, eikä ikä tai sukupuoli sinänsä, olisi tärkein tekijä voiman kehittämisessä lapsuudessa. (Blimkie & Sale 1998, 200–201.) Kuitenkin tässä tutkimuksessa lihaspaksuuteen suhteutetut isometrisen maksimivoimantuoton tulokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi lasten ja nuorten välillä sekä sokeilla että näkeville yläraajojen suorituksissa ja näkeville polven ojennuksessa. Näin lihasten aktivointikyky saattaisi olla selittävä tekijä lasten ja nuorten isometrisen maksimivoimatason erossa yläraajojen suorituksissa ja näkeville polven ojennuksessa. Polven koukistuksessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa lasten ja nuorten tuloksissa kummassakaan näkökyryhmässä, eikä sokeilla polven ojennuksessa.

Räjähävää voimantuottoa vaativissa yksinkertaisissa dynaamisissa suorituksissa sokeiden ja näkevien erot fyysisessä suorituskyyvyssä tulivat esiin yläraajalihasten suorituksessa, kuntopallon heitossa istuen, jossa ikäryhmittäin tarkasteltuna sokeiden tulokset olivat merkitsevästi ikäisiään näkeviä heikompia. Tarkasteltaessa kuntopallon heittoa istuen molemmat ikäryhmät yhdistettyinä sokeilla ja näkeville ei havaittu eroa. Alaraajalihasten yksinkertaisessa dynaamisessa suorituksessa, kevennyshypyssä, sokeilla ja näkeville ei ollut eroa. Sen sijaan molemmissa räjähtävää voimantuottoa vaativissa vaikeammassa dynaamisissa suorituksissa (kuntopallonheitto seisten ja 5-loikka) sokeiden ja näkevien erot suorituskyyvyssä tulivat esiin. Sokeat olivat näkeviä merkitsevästi heikompia molemmissa suorituksissa myös ikäryhmittäin tarkasteltuna. Erot räjähtävän voimantuoton tulostasossa koordinatiivisesti vaikeammassa liikkeissä aiheutuvat enemmän näöstä kuin maksimaalisen isometrisen voimatason erosta, koska sokeat ja näkevät olivat samantasoisia, lukuun ottamatta penkkipunnerrusta ja vartalon ojennusta nuorilla. Sen sijaan sokeiden koordinatiivisesti vaikeampien dynaamisten suoritusten merkitsevästi heikompi taso saattaisi selittyä antagonistilihasten mahdollisesti suurentuneesta suoritusta ”jarruttavasta” koaktivaatiotasosta suorituksen aikana. 5-loikka ja kuntopallonheittojen mittaukset jouduttiin tekemään kapeahkolla käytävällä, joka saattoi hieman aiheuttaa arkuutta ja heikentää suoritusta (etenkin 5-loikassa) sokeilla koehenkilöillä. Räjähävät voimamittaustulokset sekä molempien yksinkertaisten dynaamisten suoritusten, että molempien koordinatiivisesti vaikeampien dynaamisten suoritusten osalta mukailivat kasvua ja kehitystä sekä sokeilla että näkeville. Aiempia tutkimuksia vastaavasta koeasetelmasta – yksinkertainen ja koordinatiivisesti vaikeampi dynaaminen suoritus – ei ole tehty näkövammaisille. Tähän tutkimukseen valituista liikkeistä vain kevennyshyppy on ollut muutamassa tutkimuksessa yhtenä fyysisen suorituskyyvyn mittarina (Colak ym. 2004; Singh & Singh 1993).

Tasapainotestinä suoritettussa flamingotestissä sokeat olivat näkeviä tilastollisesti erittäin merkitsevästi heikompia, myös molemmissa ikäryhmissä. Kun näkeville peitettiin silmät, ero katosi. Myös aiempien tutkimusten perusteella (Aydoğ ym. 2006; Gipsman 1981; Navarro ym. 2004; Pereira 1990; Schmid ym. 2007; Stones & Kozma 1987) näkeminen on oleellinen tasapainokykyyn vaikuttava aisti ja Schmid ym. (2007) tutkimuksessa sen on osoitettu myös olevan korvaamattomassa roolissa muiden aistien prosessoinnissa ja integraatiossa tasapainoa säädellässä. Tässä tutkimuksessa käytettiin myös Eurofit-testistön 1 min flamingotestistä modifioitua testiä, jossa kirjattiin 15 yrityksen ”väliaika”. Eurofit-testiohjeiden mukaan testi tulisi keskeyttää, jos ensimmäisten 30 sekunnin aikana testattava putoaa 15 kertaa (EUROFIT 1988, 42; Simons & Renson 1982, 9). Sokeilla koehenkilöillä tämä olisi tarkoittanut 9 koehenkilölle 15:sta 0-tulosta, jolla ei olisi saatu tuloksiin erottelevuutta. Testi tehtiin kuitenkin loppuun (1 min asti) kaikilla koehenkilöillä saaden tulokset sekä

15 yrityksestä, että 1 min suoritusmäärästä. Ero oli erittäin merkitsevä ( $p \leq 0,001$ ) sokeiden ja näkevien välillä kummassakin vertailukohdassa. Modifioitua mallia käytettiin tässä tutkimuksessa, koska siinä oletettiin vältettävän psyykkisen väsymisen ja turhautumisen vaikutus sokeiden koehenkilöiden suoritukseen. Siten tämän tutkimuksen perusteella voidaan suositella sokeille tai hyvin heikkonäköisille henkilöille normaalista flamingotestin protokollasta poikkeavaa menettelyä tasapainokyvyn arvioinnissa ja sen muutosten mittaamisessa. Yhden minuutin suoritusmääräarvoa on käytetty, koska siitä löytyy vertailuaineistoa (Nupponen ym. 1999, 32–43). Ainoana muuttujana tutkimuksen liikuntatehtävistä tuloksissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa lasten ja nuorten välillä kummassakaan näkökykyryhmässä. Tämä näyttäisi mukailevan tasapainon kehittymisen linjoja kyseisessä ikävaiheessa, 9–18 -vuotiaana. Tasapaino kuuluu liikehallintakykyihin, jotka kehittyvät eniten 7–12 -vuoden iässä ja joiden kehitys päättyy 15–16 ikävuoteen mennessä (Holopainen 1991, 26). Pojilla on havaittu tasapainossa nopea kehittymisen kausi 8–9 -vuotiaana (Holopainen 1991, 35), kehitystasanne ikävälillä 12–14 ja selkeä kehityshuippu 14–15 -vuotiaana (Nupponen 1997, 127). Kehitys näyttää päättyvän ainakin tilapäisesti 15-vuotiaana (Nupponen 1997, 127). Kehityksestä 2/3 on saavutettu 12-vuotiaana (Nupponen 1997, 128.) Kehityksen tasanne ajoittuu samanaikaisesti nuoruuden kasvukiriin ja siihen liittyvän kömpelyyden kanssa (Nupponen 1997, 46). Vaikka näkövammaisten on todettu olevan tasapainossa heikompia kuin näkevät, voidaan tutkimustulosten perusteella olettaa, että harjoittelun avulla voidaan parantaa näkövammaisten lasten tasapainoa (Aki, Atasavun, Turan, & Kayihan 2007).

Näkövammaisille sovelletussa testistössä (The Brockport Physical Fitness Test, katso s. 31) näkövammaisille on suositeltu näkevien viitearvoja käyttämistä koordinaatiivisesti yksinkertaisissa lihas-kuntotesteissä, kuten leuanveto, etunojapunnerrus ja vatsalihasliike. Myös tämän tutkimuksen tulosten perusteella sokeiden tuloksia vastaavissa testeissä voidaan verrata näkevien tuloksiin, mutta tämä ei kuitenkaan päde tasapainotesteissä ja koordinaatiivisesti vaikeammassa testeissä. Tässä tutkimuksessa koululaisten kunnon ja liikehallinnan mittaamisen viitearvoja (Nupponen ym. 1999, 31–43) käytettiin kahdessa testissä – tasapainotestinä suoritettussa flamingotestissä ja 5-loikassa. Käytetyt viitearvot edustavat näkeviä lapsia. Tässä tutkimuksessa sokeat ja näkevät erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan molempien testien viitearvoissa. Näkevien keskiarvot sijoittuivat noin 50 % tasolle molemmissa testeissä sokeiden jäädessä alle 10 %:n tasolle. Sokeat menestyivät siis näkeviä heikommin suhteessa saman luokkatason oppilaisiin. Näkevien tulosten yksilölliset erot olivat suuria molemmissa testissä sokeiden tulosten painottuessa alhaisemmalle tasolle. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella koululaisten kunnon ja liikehallinnan mittaamisen viitearvoja ei tulisi käyttää näkövammaisen oppilaan liikuntakykyisyyden arvioimisessa esim. opetustilanteessa kou-

lussa tasapaino- ja 5-loikkatestissä, joissa näkökyvyn puute osoittautui vaikuttavan oleellisesti suoritukseen. Näkövammaisten omien viitearvojen laatiminen voi olla kuitenkin haasteellista, koska liitännäisvammattomien näkövammaisten määrä on niin pieni ja näkövammaisuuden aste vaihtelee.

Liikunnan harrastusta tutkittiin tässä tutkimuksessa liikunnan harrastuksen monipuolisuuden ja liikunta-aktiivisuuden suhteen sekä koko elämän, että viime vuosien ajalta. Liikunnan harrastuksen monipuolisuutta tarkasteltiin tässä tutkimuksessa lajien lukumääränä, joka ei eronnut ikäryhmät yhdistettyinä sokeilla ja näkevillä koko elämän aikana, eikä viime vuosina, ei myöskään ikäryhmissä erikseen. Eroa ei ollut myöskään lasten ja nuorten välillä sokeilla eikä näkevillä. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna näkökyky tai ikä ei näyttäisi vaikuttavan liikuntaharrastusten monipuolisuuteen, joskin pelkkä lajien lukumäärä on tästä varsin karkea mittari. Liikunta-aktiivisuutta tarkasteltiin harrastuskertoina viikossa. Vaikka sokeat olivat liikunta-aktiivisuudessa passiivisempia kuin näkevät koko elämän ajalta, tilastollisesti merkitsevää eroa ei ollut tarkasteltuna ikäryhmiä erikseen tai viime vuosien ajalta. Eroa ei ollut myöskään lasten ja nuorten välillä sokeilla eikä näkevillä. Yleisesti liikunnan harrastuksen suhteen voidaan todeta, etteivät erot sokeiden ja näkevien ryhmien välillä vaikuta keskeisesti suorituskykymittauksissa saatuihin tuloksiin.

Saaduilla tutkimustuloksilla on merkitystä näkövammaisten ja näkevien lasten fyysisen suorituskyvyn erityispiirteiden ymmärtämisessä ja tietoa voidaan hyödyntää näkövammaisten ja näkevien liikunnanopetuksessa, urheiluohjauksessa ja -valmennuksessa sekä tutkimuksessa. Tietoa voidaan hyödyntää sekä näkövammaisten lasten motoristen taitojen ja eri lihasryhmien voimantuottoominaisuuksien kehittämisessä, että hermo-lihasjärjestelmän toimintakyvyltään heikkokuntoisten näkövammaisten lasten kuntouttamisessa. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella kasvu ja kehitys tai liikuntakokemukset eivät näyttäisi kompensoivan sokeuden aiheuttamaa heikompaa suorituskykyä dynaamisessa koordinaatiivisesti vaikeammassa liikkeessä sekä tasapainossa. Testattaessa sokeiden maksimaalista voimantuottoa dynaamisten liikkeiden tulisi olla mahdollisimman eristettyjä ja yksinkertaisia, koska vaikeammassa liikkeessä näköaistin puute rajoittaa suuresti suorituskapasiteettia. Toisaalta lihaskoordinaation kannalta vaikeammassa testiliikkeissä voisi olettaa suorituskyvyn paranemisen harjoittelun myötä tulevan paremmin esille. Urheiluvalmennuksen kannalta tasapaino ja lihaskoordinaatioiltaan vaikeat liikkeet voidaan nähdä näkövammaisurheilussa myös haasteena ja niitä tulisi harjoittaa jatkuvasti ja monipuolisesti lajiin soveltaen. Näin parannetaan myös suoritustekniikkaa ja lajitaitoa, vältetään loukkaantumiseriskiä ja lisätään urheilijan kehohallintaa ja -tuntemusta. Jatkossa olisi mielenkiintoista selvittää pieneneekö ero sokeiden ja näkevien välillä fyysisen harjoittelun myötä koordinaatiivisesti haastavammassa dynaamisissa suoritus-

sisä sekä tasapainossa. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia suorituskyvyn harjoitettavuutta verraten sekä sokeita, heikkonäköisiä ja näkeviä, näkökykyiset myös näkevinä ja ”sokeutettuina” silmät peittämällä.

## LÄHTEET

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Bojsen-Moller, F. & Dyhre-Poulsen, P. 2000. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scandinavian journal of Medicine and Science in Sports* 10, 58-67. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Adelson, E. & Fraiberg, S. 1974. Gross motor development in infants blind from birth. *Child Development* 45, 114–126. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26, s. 21.
- Ahtiainen, J. 2004. Tasapaino. Teoksessa Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen M. *Kuntotestauksen käsikirja*. Tampere: Tammer-Paino Oy, 187–188.
- Aki, E., Atasavun, S., Turan, A. & Kayihan, H. 2007. Training motor skills of children with low vision. *Perceptual and Motor Skills* 104, 1328–1336.
- Autio, T. 1995. Liiku ja leiki. Motorisia perusharjoitteita lapsille. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.
- Aydoğ, E., Aydoğ, S., T., Cakci, A. & Doral, M., N. 2006. Dynamic postural stability in blind athletes using the biodex stability system. *International Journal of Sports Medicine* 27 (5), 415–418.
- Baratta, R., Solomonov, M., Zhou, B. H. Letson, D., Chuinard, R & D'Ambrosia, R. 1988. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *American Journal of Sports Medicine*, 16, 113–122. Viitattu teoksessa Sale, D.G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 260, 262.
- Blaser, P. 1978. Die Entwicklung der konditionellen Fähigkeiten Schnelligkeit und Schnelligkeitsdauer im Sportschwimmen bei Schülern der 6. Klasse. *Theorie und Praxis der KK* 6, 445–447. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J.. *Nopeus- ja nopeuskestävyys-harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 93.
- Blessing, D. L., McCrimmon, D. Stovall, J. & Williford, H. N. 1993. The effects of regular



exercise programs for visually impaired and sighted schoolchildren. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 87, 50–52.

- Blimkie, C., J., R., & Sale, D., G. 1998. Strength Development and trainability during childhood. Teoksessa Van Praagh, E. 1998. *Pediatric anaerobic performance*. USA: Human Kinetics, 193–224.
- Bohannon, R. W. 1995. Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Perceptual and Motor Skills* 80, 163–166. Viitattu artikkelissa Horvat, M., Ray, C., Nocera, J. & Croce, R. 2006. Comparison of isokinetic peak torque and power in adults with partial and total blindness. *Perceptual and Motor Skills* 103, 231–237, s. 234.
- Bodystat 1500® 1992–1994. Hand-held body composition monitoring unit. Users guide.
- Buell, C. 1950. Motor performance of visually handicapped children. *Journal of Exceptional Children* 17, 69–72. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26, s. 19.
- Carpentier, A., Duchateau, J. & Hainaut, K. 1996. Velocity-dependent muscle strategy during plantarflexion in humans. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 6, 1–11. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. *Neural adaptation to strength training*. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Cavagna, G. A., Saibene, F. P. & Margaria, R. 1965. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *Journal of Applied Physiology* 20, 157–158. Viitattu teoksessa Mero, A. 1987. *Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittamiseen liittyvät biomekaaniset, fysiologiset ja psykologiset perusteet*. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. *Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy., 33.
- Colak, T., Bamac, B., Aydin, M., Meric, B. & Özbek, A. 2004. Physical fitness levels of blind and visually impaired goalball team players. *Isokinetics and Exercise Science* 12, 247–252.
- Committee on Sports Medicine and Fitness 1992. Viitattu teoksessa Autio, T. 1995. *Liiku ja leiki. Motorisia perusharjoitteita lapsille*. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy, 39.
- Corcos, D. M., Gottlieb, G. L. & Agarwal, G. C. 1989. Organizing principles for single-joint movements. II. A speed sensitive strategy. *Journal of Neurophysiology*, 62, 358–368. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. *Neural adaptation to strength training*. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 260.
- Couillandre, A., Duque Ribeiro, M.-J., Thoumie, P. & Portero, P. 2008. Changes in balance

and strength parameters induced by training on a motorised platform: A study on healthy subjects. *Annales de réadaptation et de médecine physique* (2008), doi:10.1016/j.annrmp.2007.11.001.

- Daugherty, K. M. & Moran, M. F. 1982. Neuropsychological, learning and developmental characteristics of the low vision child. *Journal of Visual Impairment and Blindness* 76, 398–406. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26, s. 19.
- Davies, C. T. M. 1985. Strength and mechanical properties of muscle in children and young adults. *Scand. J. Sports Sci.* 7: 11–15. Viitattu teoksessa Blimkie, C. J. R. & Sale, D. G. 1998. Strength Development and trainability during childhood. Teoksessa Van Praagh, E. *Pediatric anaerobic performance*. USA: Human Kinetics, 201.
- di Natale, J. D., Lee, M., Ward, G. & Shephard, R. J. 1985. Loss of physical condition in sightless adolescents during a summer vacation. *Adapted Physical Activity Quarterly* 2, 144–152. Viitattu artikkelissa Lieberman, L. J. & McHugh, E. 2001. Health-related fitness of children who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 95, 272–287, s. 285.
- Durnin, J. V. G. A. & Womersley, J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurement on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.* 32: 77–79. Viitattu teoksessa Fogelholm, M. 2004. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. Liite 3.2. Teoksessa Keskinen K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. Tampere: Tammer-Paino oy, 263.
- Enoka, R. M. & Fuglevand, A. J. 2001. Motor unit physiology: some unresolved issues. *Muscle & Nerve* 24 (1), 4–17.
- Espenschade, A. & Eckert 1974. Motor development. Teoksessa Johnson, W., Buskirk, E. (toim.) *Medicine and science of Exercise and Sport*, 2nd Ed, 322–333. New York: Harper and Row, Publishers. Viitattu teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. *Lasten ja nuorten harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy.
- Era, P. (toim.) 1997. Ikääntyminen ja liikunta. *Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja* 108.
- EUROFIT. 1988. Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. Rome: Committee for development of sport.
- Farfel, W. 1979. Sensomotorische und Psysische Fähigkeiten Leistungssport 1, 31 - 34. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teok-

nessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 94.

- Fleishman, E. A. 1964. The structure and measurement of physical fitness. Engelwood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. Viitattu teoksessa Holopainen, S. 1983. 7–9 -vuotiaiden liikuntakykyisyyden kehittyminen ja yhteydet yksilö- ja kouluympäristötekijöihin. Jyväskylä: Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 40.
- Fogelholm, M. 2004. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. Liite 3.2. Teoksessa Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen M.. Kuntotestauksen käsikirja. Tampere: Tammer-Paino Oy, 263.
- Freriks, B., Hermens, H., Disselhorst-Klug, C. ja Rau, C. 1999. The recommendations for sensors and sensor placement procedures for surface electromyography. Teoksessa Hermens, H. J., Freriks, B., Merletti, R., Stegeman, D., Blok, J., Rau, G., Disselhorst-Klug, C. ja Hägg, G.. European recommendations for surface electromyography. Results of the SENIAM project. Roessingh Research and development b. v., 15–53.
- Freund, H. J. & Buidingen, H. J. 1978. The relationship between speed and amplitude of the fastest voluntary contractions of human arm muscles. *Experimental Brain Research*, 31, 1–12. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 260.
- Galley, P. M. & Forster, A. L. 1988. Liikkuva ihminen: perustietoa lääkintävoimistelijaopiskelijoille. *Ammattikasvatushallitus (julk.)*. Aune Joutsemo (suom.). Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Gipsman, S. C. 1981. Effects of visual condition on use of proprioceptive cues in performing a balance task. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 75 (2), 50 – 54.
- Going, S., Massey, B., Hoshizuki, T. & Lohman, T. 1987. Maximal voluntary static force production characteristics of skeletal muscle in children 8–11 years of age. *Res. Quart. Exerc. Sport* 58, 2, 115–123. Viitattu teoksessa Häkkinen, K. 1990a. Hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen lapsilla ja nuorilla. Teoksessa Mero, A., Vuori-maa, T. & Häkkinen, K. 1990. *Lasten ja nuorten harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 80.
- Gummin, G. R., Garand, T. & Borysyk, L. 1972. Correlation of performance in track and field events with bone age. *J. Pediat.*: 80: 970. Viitattu teoksessa Mero, A. & Jaakkola, L. 1990. Lapsen elimistön kasvu ja kehitys. Teoksessa *Lasten ja nuorten harjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 44.
- Haag, H. & Haag, G. 2000. From physical fitness to motor competence: aims – content –

methods – evaluation, Frankfurt am Main: Lang.

- Halavaara, M. 1996. Tasapainon säätely ja vestibulaaripotilaan tasapainoharjoittelu. Huimaus ja tasapaino -koulutuspäivät 8.–9.11.1996. Suomen Fysioterapeuttiliitto ry / Suomen Gerontologis-Geriatriin Fysioterapiayhdistys. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Hanna, R.S. 1986. Effect of exercise on blind persons. *Journal of visual impairment & blindness* 80(5), 722–725.
- Helander, E. & Lahtinen, V. 1987. Nopeuden ja nopeusvoiman kehittyminen ikävuosina 7–16. KVT harjoitustyö, Valmentajainstituutti, Vierumäki. Viitattu teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy.
- Henneman, E. "Organization of the spinal chord". In *Medical Physiology*, Ed. by V. B. Mountcastle, 13<sup>th</sup> ed. Vol. 1. C. V. Mosby, St. Louis, 1974a. Viitattu teoksessa Winter, D. A. 1979. *Biomechanics of human movement*. USA: John Wiley & Sons, 110.
- Hirsärvi, S., Remes, P., Liikanen, P. & Sajavaara, P. 1995. Tutkimus ja sen raportointi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hirsärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Hirsch, J. & Batchelor, B. 1976. Adipose tissue cellularity in human obesity. *Clinics in Endocrinology and Metabolism* 5, 299–311. Viitattu teoksessa Mero, A. & Jaakkola, L. 1990. Lapsen elimistön kasvu ja kehitys. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K.. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 33.
- Holopainen, S. 1991. Taitavat ja kömpelöt koululiikunnassa. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 75. Jyväskylä.
- Hopkins, W. G., Gaeta, H. & Hill, P. M. 1987. Physical fitness of blind and sighted children. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 56 (1), 69–73.
- Horvat, M., Ray, C., Nocera, J. & Croce, R. 2006. Comparison of isokinetic peak torque and power in adults with partial and total blindness. *Perceptual and Motor Skills* 103, 231–237.
- Howe, T. E., Rochester, L., Jackson, A., Banks, P. M. H., & Blair, V. A. 2007. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Issue 4. Art. No.: CD004963. DOI: 10.1002/14651858.CD004963.pub2.
- Hrysomallis, C. 2007. Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Medicine* 37 (6), 547–556.

<http://www.nkl.fi/palvelut/liikunta/lajit/saannot.htm>, tulostettu 11.4.2008.

- Häkkinen, K. 1990a. Hermolihajärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen lapsilla ja nuorilla. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K.. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 80–86.
- Häkkinen, K. 1990b. Voimaharjoittelun perusteet, vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Mälkiä, E., Kraemer, W.J. & Newton, R.U. 1998. Muscle CSA, force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *The Journal of Aging and Physical Activity*, 6, 232–247.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Newton, R.U. & Kraemer, W.J. 1998. Acute hormonal responses to heavy resistance lower and upper extremity exercise in young versus old men. *European Journal of Applied Physiology*, 77, 4, 312-319.
- Ikai, M. & Fukunaga, T. 1968. Calculations of muscle strength per unit cross-sectional area of human muscle by means of ultrasonic measurement. *International Zeitschrift für angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitspsychologie* 26: 26–32. Viitattu teoksessa Blimkie, C. J. R., & Sale, D. G. 1998. Strength Development and trainability during childhood. Teoksessa Van Praagh, E. Pediatric anaerobic performance. USA: Human Kinetics, 201.
- Israel, S. 1977. Bewegungskoordination frühzeitig ausbilden. *Lehre der Leichtathletik*, 12.7.77, 30, 989. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemukseen. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 93.
- Israel, S. 1991. Age-related changes in strength and special groups. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 319–328.
- Jankowski, L. W. & Evans, J. K. 1981. The exercise capacity of blind children. *Journal of Visual Impairment and Blindness* 75, 248–251. Viitattu artikkelissa Lieberman, L. J. & McHugh, E. 2001. Health-related fitness of children who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 95, 272–287, s. 285.
- Jongen, H. A. H., Denier van der Gon, J. J. & Gielen, C. C. A. M. 1989. Inhomogeneous activation of motoneurone pools are revealed by co-contraction of antagonistic human arm muscles. *Experimental Brain Research*, 75, 555–562. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003.

- Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Kapit, W. & Elson, L. M. 2002. *The anatomy Coloring Book* (3 rd ed.). San Francisco: Benjamin/Cummings.
- Karvinen, J., Hiltunen, P. & Jääskeläinen, L. 1991. *Lapsi ja urheilu*. Keuruu: Otava.
- Kellis, E. 1998. Quantification of quadriceps and hamstring antagonist activity. *Sports Medicine* 25, 37–62. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. *Neural adaptation to strength training*. Teoksessa Komi, P. V. (toim.). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Kellis, E. & Baltzopoulos, V. 1997. The effects of antagonist moment on the resultant knee joint moment during isokinetic testing of the knee extensors. *European journal of Applied Physiology* 76, 253–259. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. *Neural adaptation to strength training*. Teoksessa Komi, P. V. (toim.). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Kellis, E. & Baltzopoulos, V. 1999. The effects of the antagonist muscle force on intersegmental loading during isokinetic efforts of the knee extensors. *Journal of Biomechanics* 32, 19–25. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. *Neural adaptation to strength training*. Teoksessa Komi, P. V. (toim.). *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Kellis, E. & Unnithan, V. B. 1999. Co-activation of vastus lateralis and biceps femoris muscles in pubertal children and adults. *European Journal of Physiology* 79, 504–511.
- Knirsch, K. 1996. Zur Ausbildung der koordinativen und konditionellen Fähigkeiten unter Berücksichtigung der ‘sensiblen Phasen’ bei Kindern im Hinblick auf das Kunstturnens. *Internationales Trainerseminar DTB-Pokal*, 41–49.
- Kobberling, G., Jankowski, L. W. & Leger, L. 1989. Energy cost of locomotion in blind adolescents. *Adapted Physical Activity Quarterly* 6, 58–67.
- Koinzer, K. 1978. Zur Geschlechtsdifferenzierung konditioneller Fähigkeiten und ihrer organischen Grundlagen bei untrainierten Kindern und Jugendlichen im Schulalter. *Medizin und Sport* 5, 144–150. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J.. *Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu*. Jyväskylä: Mero Oy, 94.
- Komi, P. V., Rusko, H., Vos, J. & Vihko, V. 1977. Anaerobic performance capacity in

- athletes. *Acta Physiol. Scand.* 100, 107–114. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 93.
- Köhler, E. 1977. Trainierbarkeit von Schülern im Alter von 6–16 Jahren. *Theorie und Praxis der KK* 8, 606–608. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä, Mero Oy, 94.
- Lahtinen-Suopanki, T. 1996. Huimaus ja tasapaino -koulutuspäivät 8.–9.11.1996. Suomen Fysioterapeuttiliitto ry / Suomen Gerontologis-Geriatriinen Fysioterapiayhdistys. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Lee, M., Ward, G. & Shephard, R. J. 1985. Physical capacities of sightless adolescents. *Developmental Medicine & Child Neurology* 27, 767–774.
- Lestienne, F. 1979. Effects of inertial load and velocity on the braking process of voluntary limb movements. *Experimental Brain Research*, 35, 407–418. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 262.
- Lieberman, L. J. & McHugh, E. 2001. Health-related fitness of children who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 95, 272–287.
- Looney, M. A. & Plowman, S. A. 1990. Passing rates of American children and youth on the Fitnessgram criterion-referenced physical fitness standards. *Research Quarterly for Exercise & Sport* 61, 215–223. Viitattu artikkelissa Lieberman, L. J. & McHugh, E. 2001. Health-related fitness of children who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 95, 272–287, s. 274.
- Lutz, G. J. & Lieber, R. L. 1999. Skeletal muscle myosin II structure and function. *Exercise and sport sciences reviews* 27, 63–77.
- Lydon, W. T. & McGraw, M. L. 1973. *Concept development for visually handicapped children: a resource guide for teachers and other professionals working in educational settings*. Revised edition. New York: American foundation for the blind INC.
- Makris, V. I., Yee, R. D., Langefeld, C. D., Chappell, A. S. & Slemenda, C. W. 1993. Visual loss and performance in blind athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 25 (2), 265–269.

- Malina, R. M. 1969. Quantification of fat, muscle and bone in man. *Clin. Orthop. Rel. Res.* 65: 9–38. Viitattu teoksessa Blimkie, C. J. R., & Sale, D. G. 1998. *Strength Development and trainability during childhood.* Teoksessa Van Praagh, E.. *Pediatric anaerobic performance.* USA: Human Kinetics, 200.
- Malina R. M. & Bouchard, C. 1991. *Growth, maturation and physical activity.* Champaign IL: Human Kinetics. Viitattu teoksessa Blimkie, C. J. R., & Sale, D. G. 1998. *Strength Development and trainability during childhood.* Teoksessa Van Praagh, E.. *Pediatric anaerobic performance.* USA: Human Kinetics, 200.
- Marsden, C. D., Obeso, J. A. & Rothwell, J. C. 1983. The function of antagonist muscle during fast limb movement in man. *Journal of Physiology*, 335, 1–13. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. *Neural adaptation to strength training.* Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport.* Oxford: Blackwell scientific publications, 262.
- Markosjan, A. & Wasjutina, A. 1965. Die Entwicklung der Bewegungen bei Kindern. *Wissensch. Z.schrift der Humboldt-Universität Berlin, Math. naturwissensch. Reihe 2*, 329–332. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. *Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin.* Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. *Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu.* Jyväskylä: Mero Oy, 94.
- McClenaghan, B. A. & Gallahue, D. L. 1978. *Fundamental movement: developmental and remedial approach.* London: Saunders, 13.
- Meinel, K. 1976. *Bewegungslehre.* Volk und Wissen Verlag, Berlin. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. *Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin.* Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela J. *Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu.* Jyväskylä: Mero Oy, 94.
- Mero, A. 1987. *Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittamiseen liittyvät biomekaaniset, fysiologiset ja psykologiset perusteet.* Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. *Nopeus- ja nopeuskestävyys harjoittelu.* Jyväskylä: Mero Oy, 23–55.
- Mero, A. & Jaakkola, L. 1990. *Lapsen ja nuoren elimistön kasvu ja kehitys.* Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. *Lasten ja nuorten harjoittelu.* Jyväskylä: Mero Oy, 29–47.
- Mero, A. & Komi, P.V. 1987. Effects of stimulated supramaximal sprinting on force production, neural activation and blood lactate. XI International Congress of Biomechanics, Amsterdam. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. *Nopeuden ja*



nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 94.

Mero, A. & Numminen, P. 1990. Taito ja sen harjoittaminen. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 49–70.

Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 55–116.

Mero, A. & Pullinen, T. 1990. Nopeus ja sen harjoittaminen. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 114–132.

Mian, O. S., Baltzopoulos, V., Minetti, A. E. & Narici, M.V. 2007. The impact of physical training on locomotor function in older people. *Sports Medicine* 37 (8), 683–701.

Milner, T. E., Cloutier, C., Leger, A. B. & Franklin, D. W. 1995. Inability to activate muscles maximally during cocontraction and the effect on joint stiffness. *Experimental Brain Research* 107, 293–305. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.

Miyashita, M. & Kanehisa, H. 1979. Dynamic peak torque related to age, sex and performance. *Research Quarterly* 50, 2, 249–255. Viitattu teoksessa Häkkinen, K. 1990a. Hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen lapsilla ja nuorilla. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 80.

Montoye, H. J. and Lamphiear, D.E. 1977. Grip and arm strength in males and females, age 10 to 69. *Research Quarterly* 48 (1), 109–120. Viitattu teoksessa Häkkinen, K. 1990a. Hermolihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksien kehittyminen lapsilla ja nuorilla. Teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 80.

Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J.G. & Mood, D. P. 2005. *Measurement and evaluation in human performance* (3 rd ed.). Champaign (IL): Human Kinetics.

Navarro, A., S., Fukujima, M., M., Fontes, S., V., Matas, S., L. & Prado, G., F. 2004. Balance and motor coordination are not fully developed in 7 years old blind children. *Arq. Neuropsiquiatr.* 63 (3-A), 654–657.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist S-E. 1992. *Ihmisen fysiologia ja*

anatomia. Porvoo: WSOY:n graafiset laitokset

- Nupponen, H. 1997. 9–16 -vuotiaiden liikunnallinen kehittyminen. LIKES - Research Reports on Sport and Health 106. Jyväskylä: LIKES-Research Center for Sport and Health Sciences. Väitöskirja.
- Nupponen, H. 2004. Kuntotestaus koululaitoksessa. Teoksessa Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen M.. Kuntotestauksen käsikirja. Tampere: Tammer-Paino Oy, 197–203.
- Nupponen, H., Soini, H. & Telama, R. 1999. Koululaisten kunnon ja liikehallinnan mittaaminen. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 118. Jyväskylä: LIKES-tutkimuskeskus. Liikuntakasvatuksen tutkimus- ja kehittämiskeskus.
- Näkövammaisten Keskusliitto ry. 1995. Näkövammaisliikunnan opas. Helsinki.
- Ojamo, M. 2003. Näkövammarekisterin vuosikirja 2002. Helsinki: Vientipaino Oy.
- Ozman, J. C. 1992. Neuromuscular and kinesthetic adaptations following strength training of visually impaired and non-visually impaired children. Microfilm Publications College of Human Development and Performance, University of Oregon Eugene, Ore., 2 microfiches (167 fr.) negative, ill.; 11 x 15 cm. Abstract.
- Pereira, L. M. 1990. Spatial concepts and balance performance: motor learning in blind and visually impaired children. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 84 (3), 109–111.
- Perheentupa, J. & Kantero, R.-L. (toim.) 1975. Kasvu ja kehitys. Lastentautien tutkimussäätiö. Viitattu teoksessa Mero, A., Vuorimaa, T. & Häkkinen, K. 1990. Lasten ja nuorten harjoittelu. Jyväskylä: Mero Oy, 44.
- Person, R. S. 1958. An electromyographic investigation of coordination of the activity of antagonist muscles in man during the development of a motor habit. *Pavlov journal of Higher nervous Activity*, 8, 13–23. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 260.
- Pyykkö, I., Jäntti P. & Aalto, H. 1990. Postural control in elderly subjects. *Age and ageing* 19, 215–221. Viitattu teoksessa Era, P. (toim.) 1997. Ikääntyminen ja liikunta. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108, 58.
- Ragnarsdóttir 1996. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Rusko, H. 1989. Fysiologian ja energianmuodostuksen perusteet. Teoksessa Suomalainen Valmennusoppi. Harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 11–37.
- Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength*

- and power in sport. Oxford: Blackwell scientific publications, 249–265.
- Sale, D. G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) Strength and power in sport. Oxford: Blackwell scientific publications, 281–314.
- Sandström 1993. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Sandström 1994. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Sandström 1995. Viitattu teoksessa Janhunen, S. & Keitel, I. 1997. 8–9 -vuotiaiden näkövammaisten lasten tasapaino. Etelä-Karjalan ammattiopiston julkaisuja. Sarja C: opinnäytteitä 3.
- Schmid, M., Nardone, A., De Nunzio, A., M., Schmid, M. & Schieppati M. 2007. Equilibrium during static and dynamic tasks in blind subjects: no evidence of cross-modal plasticity. *Brain* 130, 2097–2107.
- Schneekloth, L. H. 1989. Play environments for visually impaired children. *Journal of Visual Impairment and Blindness* 83, 196–201. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26, s. 21.
- Schneekloth, L. H. & Day, D. 1980. Comparison of environmental interactions and motor activity in visual handicapped and sighted children (BDH Grant # G007902003). Blacksburg: College of Architecture at Virginia Polytechnic Institute and State University. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26, s. 19, 21.
- Seelye, W. 1983. Physical fitness of blind and visually impaired Detroit public school children. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 77 (3), 117–118.
- Shephard, R. J., Ward, G. R. & Lee, M. 1986. Physical ability of deaf and blind children. Teoksessa Rutenfranz, J. (toim.) ym.. Children and exercise XII. Champaign, Ill: Human Kinetics Publishers, 355–362. Viitattu artikkelissa Lieberman, L. J. & McHugh, E. 2001. Health-related fitness of children who are visually impaired. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 95, 272–287, s. 285.
- Sherrill, C. 1993. Adapted physical education and recreation: A multidisciplinary approach (4th ed.) Dubuque, IA: Brown. Viitattu artikkelissa Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. Adapted

- Physical Activity Quarterly 13, 16–26, s. 21.
- Short, F.X. & Winnick J.P. 1986. The influence of visual impairment on physical fitness test performance. *Journal of visual impairment & blindness* 80(5), 729–731.
- Short, F.X. & Winnick J.P. 1999. *The Brockport Physical Fitness Test Manual. A Health-Related Test for Youths with Physical and Mental Disabilities*. USA: Human Kinetics.
- Short, F.X. & Winnick J.P. 2005. Test items and standards related to muscle strength and endurance on the Brockport Physical Fitness Test. *Adapted Physical Activity Quarterly* 22, 371–400.
- Simons, J. & Renson, R. (toim.) 1982. Evaluation of motor fitness. Report of the European Research Seminar on the Evaluation of Motor Fitness, Leuven, May 13<sup>th</sup>–15<sup>th</sup> 1981. Leuven: Institute of Physical Education of the K.U.Leuven.
- Singh, R. & Singh H. J. 1993. Anthropometric and physiological profiles of active blind Malaysian males. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 33, 378–382.
- Skaggs, S. & Hopper, C. 1996. Individuals with visual impairments: a review of psychomotor behavior. *Adapted Physical Activity Quarterly* 13, 16–26.
- Smith, A. M. 1981. The coactivation of antagonist muscles. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 59, 733–747. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 260.
- Solomonow, M. & Krogsgaard, M. 2001. Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 11, 64–80. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.
- Stemmler, R. 1977. Entwicklungsschübe in der sportlichen Leistungsfähigkeit. *Theorie & Praxis der KK* 4, 278–284. Viitattu teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. 1987. Nopeuden ja nopeuskestävyyden harjoittaminen käytännössä perustuen tutkimustuloksiin ja käytännön kokemuksiin. Teoksessa Mero, A., Peltola, E. & Saarela, J. *Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu*. Jyväskylä, Mero Oy, 94.
- Strand, B. N. & Wilson, R. 1993. *Assessing Sports Skills*. Champaign (IL): Human Kinetics Publishers.
- Stones, M., J. & Kozma, A. 1987. Balance and age in the sighted and blind. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 68 (2), 85–89.
- Szulc, P., Beck, T. J., Marchand, F. & Delmas P. D. 2005. Low skeletal muscle mass is

associated with poor structural parameters of bone and impaired balance in elderly men – the MINOS study. *Journal of Bone and Mineral Research* 20 (5), 721–729.

Tyler, A. E. & Hutton, R. S. 1986. Was Sherrington right about co-contractions?

*Brain Research*, 171–175. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 262.

Uusi-Rasi, K., Sievänen, H., Rinne, M., Oja, P. & Vuori, I. 2001. Bone mineral density of visually handicapped women. *Clinical Physiology* 21 (4), 498–503.

Van Zuylen, E. J., Gielen C. C. A. M. & Denier van der Gon, J. J. 1988. Coordination and inhomogeneous activation of human arm muscles during isometric torques. *Journal of Neurophysiology*. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 2003. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 302.

Viitasalo, J. 1989. Hermo-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa Kantola, H. (toim.). *Suomalainen valmennusoppi. Harjoittelu*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 38–52.

Viitasalo, J., Raninen, J. & Liitsola, S. 1985b. Voimaharjoittelu – perusteet ja käytännön toteutus.

Finntainer Oy. Jyväskylä: Gummerus Oy. Viitattu teoksessa Häkkinen 1990b.

Voimaharjoittelun perusteet, vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy., 25

Wang, W. Y., Chen, S. M. 1999. Balance and muscular strength in normal children aged 9–12 years. *Kaohsiung J Med Sci*. 15 (4), 226–233. Abstract.

Wierzbicka, M. M., Wiegner, A. W. & Shahani, B. T. 1986. Role of agonist and antagonist muscles in fast arm movements in man. *Experimental Brain Research*, 63, 331–340. Viitattu teoksessa Sale, D. G. 1991. Neural adaptation to strength training. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and power in sport*. Oxford: Blackwell scientific publications, 262.

Winter, D. A. 1979. *Biomechanics of human movement*. USA: John Wiley & Sons, 108–126.

Winnick, J. P. & Short, F. X. 1999. *The Brockport Physical Fitness Test Manual*. Human Kinetics.

Wyatt, L., Ng, G. Y. 1997. The effect of visual impairment on the strength of children's hip and knee extensors. *Journal of Visual Impairment & Blindness* 91, 40–46.

Yoon, D., Scott, K., Hill, M., N., Levitt, N., S. & Lambert, E., V. 2006. Review of three tests of motor proficiency in children. *Perceptual and Motor Skills* 102, 543–551.

Zaichowsky, L. D., Cataruzolo, M. & Zaichowsky, L. B. 1980–81. The factor structure of motor ability in visually handicapped children. *Education of the visually handicapped* 12 (4), 100–105.

**LIITE 1****NEUROMUSKULAARINEN SUORITUSKYKY 9 – 12 – JA 13 – 18 –VUOTIAILLA  
SOKEILLA JA NÄKEVILLÄ POJILLA****ESIKYSYMYKSET**

NIMI \_\_\_\_\_

OSOITE \_\_\_\_\_

PUHELINNUMERO \_\_\_\_\_

SYNTYMÄAIKA \_\_\_\_\_

SOSIAALITURVATUNNUS \_\_\_\_\_

**LIIKUNNAN HARRASTUS:**

1. Minkälaista liikuntaa olet harrastanut omatoimisesti tai ohjatusti? Määrittele liikuntalaji, määrä (kerrat viikossa) ja taso (harraste- vai kilpataso).

Koko elämän ajalta:

---



---



---



---

Viime vuodet:

---



---



---



---

**NÄKÖVAMMAISUUS:**

2. Kertoisitko näkövammaisuutesi taustoista ja tämänhetkisestä tilanteesta tai näkövammaisuuden asteesta?

---



---



---

---



---

**TERVEYDENTILA:**

3. Onko Sinulla näkövammaisuutesi ohella tällä hetkellä joitakin liikkumiseen vaikuttavia vammoja (esim. polvissa, käsissä) tai sairauksia (esim. astma, epilepsia, flunssa)?

---



---



---

**KASVU JA KEHITYS:**

4. Pyytäisimme pituuskasvukäyriäsi (kysy kouluterveydenhoitajaltasi kopio tai tulokset oheiseen listaan)

1. lk.	pvm. _____	tulos: _____
2. lk.	pvm. _____	tulos: _____
3. lk.	pvm. _____	tulos: _____
4. lk.	pvm. _____	tulos: _____
5. lk.	pvm. _____	tulos: _____
6. lk.	pvm. _____	tulos: _____
7. lk.	pvm. _____	tulos: _____
8. lk.	pvm. _____	tulos: _____
9. lk.	pvm. _____	tulos: _____
I. lk.	pvm. _____	tulos: _____

5. Äidin pituus tällä hetkellä \_\_\_\_\_

6. Isän pituus tällä hetkellä \_\_\_\_\_

---

Kiitos vastauksistasi! *Vie vastaukset ja suostumus koehenkilöksi (kaikki allekirjoituskohdat täytettynä) kouluterveydenhoitajallesi ja pyydä lisäämään oheiset pituustulokset tai mieluiten kopiaimaan koko kasvukäyrät. Terveystenhoitaja voi postittaa kaikki paperit tässä kuoressa (postimerkki ja osoite valmiina) minulle.*

Elina Holopainen (p. 040 – 702 1118)

---

**LIITE 2****NEUROMUSKULAARINEN SUORITUSKYKY 9 – 12 JA 13 – 16 V SOKEILLA JA  
NÄKEVILLÄ POJILLA**

Elina Holopainen 040 – 702 1118

Keijo Häkkinen

**I MITTAUSPÄIVÄ****ANTROPOMETRIA**

NIMI \_\_\_\_\_

KH.NRO \_\_\_\_\_

HENK. TUNNUS \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

(ilman kenkiä)

pituus \_\_\_\_\_ cm      paino \_\_\_\_\_ kg

BMI \_\_\_\_\_ KG/M<sup>2</sup>

(laskennallinen)

(merkataan pisteet ultrapisteille ja EMG-elektrodeille)

**ULTRAÄÄNIMITTAUKSET (oikea käsi)**triceps \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (seisten, linjasta 2 cm taaksepäin, ei luusta, Huom.  
usein epäselvä kuva)

biceps \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (selinmakuulla, ylempi kalvo!)

**IHOPOIMUT (oikea puoli)**

triceps (käden ojentajasta) \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm

biceps (käden koukistajasta) \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm

subscapularis (lapaluun alta) \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm

supra iliaca (suoliluun yläp. kyljestä) \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm \_\_\_\_\_ mm

triceps ka \_\_\_\_\_ mm      biceps ka \_\_\_\_\_ mm

subscapularis ka \_\_\_\_\_ mm      supra iliaca ka \_\_\_\_\_ mm

yht. \_\_\_\_\_ mm      rasva- % \_\_\_\_\_



**I MITTAUSPÄIVÄ**

NIMI \_\_\_\_\_

KH.NRO \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

**FLAMINGOTESTI** (tarpeeksi tilaa!)

yritykset: ilman laseja (näkevät) \_\_\_\_\_ yht. \_\_\_\_\_ kpl

lopetusaika ja yritysten lkm, jos yli 15 yritystä / 30 s \_\_\_\_\_ s \_\_\_\_\_ kpl

laseilla \_\_\_\_\_ yht. \_\_\_\_\_ kpl

(elektrodit ja goniometri kiinni, glonnerin ja goniometrin boksi eteen! kanavat: 1 ojentaja, 2 hauis, dc 8 kyynär-  
goniometri (huom. yhdistä piuhat pun-pun, musta-musta))

**GONIOMETRIN KALIBROINTI**

kh paikallaan seisten, käsi roikkuu rennosti sivulla 10 s \_\_\_\_\_ ok

**KUNTOPALLON TYÖNTÖ**

(pallo 9 – 12 v 1.5 kg)

istualtaan (tarvittaessa musta koroke jalkojen alla) \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ m

seisaaltaan (sallitaan askel eteen) \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ m \_\_\_\_\_ m

**YLÄRAAJOJEN ISOMETRINEN VOIMA**

penkkipunnerrus (David 200)

säädöt: oteleveys \_\_\_\_\_ cm käsikahvan varren pituus \_\_\_\_\_ cm

käsikahvan varren korkeus \_\_\_\_\_ pykälä

(käsi 90°, käsivarsi hartian tasalla ja kyynärvarsi aisan suuntaisesti, tarvittaessa tyyny pepun alla)

\_\_\_\_\_ kg

\_\_\_\_\_ kg

\_\_\_\_\_ kg

**I MITTAUSPÄIVÄ**

NIMI \_\_\_\_\_

KH.NRO \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

**YLÄRAAJOJEN ISOMETRINEN VOIMA**

koukistus (oikea käsi, voimatuoli)

säädöt: käsituen korkeus (yläreuna) \_\_\_\_\_ cm

kyynärtuen etäisyys (takareuna) \_\_\_\_\_ cm

rannetuen etäisyys (takareuna) \_\_\_\_\_ cm

\_\_\_\_\_ kg

\_\_\_\_\_ kg

\_\_\_\_\_ kg

(vahvistimen piuhan vaihto)

**YLÄVARTALON ISOMETRINEN VOIMA**

(vartalodynamometri, alaosan ylä: suoliluun kärki, yläosan ylä:solisluun alap.)

säädöt: alaosan ylä \_\_\_\_\_ cm yläosan ylä \_\_\_\_\_ cm

vatsat \_\_\_\_\_ kg \_\_\_\_\_ kg \_\_\_\_\_ kg

selät \_\_\_\_\_ kg \_\_\_\_\_ kg \_\_\_\_\_ kg

(sammuta virrat punaisesta kytkimestä, glonnerin ja goniometrin bokseista virrat pois, ultrasta virta pois!)

**II MITTAUSPÄIVÄ**

NIMI \_\_\_\_\_

KH. NRO \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

**BIOIMPEDANSSI**

AAMU KLO \_\_\_\_\_

(Bodystat 1500)

rasva	fat _____ % _____ - _____	mittaustulos suositusalue
	fat _____ kg _____ - _____	rasva-paino suositusalue
rasvaton massa	lean _____ % _____ - _____	lihaksia, vettä ja luita suositusalue
	lean _____ kg _____ - _____	suositusalue
kokonaispaino	total _____ kg _____ - _____	suositusalue
vesi	water _____ % _____ - _____	vesi-% kokonaispainosta suositusalue
	water _____ lt _____ - _____	suositusalue
perusaineenvaihdunta	basal met.rate _____ kJ	arvio (1 kJ = 0,24 kcal)
toiminnall. aineenvaihd.	est.average reg. _____ kJ	arvio
kehon massa indeksi	BMI _____	paino / pituus <sup>2</sup>
impedanssi	_____	kehon sähkö. vastus

**II MITTAUSPÄIVÄ**

NIMI \_\_\_\_\_

KH.NRO \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

(merkataan pisteet ultrapisteille ja EMG-elektrodeille)

**ULTRAÄÄNIMITTAUKSET**vastus medialis \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (äänipää pitkittäin, kallista kehoon päin, luusta lihaskalvoon, selinmakuulla, polvitaiteen alle pehmuste)vastus lateralis \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (kalvosta kalvoon, selinmakuulla, polvitaiteen alle pehmuste)rectus femoris \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (kalvosta kalvoon, äänipää poikittain, selinmakuulla, polvitaiteen alle pehmuste)biceps femoris \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm \_\_\_\_\_ cm (päinmakuulla)**60 M SPRINTTI (Huom. Ei tehty ollenkaan)**

(askelpituudenmittauspaperi 45 m – n. 51 m)

käsiäika \_\_\_\_\_ s

1-20 m (40 m – 60 m) \_\_\_\_\_ s

askelpituus \_\_\_\_\_ cm

askelfrekvenssi \_\_\_\_\_ hz

askelpituus / pituus \_\_\_\_\_

(elektrodit ja goniometri kiinni, glonnerin ja goniometrin boksit eteen! kanavat: 1 vastus lateralis, 2 rectus femoris, 3 vastus medialis, 4 biceps femoris, dc 8 polvigoniometri (huom. piihat pun-pun, musta-musta))

**GONIOMETRIN KALIBROINTI**

kh seisten paikallaan 10 s \_\_\_\_\_ ok

**CMJ**

(vahvistimen näytössä piste, kun hypätään, ei numeroita. Katso, että kantapäät ei nouse)

\_\_\_\_\_ s

\_\_\_\_\_ s

\_\_\_\_\_ s

**II MITTAUSPÄIVÄ**

NIMI \_\_\_\_\_

KH.NRO \_\_\_\_\_

PVM \_\_\_\_\_

**5-LOIKKA**

(lähdetään jalat viivan takaa vierekkäin, 1. loikka oikealle jalalle, alastulo tasan)

\_\_\_\_\_ m          \_\_\_\_\_ m          \_\_\_\_\_ m          \_\_\_\_\_ m

**ALARAAJOJEN ISOMETRINEN VOIMA**

alaraajojen ojennus (voimapenkki)

kulma \_\_\_\_\_ (tavoite 107°)

(tarvittaessa airex-matto selän taakse, 2,5 kg levyt selkänöjan välissä ja kantapää levyn alareunaan)

(vahvistin jalkadynamometri)

\_\_\_\_\_ kg          \_\_\_\_\_ kg          \_\_\_\_\_ kg

**POLVEN KOUKISTUS**

oikean polven koukistus (David 200)

(säädä jalka pyöreästä säätimestä!)

kulma \_\_\_\_\_ (107° tavoite)

selkänöjan säätö \_\_\_\_\_

(turvavyö kiinni, portti kiinni, vapaa jalka tuolille, vahvistin David 200)

\_\_\_\_\_ kg          \_\_\_\_\_ kg          \_\_\_\_\_ kg

(sammuta Digitest erikseen, sammuta muut punaisesta kytkimestä, glonnerin ja goniometrin bokseista virrat pois, ultra virta pois!!)