

**JÄÄKIEKKOILIJOIDEN MAKSIMAALISEN
LUISTELUNOPEUDEN JA ANAEROBISEN KESTÄVYYDEN
ENNUSTAMINEN H/M –SUHTEEN AVULLA**

Mika Toivola

**Pro Gradu -tutkielma
BME.307
Kevät 2008
Liikuntabiologian Laitos
Jyväskylän Yliopisto
Työn ohjaaja: Janne Avela**

TIIVISTELMÄ

Mika Toivola

Jääkiekkoilijoiden maksimaalisen luistelunopeuden ja anaerobisen kestävyuden ennustaminen H/M –suhteen avulla

Jyväskylän Yliopisto

Liikuntabiologian Laitos

Pro Gradu -tutkielma

BME.307

Kevät 2008

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voidaanko Hoffman –refleksin ja M –aallon välisen suhteen (H/M –suhteen) avulla ennustaa jääkiekkoilijoiden maksimaalista luistelunopeutta (V_{max}) ja anaerobista kestävyyttä (V_{anak}). Kestävyyspainotteinen harjoittelu voi kasvattaa hitaiden motoristen yksikköjen kokoa ja vastaavasti voimaharjoittelun on todettu lisäävän nopeiden motoristen yksikköjen määrää.

Tutkimuksen koehenkilöinä oli 16 miespuolista jääkiekkoilijaa, joista 8 oli SM –Liigatason pelaajaa ja 8 B –juniori-ikäistä pelaajaa. Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin maksimaalinen luistelunopeus ja anaerobinen kestävyys jäällä luistellen. Lisäksi mitattiin antropometria ja voimaominaisuudet. Koehenkilöiltä mitattiin nilkka ergometrissä maksimaalinen M –aalto ja H –refleksi.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) ja H/M –suhteen välillä on ennustettavuutta, korrelaatio on melkein merkitsevä 0,461 $p.<0.05$, tämä tulos on yllättävä. Hyppytestien ja maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) välillä on selvä yhteys. Suurin korrelaatio oli maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) ja hypyllä ilman lisäkuormaa (0kg) välillä, 0,712 $p.<0.01$, tulos on merkitsevä. Samoin melkein merkitsevät korrelaatiot olivat maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) ja hyppyjen 20kg ja 40kg lisäkuorman välillä: 0,594 $p.<0.05$ ja 0,469 $p.<0.05$, tulokset ovat melkein merkitseviä. Voiman (F) ja anaerobinen kestävyys (V_{anak}) välillä mitattiin negatiivinen korrelaatio (-0,424 $p.<0.05$). Nykypäivän jääkiekkoilijoilla korostetaan yhä enenevässä määrin luisteluvoiman (luistelun anaerobinen nopeus) merkitystä.

Oikeaoppisella harjoittelulla fyysisesti ja teknisesti voidaan varmasti vielä parantaa pelaajien luisteluominaisuuksia. Tämä tutkimus omalta osaltaan korostaa / todistaa luistelutekniikan merkitystä, varsinkin maksimaalisella nopeudella luisteltaessa. Taloudellinen ja tehokas luistelutekniikka parantaa pelaajan maksimaalista luistelunopeutta ja anaerobisen luistelun kapasiteettia.

Avainsanat: H –refleksi, M –aalto, H/M –suhde, jääkiekon luistelutekniikka, maksimivoima, anaerobinen kestävyys (Vanak), maksimaalinen luistelunopeus (V_{max})

SISÄLLYS

	TIIVISTELMÄ	2
1.	JOHDANTO	7
2.	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA -TOIMINTA	8
	2.1 Keskus- ja ääreishermosto	
	2.2 Motorisen yksikön rakenne ja –toiminta	8
	2.2.1 Hermostollinen komponentti	9
	2.2.2 Lihaskomponentti	9
	2.2.3 Motorisen yksikön rekrytointi	10
	2.2.4 Motorisen yksikön syttymistiheys	10
	2.2.5 Hermoimpulssin eteneminen M.Y:ssä	10
	2.2.6 Sensoriset reseptorit	11
3.	LIHAKSEN VOIMANTUOTTO	13
	3.1 Lihaksen toimintatavat	14
	3.2 Lihaspituuden vaikutus lihaksen voimantuottoon	14
	3.3 Voima-nopeus riippuvuus	15
	3.4 Voima-aika riippuvuus	16
4.	HOFFMANNIN REFLEKSI	18
	4.1 H –refleksi	18
	4.2 M –aalto	19
	4.3 H/M –suhde	19
	4.4 H/M –suhde ja harjoittelu	20
5.	LUISTELUN BIOMEKAANISET TEKIJÄT	21
	5.1 Eteenpäin luistelun tekniikka	21
	5.1.1 Luistelun eri vaiheet	21
	5.1.1.1 Työntövaihe	22
	5.1.1.2 Liukuvaihe	22
	5.1.1.3 Palautusvaihe	22

	5.1.2	Maksimaalinen nopeus	22
	5.1.3	Anaerobinen nopeus	23
	5.1.4	Luistelussa käytettävät lihakset	24
	5.1.5	Optimaaliset nivelkulmat	24
	5.1.6	Voimantuoton suunta	24
	5.1.7	Luistelun frekvenssi	25
6.		TUTKIMUKSEN TARKOITUS	26
7.		TUTKIMUSMENETELMÄT	27
	7.1	Koehenkilöt	27
	7.2	Protokolla	27
	7.3	Mittaukset	27
	7.3.1	Luistelutestit	27
		7.3.1.1 Maksimi nopeus	28
		7.3.1.2 Anaerobinen kestävyys	28
	7.3.2	Laboratoriotestit	28
		7.3.2.1 Maksimivoima	28
		7.3.2.2 Voimanopeuskäyrä	28
		7.3.2.3 Antropometria	29
		7.3.2.4 H –refleksi, M –aalto ja H/M –suhde	29
	7.3.3	Tilastolliset analyysit	30
8.		TULOKSET	31
	8.1	Suorituskyky muuttujat	31
	8.2	H –refleksi, M –aalto ja H/M –suhde	33
	8.3	Antropometria	34
	8.4	Korrelaatiot	35
	8.5	Vertailut	35
		8.5.1 Vmax vs H/M –suhde	35
		8.5.2 F vs Vmax	36
		8.5.3 Vanak vs Vmax	36

8.5.4	H/M –suhde vs Vanak	37
8.5.5	F vs Vanak	37
8.5.6	F vs H/M –suhde	38
8.5.7	Hypyt 0kg vs Vmax	38
8.5.8	Hypyt 20kg vs Vmax	39
8.5.9	Hypyt 40kg vs Vmax	39
9.	POHDINTA	40
	LÄHTEET	42

1. JOHDANTO

Jääkiekkoilijan merkittävimpiin, jopa merkittävin fyysinen ja/tai tekninen liikesuoritus on kokonaisvaltainen luistelutekniikka. Fyysisten ominaisuuksien optimaalinen hyödyntäminen yhdistettynä teknisesti oikeaoppiseen suoritukseen mahdollistaa tehokkaan luistelusuorituksen.

Luistelutekniikka koostuu teknisesti monesta eri osatekijästä, joita yhdistelemällä fyysiset elementit hyväksikäyttäen tehokas luistelusuoritus mahdollistuu. Maksimivoima, maksimaalinen etenemisnopeus ja anaerobinen kestävyys kaikki vaikuttavat kokonaissuoritukseen.

Keskeisenä osana tätä tutkielmaa on H –refleksi (Hoffmann) joka on ulkoisesti sähköisellä stimulaatiolla aikaansaatu refleksi. Sen avulla voidaan mitata/tutkia alfa-motoneuroni altaan eksitoitumisen tilaa. Sähköisellä stimulaatiolla aikaansaadaan maksimaalinen H –refleksi. Tällöin eksitoituvat hitaat motoriset yksiköt. Kun taas maksimaalisen M –aallon aikana eksitoituvat taas kaikki lihaksen motoriset yksiköt. Eli H –refleksin koko riippuu hitaiden motoristen yksikköjen rekrytoitumisen määrästä.

Tutkittaessa ainoastaan alfa-motoneuronaltaan eksitoitumisen tilaa, H –refleksin arvo suhteutetaan M –aallon arvoon. Tämä tehdään usein laskemalla H –refleksin ja M –aallon maksimiarvoista H/M –suhde.

On todettu, että kestävyysharjoittelu lisää hitaiden motoristen yksiköiden rekrytoitumista ja kokonaismäärää. Samoin sen osuutta lihaksessa suhteessa nopeisiin motorisiin yksiköihin (Casabona ym. 1990, Maffioletti ym. 2001). Toisaalta voimaharjoittelun on todettu lisäävän nopeiden solujen rekrytoitumista ja niiden kokonaismäärää lihaksessa suhteessa hitaisiin soluihin. Harjoittelulla voidaan vaikuttaa H/M –suhteeseen. Maksimaalisen H/M –suhteen on huomattu kasvavan selkeästi kestävyysharjoittelun ja laskevan voimaharjoittelun jälkeen. (Casabona ym. 1990 , Maffioletti ym. 2001).

Tämän tutkielman tarkoituksena oli tutkia ja selvittää voidaanko H/M –suhteen avulla ennustaa jääkiekkoilijoilla maksimaalista luistelunopeutta ja anaerobista kestävyyttä.

2. HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN RAKENNE JA -TOIMINTA

Ihmisen hermolihaskäyttöjärjestelmä jaetaan keskus- ja ääreishermostoon. Näiden yhteistoiminta mahdollistaa lihaksen tahdonalaisen supistumisen ja muut elementit, jotka mahdollistavat liikkumiseen tarvittavat liikesuoritukset.

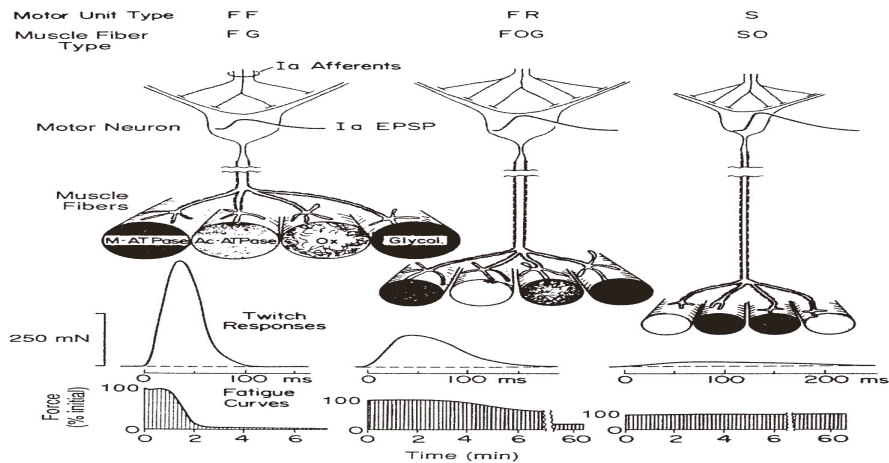
2.1 Keskus- ja ääreishermosto

Ihmisen hermolihaskäyttöjärjestelmä jaetaan toiminnallisesti ja rakenteellisesti keskus- ja ääreishermostoon. Keskushermosto voidaan jakaa kahteen osaan. Aivoihin (ja sen eri osat) ja selkäyttimeen. Ääreishermostoon kuuluu motoriset ja sensoriset hermot. Tahdonalaisen lihaksen käsky lähtee aivoista, joista se kulkeutuu selkäytimen kautta alfa-motoneuronin pitkin ko. lihakseen ja saa näin aikaan mahdollisen lihassupistuksen. Sensoriset hermot tuovat vastaavasti lihaksesta ja sen tietyistä osista (Golgin jänne-elin, lihasspindelit (lihassukkula)) viestejä takaisin keskusjärjestelmään (tällöin vaikutus ko. lihaksen toimintaan voi olla joko fasilitoiva tai inhiboiva). (Enoka 2001, 121 - 143).

2.2 Motorisen yksikön rakenne ja -toiminta

Motorisella yksiköllä tarkoitetaan yhden motorisen hermon (alfamotoneuronin) hermottamia lihassoluja. Motorisen yksikön koko riippuu sen hermon hermottamien lihassolujen lukumäärästä. Hyvin tarkkaa hienomotoriikkaa vaadittavissa liikkeissä yhdessä motorisessa yksikössä voi olla vain muutama lihassolu. Suurta voimantuottoa vaadittavissa liikkeissä yksi motorinen hermo voi hermottaa jopa useita satoja lihassoluja.

Keskushermoston kautta saapuva tahdonalainen tai reflektorisesti syntyvä supistuskäsky etenee sähköisenä impulssina ääreishermostossa motorista hermoa pitkin ja lopulta siirtyy motorisesta hermostosta hermo-lihasliitoksen kautta tiettyjen kemiallisten välittäjäaineiden avustamana itse lihassoluun ja saa aikaan kaikissa ko. motorisen hermon hermottamissa lihassoluissa lähes samanaikaisen lihassupistuksen. Motorinen yksikkö onkin ihmisen hermolihaskäyttöjärjestelmän pienin lihassupistuksen (voimaa tuottava) tuottava osa. (Kuva 1) (McComas 1991, Enoka & Stuart 1992, Enoka 2001, 151 - 159).



KUVA 1. Kuvassa motorisen yksikön rakenne ja -toiminta (Enoka 2001, 158).

2.2.1 Hermostollinen komponentti

Motorisen yksikön hermostolliseen komponenttiin kuuluu motorinen hermo (eli ns. liikehermo (alfamotoneuroni). Sähköinen impulssi, tullessaan keskushermostoa pitkin alfamotoneuroniin kulkeutuu eli synaptoituu lihassoluihin. (Kernell & Hultborn, 1990 , Kernell 1992).

Motorinen hermo jakautuu lihaksessa lukuisiin päätehaaroihin. Niistä jokainen liittyy hermo-lihasliitoksen avulla yhteen lihassoluun. (Kernell & Hultborn, 1990 , Enoka 2001, 151 - 152).

2.2.2 Lihaskomponentti

Lihassolutasolla lihasfiiberit/ -solut voidaan jakaa mekaanisen ja kemiallisen toimintansa avulla nopeaan (IIa, IIB -luokka) tai hitaaseen (I-luokka) lihasfiiberiin. Nopeat motoriset yksiköt rekrytoituvat nopeammin ja tuottavat pääsääntöisesti enemmän voimaa kuin samankokoiset hitaat motoriset yksiköt. Ne myös relaxoituvat nopeammin. Toisaalta nopeat motoriset yksiköt väsyvät nopeammin kuin hitaat motoriset yksiköt. (Enoka 2001, 152 - 157).

Pääosin kaikissa ihmisen luurankolihaaksissa on nopeita ja hitaita motorisia yksiköitä. Kuitenkin niin, että lihaksen päätehtävän mukaan toinen lihastyyppe (nopeat / hitaat motoriset yksiköt) on hallitseva. Nopeita lihassoluja hermottavat motoriset hermosolut

ovat kooltaan suurempia verrattuna hitaita lihassolutyyppejä sisältäviä lihaksia hermottamiin hermosoluihin. (Peters 1989 , Windhorst ym. 1989 , Enoka 2001, 155 - 157).

2.2.3 Motorisen yksikön rekrytointi

Motoristen yksikköjen rekrytointia (ja frekvenssiä eli syttymistiheyttä) säätelee keskushermosto. Motoristen yksiköiden rekrytoinnilla tarkoitetaan käytettävien motoristen yksiköiden lukumäärää. Motoriset yksiköt rekrytoidaan aktivaatiotasoa nostettaessa suuruusjärjestyksessä pienimmästä alkaen. Motoristen yksikköjen rekrytointijärjestykseen vaikuttaa vaadittava voimataso: pienillä voimatasoilla rekrytoidaan hitaat motoriset yksiköt ensin ja sen jälkeen nopeat. Lihassolun väsyminen aiheuttaa maksimivoimatason vähenemistä. Tällöin motorinen yksikkö ei saa kaikkia yksiköitään maksimaalisesti rekrytoitua ja näin voimataso heikkenee. (Enoka & Stuart 1984 , Enoka & Stuart 1992 , Enoka 2001, 151 - 157).

2.2.4 Motorisen yksikön syttymistiheys

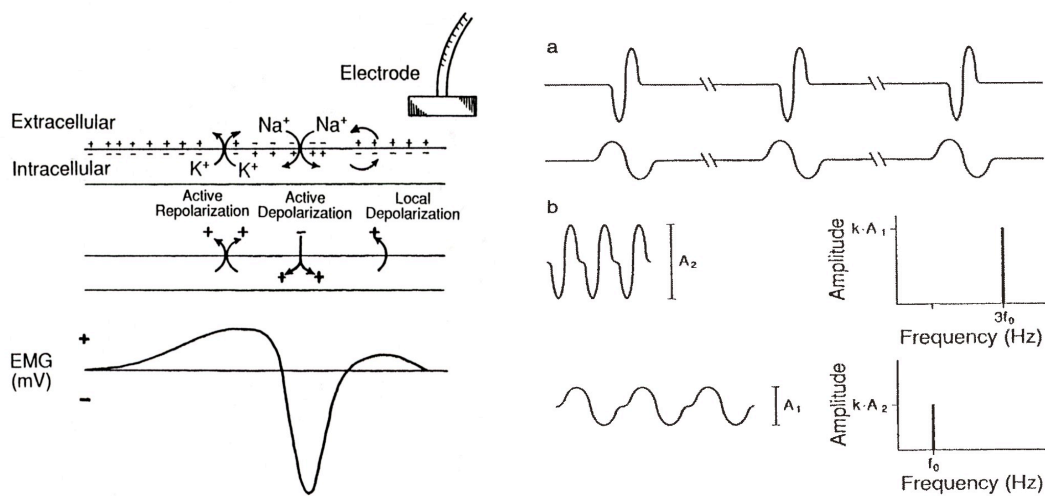
Motoristen yksikköjen syttymistiheyttä eli frekvenssiä säätelee keskushermosto. Tällä tavalla keskushermosto voi säädellä lihaksen voimantuottoa. Esimerkiksi liikesuorituksissa motorinen yksikkö tuottaa tavallisesti ärsykeitä lihakseen toistuvilla supistumisärsykkeillä. Tällöin motorisen yksikön syttymistiheys määrittää ko. lihaksen lihassolujen supistumisen ja relaksoitumisen. Motoristen yksikköjen syttymistiheyden kasvaminen aiheuttaa myös voiman potentioitumisen, jolloin suurempi ja nopeampi voimantuotto on mahdollista. (Enoka & Stuart 1984 , Enoka 2001, 151 - 157).

2.2.5 Hermoimpulssin eteneminen motorisessa yksikössä

Keskushermostoa pitkin saapuva sähköinen viesti eli ns. aktiopotentiaali (ns. toimintajännite, hermo- tai lihasimpulssi) etenee motorista hermoa pitkin ja siirtyy hermo-lihasliitoksen eli synapsin kautta välittäjäaineiden avulla lihassoluun. Lihassolussa syntyy oma aktiopotentiaali, joka aiheuttaa lihassolun supistumisen. Aktiopotentiaalın samanaikainen saapuminen päätehaaroihin ja niiden hermottamiin lihassoluihin saa aikaan näiden lihassolujen lähes samanaikaisen supistumisen. (Pääsuke ym. 1999 , Enoka 2001, 151 - 171).

Aktiopotentialin eteneminen hermosolussa sen solukalvoa pitkin mahdollistuu aktiopotentialin ja lepopotentialin vaihteluilla. Tällöin solukalvon läpäisevyys natriumioneille muuttuu. Aktiopotentialin saapuessa natrium-ionit läpäisevät hermon solukalvon nopeasti ja aktiopotentiali etenee hermon solukalvolla. Natrium-ioneja on läpäissyt hermon solukalvon niin runsaasti, että hermosolun negatiivinen varaus on hetkellisesti muuttunut positiiviseksi (Kuva 2a). Hyvin lyhyen ajan kuluttua (n tuhannesosa sekuntia) aktiopotentialin alkamisesta solukalvo muuttuu jälkeä natrium-ioneja läpäisemättömäksi mutta vastaavasti taas kalium-ioneja hyvin läpäiseväksi. Näin aktiopotentiali pääsee etenemään hermosolussa sen solukalvoa pitkin ja lepopotentiali palaa jälkeä. (Kuva 2a). (Enoka 2001, 151 - 171).

Aktiopotentiali siirtyy hermolihasliitoksen kautta välittäjäaineiden avulla lihassoluun. (Kuva 2a, 2b) (Pääsuke ym. 1999 , Enoka 2001, 167 - 169).



KUVA 2 a) Na ja K⁻ionien toiminta aktiopotentialin aikana (Enoka 2001, 167).

KUVA 2 b) Frekvenssi analyysi yhden motorisen yksikön alusta ja lopusta (a) sekä frekvenssi – amplitudi kuvaaja (b). (Enoka 2001, 169)

2.2.6 Sensoriset reseptorit

Lihassoluista keskushermostoon tulevat viestit kulkevat sensorisia hermoja pitkin. Lihassolujen pituuden muutoksista tai nopeista voimantuoton muutoksista hermostollisia viestejä lihassoluista tuottavat sensoriset reseptorit eli lihassukkula (lihaspituuden muutokset eli lihasspindeli) ja Golgin jänne-elin (voimatason muutokset). (Enoka 2001, 138 - 143).

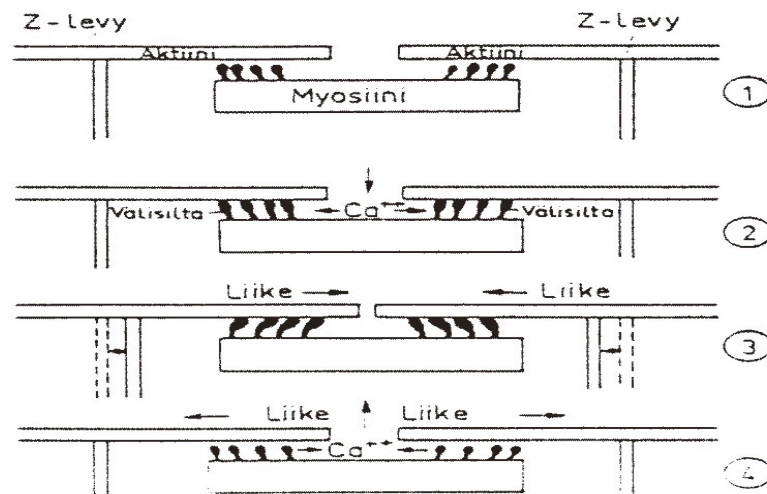
Lihassukkula aistii lihassolun pituuden muutoksia. Niitä on eniten lihaksen keskiosassa. Nopeissa lihassoluissa lihassukkuloita on hitaita enemmän. Vaikutus voi olla fasilitoiva tai inhiboiva. Lihasta venytettäessä lihassukkula aktivoituu eli se pyrkii reflektorisesti supistamaan lihassoluja. Näin lihassolujen aktivoiminen tehostuu. (Enoka 2001, 138 - 141).

Lihaksen jänteessä sijaitseva Golgin jänne-elin pyrkii reflektorisesti inhiboimaan liian suuren kuorman/voiman syntymistä lihaksen jänteeseen. Golgin jänne-elin toimiikin ns. suojaimekanismina liian suurien supistumisvoimien vastaan. (Enoka 2001, 141).

3. LIHAKSEN VOIMANTUOTTO

Ihmisen luurankolihakset muodostuvat lihassolukimpuista, jotka taas muodostuvat yksittäisistä lihassoluista. Sarkomeeri on lihassolun pienin itse supistuva osa. Vierekkäiset sarkomeerit erottaa toisistaan ns. Z-levy. Tähän kiinnittyvät ns. aktiinifilamentit. Lihassolun pituussuunnassa sijaitsevat ns. myosiinifilamentit ovat ko. sarkomeerin keskellä keskiosassa. (Kuva 3). (Enoka 2001, 123 - 134).

Hermaa pitkin saapuva aktiopotentiaali saa lihassolussa aikaan kemiallisen reaktion niin, että sarkomeerissa sijaitsevat aktiini- ja myosiinifilamenttien välissä olevat poikittaissillat vetävät näitä filamentteja toisiinsa lyhentäen näin sarkomeeria. Nyt peräkkäiset sarkomeerit lyhenevät ja näin lihas supistuu. (Kuva 3). (Whalen 1985 , Enoka 2001, 123 – 134, 172 - 173).



KUVA 3. Lihassolun supistustapahtuma (Viitasalo ym. 1985).

3.1 Lihaksen toimintatavat

Lihaksen toimintatavat eli supistumistavat jaetaan niiden erilaisen lihaksen ulkoisen pituuden muutoksien eroavuuksien mukaan kahteen toimintatapaan. Isometriseen ja dynaamiseen supistustapaan. (Enoka 2001, 304 - 308).

Lihaksen isometrinen supistuminen tarkoittaa sitä, että lihaksen ulkoinen pituus ei muutu. Lihassoluissa syntynyttä sisäisen pituuden muutosta ylläpidetään siis samansuuruisena tietyn ajan. (Enoka 2001, 304 - 308).

Lihaksen dynaaminen supistumistapa tarkoittaa lihaksen sisäisen pituuden muuttumista. Dynaaminen lihassupistus jaetaan vielä konsentriseen (lihassolut supistuvat ja lihaspituus lyhenee) ja eksentriseen (lihassolut supistuvat ja lihaspituus pitenee) lihastyöhön. Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on suurimmillaan eksentrisessä lihastyössä ja pienimmillään konsentrisessä lihastyössä. (Enoka 2001, 304 - 308).

Elastisen energian (jänne, lihassolujen sidekudokset) merkitys voimantuotossa vaikuttaa omalta osaltaan ulkoiseen voimantuottoon. Ulkoisen voiman aiheuttama venytys aktiivisesti toimivaan lihakseen (siis eksentrisen supistus) vapauttaa elastista energiaa, mikäli ulkoista venytystä seuraa välittömästi lihaksen supistuminen (eli konsentrisen supistus). (Enoka 2001, 304 - 308).

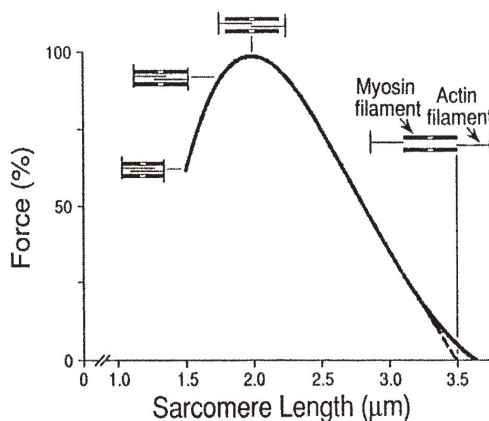
Elastisen energian varastoituminen lihaksistoon vaatii, että ulkoisen voiman johdosta venytettävä lihas on aktiivinen. Mitä useampia elastisia välisiltoja on sarkomeerissä aktiini-myosiini –filamenttien väliin muodostunut hermoston suuren aktiivisuuden takia venytyshetkellä (eksentrisen supistus), sitä tehokkaammin lihas pystyy (ko. välisiltoja avaamatta) vastustamaan ulkoista venytystä ja näin hyödyntämään syntyvän elastisen energian. Nopea ulkoinen venytys myös aktivoi lihassukkuloita, joka mahdollistaa suuremman supistumiskäskyn. (Enoka 2001, 129 - 133).

3.2 Lihaspituuden vaikutus lihaksen voimantuottoon

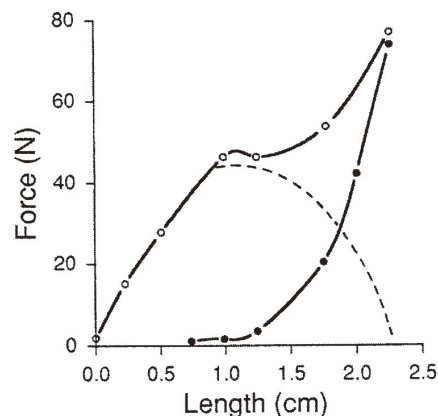
Lihassolun sarkomeerien aktiini- ja myosiinifilamenttien välillä olevien välisiltojen määrä muuttuu sarkomeerin pituuden muutoksien myötä. Sarkomeerin tuottama voima on suurimmillaan sen keskipituudella (Kuva 4a). Tällöin ko. poikittaissiltojen lukumäärä on korkeimmillaan. Jos sarkomeeri on vastaavasti äärimmilleen venynyt tai supistunut

aktiivisten poikittaissiltojen määrä on pienempi kuin esimerkiksi sarkomeerin keskipituudella. Näin sarkomeerin voimantuotto on vähäisempää. (Kuva 4a). (Ralston ym. 1947, Lieber 1992, Enoka 2001, 129 - 133).

Nivelkulmalla voimantuoton suuruuteen on suuri merkitys. Sarkomeerissa poikittaissiltojen lukumäärä on suurimmillaan lihassolun keskipituudella. Tällöin koko lihaksen voimantuotto on suurimmillaan. Optimaalinen voimantuotto saadaan aikaan eri lihaksissa sellaisella nivelkulmalla milloin lihassolujen sarkomeereissa aktiini-myosiini – filamenttien sijainti toisiinsa nähden on paras mahdollinen (ko. filamenttien välisiä poikittaissiltoja on eniten). (Kuva 4 a ja b). (Westing ym. 1990, Enoka 2001, 129 - 133).



KUVA 4 a) Lihaksen supistumisvoima, sarkomeerin pituus (Enoka 2001, 201).

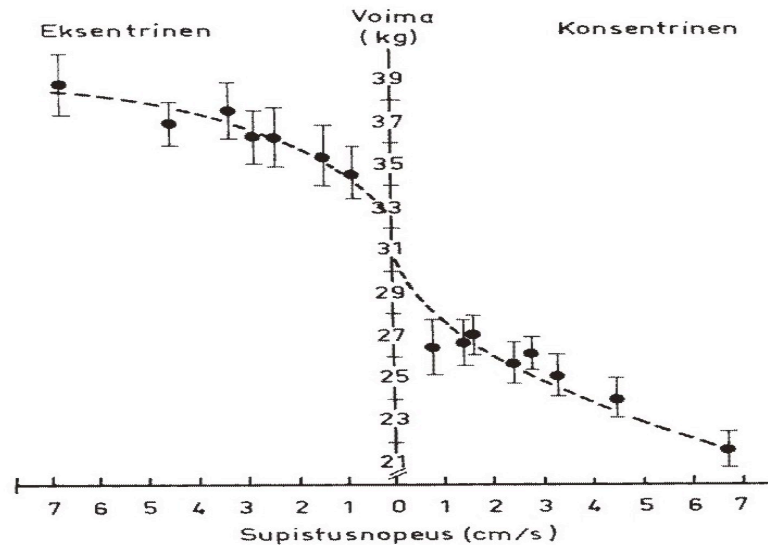


KUVA 4 b) Voima ja lihaspituus (Enoka 2001, 201).

3.3 Voima-nopeus –riippuvuus

Lihaksen supistumisnopeus vaikuttaa lihastyötavasta riippuen lihassolujen kykyyn tuottaa voimaa. Mitä kevyempi on ulkoinen vastus konsentrisessä lihastyössä, sitä suuremmalla nopeudella sitä voidaan liikuttaa eli voimantuotto vähenee konsentrisessä lihastyössä sen mukaa mitä nopeammin ulkoinen kuorma liikkuu. Vastaavasti eksentrisessä lihastyössä

lihassolun tuottama voima on suurimmillaan mitä nopeammin eksentrisen lihassupistus tapahtuu. Eli lihaksen supistumisnopeuden lisääminen kasvattaa eksentrisen- ja konsentrisen lihastyön voimatasojen eroa. (Kuva 5). (Westing ym. 1990 , Enoka 2001, 206 - 208).



KUVA 5. Lihaksen voima-nopeus -käyrä konsentrisessä ja eksentrisessä lihastyössä (Komi 1973).

3.4 Voima-aika -riippuvuus

Lihaksen voimantuottoa tahdonalaisesti säädellään yksittäisten motoristen yksikköjen syttymistiheyden ja aktiivisten yksiköitten lukumäärää kontrolloimalla. Keskushermostolla on keskeinen merkitys tahdonalaisen lihassupistuksen kontrolloimisessa. Mitä enemmän ja nopeammin keskushermosto pystyy aktivoimaan motorisia yksikköjä, sitä suurempi on tuotettava voima. (Enoka 2001, 206 - 208).

Motorisen yksikön voima-aika -riippuvuudella on erittäin suuri merkitys nopeassa ja maksimaalisessa voimantuotossa. Mahdollisimman suuren voiman tuottaminen maksimaalisella nopeudella riippuu siitä, miten keskushermosto pystyy rekrytoimaan

mahdollisimman monta nopeata motorista yksikköä mahdollisimman suurella syttymistiheydellä. Lihaksen solujakaumalla on erittäin suuri merkitys maksimaalisessa nopeassa voimantuotossa. (Enoka 2001, 206 - 208).

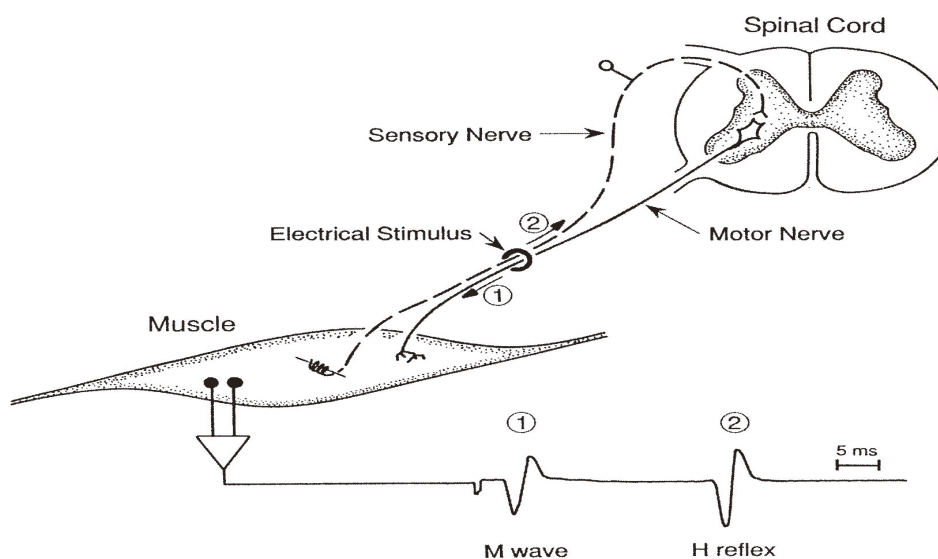
4. HOFFMANNIN REFLEKSI

Aktiopotentiali ja sen eteneminen saavat lihaksessa aikaan lihasnykäyksen. Lihaskäyvä kasvaa aktiopotentialin kasvaessa ja näin myös lihaksen voimantuotto kasvaa. Hoffmannin refleksi (H –refleksi) ja siihen liittyvä M –aalto, ovat keinotekoisesti ulkoisella sähköstimulaksella aikaansaatuja vasteita. (Trimbe & Enoka 1991 , Pääsuke 1999 , Enoka 2001, 177 - 179).

4.1 H –refleksi

H –refleksi on monosynaptinen refleksi, joka noudattaa samaa refleksikaarta kun venytysrefleksi. H –refleksin mittauksessa käytetään ulkoista sähköistä stimulusta (kuva 6). Näin voidaan kiertää ja ohittaa mm. lihasspindelin ja muidenkin lihaksen sensoristen reseptorien vaikutus ja toiminta. Näin ollen, H –refleksi mittaa vain alfa motoneuronialtaan eksitoinumisen tilaa ja merkitystä. (Kuva 6). (Wolpaw 1987 , Maffiuletti ym. 2000 , Enoka 2001, 177 - 179).

Alfa motoneuronit ja Ia afferentit hermot kulkevat samassa hermorungossa. Sähköllä stimuloitaessa ärsyyntyvät selkäyttimeen johtavat Ia afferentit. Tästä seuraten sähköinen stimulus saa aikaan aktiopotentialin, joka kulkee selkäyttimeen synaptoituen alfa motoneuroniin. Aktiopotentiali kulkee alfa motoneuronia pitkin lihaksen aiheuttaen lihaksessa aktiopotentialin leviämisen (kuva 6). (Wolpaw 1987, Enoka 2001, 177 - 179).



KUVA 6. H-refleksin refleksikaari (Enoka 2001, 178).

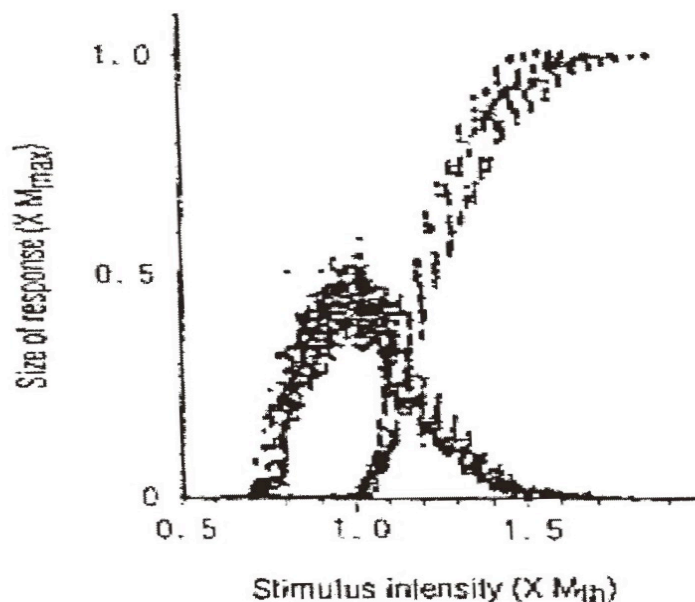
4.2 M –aalto

M –aalto on H –refleksiä aikaisemmin tuleva vaste sähköiselle stimulukselle. M –aalto kuvaa alfamotoneuronien eksitoitumista ulkoisen sähköisen stimuluksen seurauksena. M –aalto on lihaksen suora vaste motorisen hermon stimuloinnille. Se on siis suora vaste alfamotoneuronin aksonista. Näin ollen, alfamotoneuroniallas ei vaikuta M- aaltoon. (Wolpaw 1987 , Trimble & Enoka 1991 , Maffiuletti ym. 2000 , Enoka 2001, 177 - 179).

4.3 H/M –suhde

Ulkoisen sähköstimuluksen kasvaessa H –refleksi antaa ensin vasteen ja stimuluksen edelleen voimistuessa H –refleksi ensin heikkenee ja myöhemmin M –aallon kasvaessa häviää kokonaan. H/M –suhde kertoo vain alfamotoneuronialtaan herkkyydessä tapahtuvista muutoksista. Lihassolussa ja hermolihhasliitoksessa tapahtuvat vaikutukset aktiopotentiaalin saadaan näin eliminoitua. (Enoka 2001, 177 - 179).

Yleisimmin käytetty menetelmä määrittellä H/M –suhdetta on käyttää H –refleksin ja M –aallon maksimaalisia arvoja. Niiden avulla lasketaan H/M –suhde (H_{max}/M_{max} : eli H_{max} jaettuna M_{max} :lla). (Casabona ym. 1990, Nielsen ym. 1993 , Maffiuletti ym. 2000).



KUVA 7. H-refleksin ja M –aallon herkkyykäyrät (Funase ym. 1994).

4.4 H/M –suhde ja harjoittelu

Harjoittelulla on huomattu ja todettu olevan vaikutusta H/M –suhteeseen (Casabona ym. 1990). Maksimaalisen H –refleksin aikana aktivoituvat lähinnä hitaat motoriset yksiköt. Maksimaalisen M –aallon aikana aktivoituvat kaikki lihaksen motoriset yksiköt.

H –refleksin suuruus riippuu hitaiden motoristen yksiköiden rekrytoitumisesta ja niiden kokonaismäärästä. (Casabona ym. 1990 , Maffioletti ym. 2000).

Voimaharjoittelun on todettu lisäävän nopeiden solujen rekrytoitumista ja niiden kokonaismäärää lihaksessa suhteessa hitaisiin soluihin. Tästä johtuen H/M –suhde laskee voimaharjoittelun / nopeusvoimaharjoittelun johdosta. Kestävyysharjoittelu taas lisää hitaiden motoristen yksiköiden rekrytoitumista ja niiden kokonaismäärää suhteessa nopeisiin motorisiin yksiköihin. Näin maksimaalinen H/M –suhde kasvaa. Tutkimus osoittaa, että voimaharjoittelu pienentää H/M –suhdetta ja kestävyysharjoittelu kasvattaa H/M –suhdetta (Maffioletti ym. 2001 , Casabona ym. 1990 , Maffioletti ym. 2000).

5. LUISTELUN BIOMEKAANISET TEKIJÄT

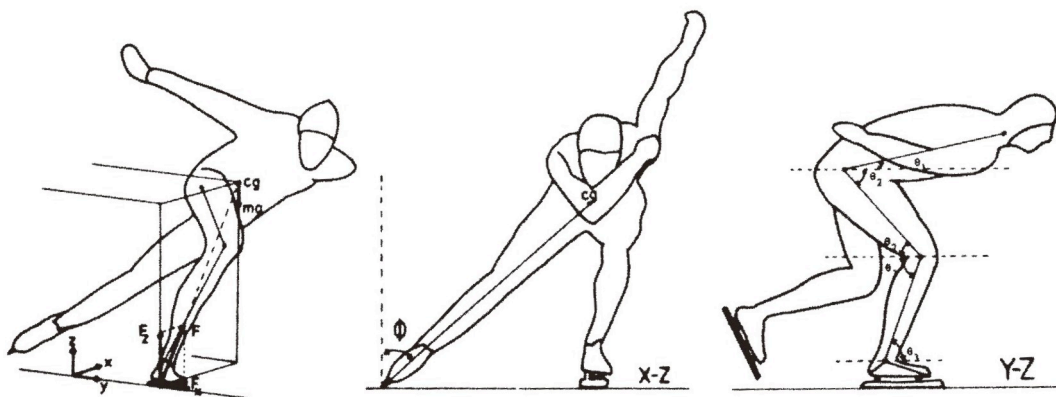
Luistelu on monivaiheinen liikkumisen muoto ja liikesarja tahdonalaisessa lihaksistossa. Tätä liikesarjaa koordinoi keskus- ja ääreishermosto. Luistelussa lihaskoordinaatiolla ja voimantuoton koordinaatiolla, suunnalla ja suuruudella on keskeinen merkitys oikeaoppisen liikesarjan aikaansaamiseksi. (Montgomery 1988).

5.1 Eteenpäin luistelun tekniikka

Etuperin- ja takaperin luistelu eroavat toisistaan. Voimantuoton suunta ja suuruus vaihtelevat. Liikesarjassa käytettävät lihakset aktivoituvat eri järjestyksessä ja hieman eri voimakkuuksilla. (Dillman ym. 1984 , Montgomery 1988).

5.1.1 Luistelun eri vaiheet

Luistelutekniikkaa koordinoi keskushermosto. Luistelu voidaan jakaa teknisesti kolmeen päävaiheeseen (Kuva 8). Jokainen vaihe on merkityksellinen oikeaoppisessa liikesuorituksessa. (Dillman ym. 1984 , de Koning ym. 1988a , de Koning ym. 1988b , de Koning ym. 1991).



KUVA 8. Luistelun eri vaiheet: liukuvaihe, työntövaihe ja palautusvaihe.

5.1.1.1 Työntövaihe

Työntövaiheen saa aikaan keskushermostosta lähtevä käsky, joka koordinoi aktivoituvat lihakset ja voimantuotto alkaa. Tällöin oikeaoppisesti liikesarja alkaa ”ylhäältä” jo keskivartalon lihaksista ja liikesarja etenee nivelkulmien muuttuessa alaraajan eri nivelissä ja näin voimantuotto on tehokkaimmillaan ja suurimmillaan aivan työntö eli ns. voimantuottovaiheen lopussa jolloin luistimen terä irtoaa alustasta. Voimantuoton tulisi alkaa ns. kehon painopisteen alapuolelta ja näin työntövaiheesta tulisi mahdollisimman pitkä ja tehokas. (van Ingen Schenau ym. 1985 , de Koning ym. 1987 , de Koning ym. 1988a , Jobse ym. 1990 , de Koning ym. 1991).

5.1.1.2 Liukuvaihe

Teknisesti oikeinsuoritettussa luistelussa liukuvaiheella tarkoitetaan kirjaimellisesti sitä luistelun vaihetta kun luistin liukuu alustan pinnassa. Liukuvaiheen alussa kehon painopiste on liukuvan alaraajan päällä ja liukuvaiheen edetessä painopiste jakautuu tasaisemmin. Oikeaoppinen liukuvaihe mahdollistaa tehokkaan voimantuoton alustaan ja näin tehokas eteenpäin vievä voimantuotto mahdollistuu. Liukuvaihe loppuu kun liukuva alaraaja nostetaan pois alustan pinnalta (de Boer ym. 1987 , de Koning ym. 1987 , de Koning ym. 1988a , de Koning 1991).

5.1.1.3 Palautusvaihe

Luistelun kolmas vaihe alkaa kun liukuvaihe loppuu ja luistin irtoaa alustasta. Kun luistin on ilmassa palautettu takaisin maksimaalisesta ojennuksesta takaisin kehon painopisteen alle toisen luistimen viereen, palautusvaihe on loppunut ja muuttuu taas liikesarjan mukaisesti työntövaiheeksi. (de Boer ym. 1987 , de Koning ym. 1987 , de Koning ym. 1988a , de Koning 1991).

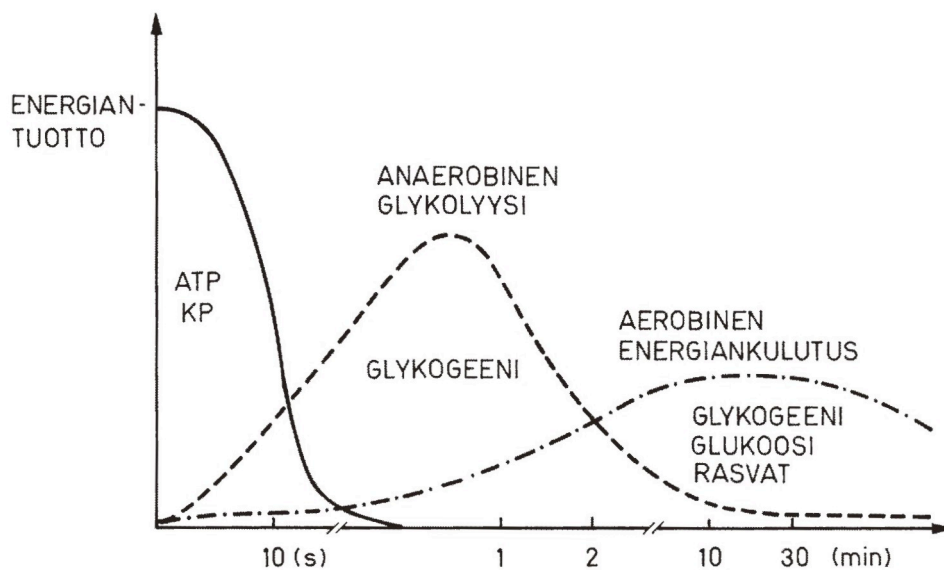
5.1.2 Maksimaalinen nopeus

Luistelussa maksimaalisen nopeuden saavuttamiseksi vaaditaan teknisesti oikeaoppista liikesarjaa ja hermolihasjärjestelmän maksimaalista voimantuottoa. Lihassolujakaumalla on myös suuri merkitys maksimaalisen nopeuden saavuttamiseen ja sen ylläpitoon (nopeat- / hitaat motoriset yksiköt)(de Koning ym. 1988a). Maksimaaliseen nopeuteen vaikuttaa voimantuotto ja sen suunta. Samoin liikesarjan optimaalinen frekvenssi mahdollistaa maksimaalisen nopeuden saavuttamista. Teknisesti oikeaoppinen luistelu on

tietenkin erittäin keskeisessä asemassa saavutettaessa maksimaalinen nopeus. Alaraajojen nivelkulmat eri voimantuoton vaiheilla on aina suhteessa muuhun teknisiin osasuorituksiin. (de Koning ym. 1988a , de Koning ym. 1988b , de Koning ym. 1991).

5.1.3 Anaerobinen nopeus

Liikesarjan keston saavuttaessa tietyn ajan riippuen koehenkilön fyysisistä valmiuksista, koehenkilön elimistö alkaa tuottaa liike-energiaa anaerobisesti. Luistelussa liikesuoritus kuormittaa useita eri lihasryhmiä ja lihaksia (Dillman ym. 1984). Tällöin maksimaalisen nopeuden ylläpitoon koehenkilöllä ei riitä energiaa kovinkaan pitkäksi aikaa vaan liikesuoritus muuttuu ennen pitkään energiantuotoltaan anaerobiseksi. (Kuva 9). (Dillman ym. 1984 , de Koning ym. 1987).



KUVA 9. Energialähteiden käyttö ja vastaava suoritus aika (mukaeltu Keul ym. 1969).

5.1.4 Luistelussa käytettävät tärkeimmät alaraajojen lihakset

Luistelun kolmessa eri vaiheessa (työntö- , liuku- ja palautusvaihe) alaraajojen lihaksien aktivoiminen ja aktivointi järjestys ja –voimakkuus vaihtelevat. Pääsääntöisesti on todettu, että oikeaoppisessa luistelussa liikesarjaa etenee ns. ylhäältä keskivartalosta alaspäin aina jalkaterän pienimpiin lihaksiin asti. (de Boer ym. 1987 , de Koning ym. 1987).

Tärkeimmiksi alaraajojen lihaksiksi luistelussa voidaan mainita gluteus maximus (gm), rectus femoris (rf), vastus medialis (vm) ja vastus lateralis (vl). Hamstring lihakset reiden takaosassa ovat takaperin luistelussa selkeästi aktiivisemmin liिकासuorituksessa mukana. Pohjelihakset kaiken kaikkiaan (gastronemius) ovat varsinkin työntövaiheen loppuvaiheessa, aktiivisia ja mahdollistavat pienempien jalkaterän lihaksien kanssa voimantuoton loppuvaiheen työntövaiheen lopussa. (de Boer ym. 1987 , de Koning ym. 1987).

5.1.5 Nivelkulmat

Optimaaliset nivelkulmat alaraajojen nivelissä mahdollistavat suuren voimantuoton ja sen optimaalisen suunnan (de Koning ym. 1987). Optimaaliset nivelkulmat riippuvat paljolti myös koehenkilön fyysisistä valmiuksista tuottaa voimaa ja suunnata sitä oikein. Optimaalisen nivelkulman käyttö ja loppuun asti toteutettu maksimaalinen ojennus mahdollistaa maksimaalisen voimantuoton ja –nopeuden. (de Koning ym. 1987 , de Koning ym. 1988a , de Koning ym. 1988b).

Nivelkulmat muuttuvat suuremmiksi liikesarjan edetessä ns. ylhäältä alaspäin. Työntövaiheen lopussa alaraajan tulisikin olla maksimaalisessa ojennuksessa, jotta kaikki voima kohdistuisi eteenpäin vieväksi voimaksi alustaa vastaan. (de Koning ym. 1987 , de Koning ym. 1988a , de Koning ym. 1988b).

5.1.6 Voimantuoton suunta

Alaraajojen voimantuoton suunta riippuu paljolti muusta teknisestä suorituksesta ja koehenkilön käyttämistä nivelkulmista liikesuorituksen aikana. Optimaalinen voimantuoton tulisikin suuntautua maksimaalisesti n 50 asteen kulmassa takaviistoon. (de Boer ym. 1987 , de Koning ym. 1987).

5.1.7 Luistelun frekvenssi

Luistelun frekvenssin määrittäminen optimaaliselle tasolle yleisesti on hyvin vaikeaa, koska se riippuu liiaksi muusta luisteluteknisistä muuttujista. Yleisesti on kuitenkin todettu, että mitä nopeammin ja mitä voimakkaammin työntövaihe suoritetaan optimaalisilla nivelkulmilla voimantuoton suuruuden ja –nopeuden suhteen on näin eteenpäin vielä liike-energia suurimmillaan. (de Koning ym. 1991).

6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämä tutkimus pyrki selvittämään jääkiekkoilijoiden luisteluominaisuuksia ja menetelmiä, joilla näitä ko. ominaisuuksia voidaan ennustaa.

Tässä työssä pyrittiin selvittämään mittauksia ja testejä hyväksikäyttäen minkälaiset ominaisuuden vaaditaan nopealta ja/tai anaerobisesti hyvät kestävyysominaisuudet omaavalta jääkiekkoilijalta. Luisteluominaisuudet mitattiin maksimaalista luistelunopeutta ja anaerobista luistelunopeutta mittaavilla testeillä. Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin alaraajojen nopeuteen ja voimantuottoon liittyviä ominaisuuksia mm. refleksimittauksia ja muita testejä hyväksikäyttäen.

Keskeinen tutkimusongelma on tutkia ja selvittää, voidaanko H/M –refleksiä mittaamalla (H –refleksin ja M –aallon huippuamplitudit sekä niiden aiheuttaman lihasnykäyksen ominaisuudet) ja määrittämällä ennustaa urheilijoiden nopeus-/kestävyysominaisuuksia. Eli mikä on alfa motoneuronialtaan syttymisherkkyys ja aktivointikyky?

7. TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä tutkimuksessa oli 16 miespuolista jääkiekkoilijaa. Kahdeksan (8) koehenkilöistä oli edustustason (SM-Liigatason) pelaajaa. Toiset kahdeksan (8) koehenkilöistä oli B-juniori pelaajaa. Kaikilta koehenkilöiltä kysyttiin erikseen suostumus tutkimukseen ja tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista. Testien keskeytyskriteereinä oli koehenkilön oma tuntemus niin halutessaan.

7.2 Protokolla

Tämä tutkimus voidaan jakaa kahteen pääosa-alueeseen. Jäällä mitattiin maksimaalinen luistelunopeus ja anaerobinen luistelukestävyys.

Lisäksi koehenkilöiltä mitattiin ns. laborioritellit: maksimaaliset H –refleksi ja M –aalto, voimanopeus –ominaisuudet eli maksimaalisen hyppykorkeuden mittaaminen eri vastuksilla (lisäpainoilla), maksimivoima eli lihastyötavaltaan isometrinen alaraajojen maksimivoima (David 210-dynamometri) ja antropometriset mittaukset.

7.3 Mittaukset

Luistelutellit suoritettiin omatoimisen lämmittelyn jälkeen kahdella eri tavalla. Maksimaalisen luistelunopeustestin koehenkilöt suorittivat ensin ja n.15 minuutin palautuksen jälkeen anaerobisen luistelutestin. Kaikilla koehenkilöillä lajinomaisina testivarusteina olivat luistimet, maila, kypärä ja hanskat.

Laborioritellit suoritettiin myös kaksivaiheisesti. Ensimmäisessä vaiheessa mittaukset pitivät sisällään antropometriset mittaukset, maksimivoimamittaukset ja voimanopeus –ominaisuuksien testaus. Seuraavassa vaiheessa mitattiin jokaiselta koehenkilöltä H –refleksi ja M –aalto.

7.3.1 Luistelutellit

Luistelutestissä maksiminopeuden mittaamiseen käytettiin valokennoja (Newtest, Oulu Finland). Anaerobisessa testissä mittausprotokollana oli ennalta merkattua rataa luisteltu matka.

7.3.1.1 Maksiminopeus

Maksiminopeutta mitattaessa mittaustulokset mitattiin siis valokennojen (Newtest, Oulu Finland) avulla. Luisteltava matka jokaisella koehenkilöllä oli 30 metriä. Suorituksen lähtö tapahtui paikaltaan ns. omatoimisena lähtönä mittaajan antaman merkin jälkeen. Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin kolme (3) suoritusta, joista paras tulos valittiin.

7.3.1.2 Anaerobinen kestävyys

Anaerobista kestävyyttä mitattaessa koehenkilöt luistelivat 45 sekuntia maksimaalisella nopeudella ennalta merkattua rataa pitkin. Suorituksia jokaisella oli kuusi (6) ja ensimmäisestä sekä viimeisestä suorituksesta mitattiin 45 sekunnin aikana koehenkilön luistelema matka. Jokaisen suorituksen jälkeen lepoaika oli kaksi (2) minuuttia. Näin vähentämällä viimeisen suorituksen matka ensimmäisestä, voitiin matkan mahdollisella erotuksella määritellä koehenkilöiden anaerobista väsymystä ja kestävyysominaisuuksia.

7.3.2 Laboratoriotestit

7.3.2.1 Maksimivoima

Maksimivoima koehenkilöiltä määriteltiin isometrisen maksimivoiman avulla. Mittaukset suoritettiin voimapenkissä istuen (David 210-dynamometri, David fitness and medical, Suomi). Maksimaalinen voimantuotto mitattiin ja analysoitiin voimapenkin voimalevyanturia vastaan ponnistetulla maksimaalisella isometrisellä puristuksella. Polvikulma jokaisella koehenkilöllä oli 130 astetta. Yrityksiä jokaisella koehenkilöllä oli jokaisen oma haluama määrä.

7.3.2.2 Voimanopeus -ominaisuudet

Voimanopeus -ominaisuuksien mittaamiseen koehenkilöt suorittivat neljällä eri ulkoisella lisäkuormalla suoritettua kevennyshyppyä (CMJ). Hypyistä analysoitiin kehon painopisteen nousukorkeus lentoajan perusteella. Jokainen koehenkilö sai suorittaa niin monta suoritusta jokaisella painolla kuin vain halusi ja paras tulos analysoitiin. Ulkoiset kuormat olivat: 0 kg, 20 kg, 40 kg ja 60 kg.

7.3.2.3 Antropometria

Jokaiselta koehenkilöltä mitattiin samalla tavalla ns. antropometriset ominaisuudet. Pituus (cm), paino (kg), rasvaprosentti ja reisiluun (femur) ja sääriluun (tibia) pituudet, sekä reisilihaksen (QF) kahden eri kohdan (RF ja VM) ympärystymitta ja ko. kohtien ihopoimujen paksuus.

Rasvaprosentti mittauksissa mitattiin ihopoimujen paksuudet. Ihopoimujen paksuus mitattiin neljästä (4) eri kohdasta: Hauislihaksen (BB) keskikohdasta, ojentajalihaksen (TB) keskikohdasta, lapaluun kohdalta ja suoliluun kohdalta. Näin laskettiin ihopoimujen yhteispaksuus ja näin määriteltiin jokaisen rasvaprosentti. (Durnin & Womersley, 1974).

Reisiluun (femur) ja sääriluun (tibia) pituudet mitattiin mittanauhaa käyttäen nivelraosta nivelrakoon mittaamalla. Reisilihaksen (QF) paksuus mitattiin kahdesta kohdasta. Rectus femoriksen (RF) paksuimmasta kohdasta mittaamalla ympärystymitta mittanauhaa käyttäen ja samoin vastus medialiksen (VM) paksuimman kohdan ympärystymitta. Samoista reisilihaksen kohdista mitattiin RF:en ja VM:en paksuimpien kohtien ihopoimujen paksuus.

7.3.2.4 H –refleksi, M –aalto ja H/M –suhde

Refleksimittaukset suoritettiin jokaiselle koehenkilölle seuraavasti. Ulkoinen sähköstimulus annettiin istuvassa asennossa tutkittavan vasen jalka kiinni nilkkaergometrissä polvikulman ollessa 130 astetta. Nilkkakulma oli 90 astetta. Sähköstimulus (Neuropack Four Mini, Japan) annettiin tibialis –hermoon fossa poplitean kohdalle. Seisten määriteltiin ensin oikea stimulointipaikka. Katodina toimi kertakäyttöinen EKG –elektrodi (Ag/AgCl 1,5 x 1,5 cm, Niko, Denmark), anodin (5 x 8 cm) sijainti oli patellan yläpuolella. H –refleksin ja M –aallon stimulointiin käytettiin 1 ms mittaisia yksittäisiä kanttiaaltoja 0,2 Hz taajuudella. Sähköinen intensiteetti säädettiin aiheuttamaan maksimaalinen H –refleksi ja maksimaalinen M –aalto.

Maksimaalisesta H –refleksistä ja M –aallosta analysointiin ja määriteltiin maksimit eli huipusta – huippuun –amplitudi (Neuropack Four Mini, Japan). Tämän lisäksi analysoitiin maksimaalisen H –refleksin aikaisen M –aallon huipusta – huippuun –amplitudi, jonka jälkeen laskettiin Hmax/Mmax –suhde.

7.3.3 Tilastolliset analyysit

Tuloksista laskettiin muuttujille keskiarvot ja keskihajonnat. Lisäksi eri muuttujien välisiä korrelointeja keskenään testattiin Pearsonin korrelaatiokertoimien avulla.

8. TULOKSET

Tämän tutkimuksen tulokset on selitetty ja havainnollistettu kahdella eri osiolla. Ensimmäisessä osiossa tulokset selitetään suoraan testeistä saamalla perustaulukoilla. Toisessa osiossa saamien perustuloksien pohjalta on analysoitu eri muuttujien välinen vertailu, jota tutkimus pyrkii selittämään ja havainnollistamaan tarvittavin taulukoin ja kuvaajin.

8.1 Suorituskyky muuttujat

Maksimivoimamittauksissa koehenkilöiden väliset erot olivat varsin suuret. Parhaan voimatason saavutti koehenkilö nro 6 arvolla 411 kg ja matalimman voimatason saavutti koehenkilö nro 10 arvolla 303 kg. Keskiarvo maksimivoimamittauksissa oli 374 kg ja keskihajonta oli 37,1.

Luistelutestit olivat kaksivaiheiset. Maksimaalisessa nopeustestissä ratkaiseva tulos oli luisteltu aika. Anaerobisessa testissä tarkasteltava muuttuja oli tietyssä ajassa luisteltava matka ja erotus (eli ensimmäisen ja kuudennen erotus).

Maksimaalisessa luistelunopeudessa saadut erot olivat pieniä, johtuen luisteltavan matkan lyhydestä. Nopein aika oli kuusi (6) sekuntia ja vastaavasti hitain aika oli 7,2 sekuntia. Keskiarvo maksimaalisessa luistelutestissä oli 6,7 sekuntia ja keskihajonta oli 0,3.

Anaerobisessa luistelutestissä pienin erotus (1 luistelu vs. 6 luistelu) oli vain 17 metriä ja suurin erotus oli 64 metriä. Koehenkilö, jonka erotus oli vain 17 metriä oli ensimmäisessä luistelussa neljänneksi (4) heikoin mutta viimeinen luistelu oli vastaavasti toiseksi paras. Parhaat luisteltavat matkat olivat: ensimmäisessä 349 metriä ja viimeisessä luistelussa 291 metriä. Heikoimmat vastaavasti olivat: ensimmäisessä 288 metriä ja viimeisessä 238 metriä. Matkojen erotuksen keskiarvo oli 38,8 metriä ja keskihajonta 14,2. Ensimmäisen luistelun keskiarvo oli 305,1 metriä ja keskihajonta 16,3. Kuudennen luistelun keskiarvo oli 266,9 metriä ja keskihajonta 15,6.

Voimanopeuskäyrän tulokset ovat varsin mielenkiintoiset. 0 kilogrammalla suoritettu esikevennyshyppy antoi keskiarvoksi 36,7 senttimetriä keskihajonnan ollessa 4,9. Suurin nousukorkeus oli 47,2 senttimetriä ja heikoin 29,6 senttimetriä. 60 kilogramman lisäpainolla suoritettu esikevennyshypyn keskiarvo oli 16,6 senttimetriä (keskihajonnan ollessa 3,8). Paras tulos oli 22,6 senttimetriä ja heikoin 11,2 senttimetriä. (Taulukko 1).

Huomioitavaa tuloksissa on se, että sama koehenkilö (khlö 16) saavutti suurimmat hypyn nousukorkeudet jokaisella lisäpainolla (0 kg, 20 kg, 40 kg ja 60 kg). (Taulukko 1).

TAULUKKO 1.

Suorituskyky muuttujat: Maksimivoima, luistelutestit ja hyppytestit

Koehenkilö:	Vmax		Vanak			Voimanopeus – hyppytestit (cm)			
	F (kg)	(m/s)	1 suoritus	6 suoritus	Erotus	0kg	20kg	40kg	60kg
<i>Khlö1</i>	327	6,9	321	278	43	39,1	31	22	16,9
<i>Khlö2</i>	407	6	299	267	32	30,5	21,4	16,1	13,3
<i>Khlö3</i>	393	6,8	303	277	26	31,6	19,7	14,3	11,2
<i>Khlö4</i>	313	6,5	316	259	57	34,2	27,3	21,5	15,3
<i>Khlö5</i>	319	6,6	298	266	32	29,6	23,2	17,6	12
<i>Khlö6</i>	411	6,4	290	252	38	31,3	25,2	19,6	15,7
<i>Khlö7</i>	387	6,7	310	291	19	36,4	28,8	21,1	16,2
<i>Khlö8</i>	378	7	304	240	64	41,7	28,5	19,2	13,7
<i>Khlö9</i>	403	6,8	300	263	37	39	30,9	25,2	20,3
<i>Khlö10</i>	303	6,3	288	238	50	34,3	26,5	21,6	16
<i>Khlö11</i>	383	7,2	349	290	59	42	34,2	27,3	20,9
<i>Khlö12</i>	366	6,5	293	257	36	32,5	24,5	18,3	11,9
<i>Khlö13</i>	398	6,5	314	276	38	40	33	25,7	21,8
<i>Khlö14</i>	409	6,7	300	283	17	38,6	31,2	26,4	21,5
<i>Khlö15</i>	385	6,7	317	268	49	39	29,6	21,1	15,8
<i>Khlö16</i>	402	7	280	265	23	47,2	36,8	28,8	22,6
Keskiarvo:	374	6,7	305,1	266,9	38,8	36,7	28,2	21,6	16,6
Keskihajonta:	37,1	0,3	16,3	15,6	14,2	4,9	4,7	4,1	3,8

8.2 H –refleksi, M –aalto ja H/M –suhde

H/M –suhde oli suurin koehenkilöllä nro 11 , jonka H/M –suhde oli 0,97. Pienin H/M-suhde oli koehenkilöllä nro 10 arvolla 0,18. H/M –suhteen keskiarvo oli 0,59 ja keskihajonta oli 0,24. (Taulukko 2).

TAULUKKO 2.

Refleksimittaukset: H –refleksi, M –aalto ja Hmax/Mmax -suhde

KOEHENKILÖT:	H-Refleksi (mV)	M-Aalto (mV)	H/M
<i>Khlö1</i>	2,1	9,8	0,21
<i>Khlö2</i>	3,5	7,6	0,46
<i>Khlö3</i>	4,5	6,5	0,68
<i>Khlö4</i>	4	6,4	0,63
<i>Khlö5</i>	8,7	11,5	0,76
<i>Khlö6</i>	1,3	5,6	0,24
<i>Khlö7</i>	8,4	9,3	0,91
<i>Khlö8</i>	6,7	10	0,67
<i>Khlö9</i>	4,8	6,1	0,78
<i>Khlö10</i>	1,2	6,7	0,18
<i>Khlö11</i>	4,1	4,2	0,97
<i>Khlö12</i>	3,1	4,5	0,70
<i>Khlö13</i>	6,7	11,2	0,6
<i>Khlö14</i>	1,3	2,9	0,47
<i>Khlö15</i>	7,6	10,7	0,71
<i>Khlö16</i>	3,6	6,93	0,52
Keskiarvo:	4,5	7,5	0,59
Keskihajonta:	2,5	2,6	0,23

8.3 Antropometria

Koehenkilöiden antropometriset mittaukset osoittavat koehenkilöiden keskiarvopituudeksi 178,1 senttimetriä (keskihajonta 8,1). Keskipaino 76,8 kilogrammaa (keskihajonta 12,6). Rasvaprosentin keskiarvo oli 14,3 (keskihajonta 3,1). Femurin ja tibian keskipituudet olivat 44,3 ja 41,9 senttimetriä (keskihajonnat olivat 3,1 ja 2,6). Vastus medialiksen ja rectus femorikset paksuimpien kohtien ympärystymittojen keskiarvot olivat 44,1 ja 56,5 senttimetriä (keskihajonnat olivat 3,8 ja 5,5). (Taulukko 3).

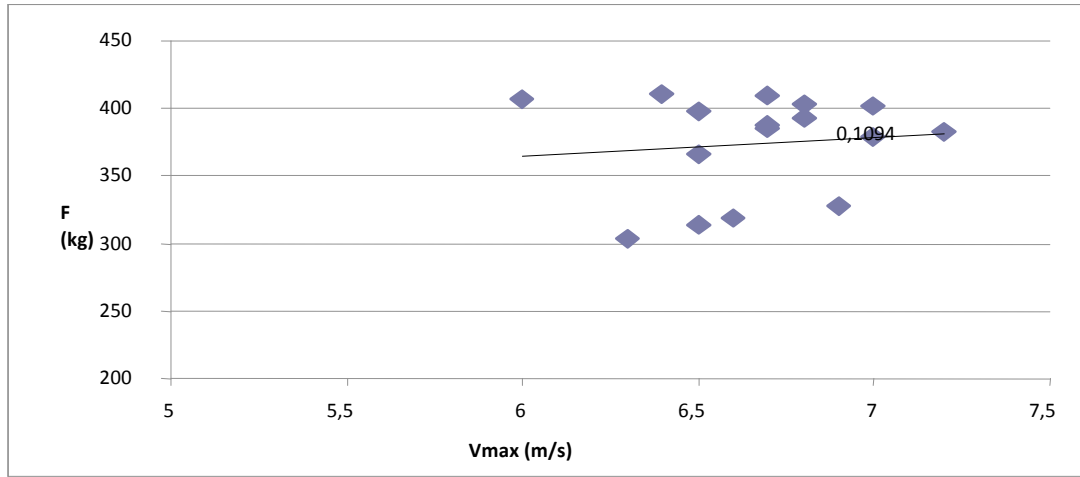
TAULUKKO 3.

Antropometriset ominaisuudet.

<u>KOEHENKILÖ:</u>	Pituus	Paino	R-%	Femur	Tibia	VM	RF	VM ihop	RF ihop
<i>Khlö1</i>	178	71,2	9,8	44	41	42	54,5	9	9,6
<i>Khlö2</i>	165	54,5	10,7	39	36,5	40	48	7,8	8
<i>Khlö3</i>	174,2	63,3	12,9	43	39	39	49	11,2	10,4
<i>Khlö4</i>	182,6	84,4	16,8	44	43	44,5	58	14,6	15,6
<i>Khlö5</i>	178	68,9	11,9	40,5	42	43,5	55	11,2	12
<i>Khlö6</i>	171	71,3	18,6	43,5	41	41	49,5	11,4	12,5
<i>Khlö7</i>	168	77,5	17,5	43	39	45	60,5	19	21,4
<i>Khlö8</i>	167,6	59,9	11,7	42	40	39	50,5	7,2	6,8
<i>Khlö9</i>	182	90,5	17,2	45	43	51	63	12,8	22
<i>Khlö10</i>	185	84	15,8	45	44	47	60,5	14,6	16,2
<i>Khlö11</i>	188,5	83	8,6	50,5	45	47	58	6,8	7,8
<i>Khlö12</i>	182,6	76,5	13,5	44	42	42	56	12	15,2
<i>Khlö13</i>	186	94,3	17,9	47	44	49	64	12,8	16,2
<i>Khlö14</i>	193	100,4	17	51	47	49	64	17	16,4
<i>Khlö15</i>	174	68,7	13,7	43	42,5	40,5	52	7,2	8
<i>Khlö16</i>	174	79,7	15,3	45	42	45,5	62	9,2	18,4
Keskiarvo:	178,1	76,8	14,3	44,3	41,9	44,1	56,5	11,5	13,5
Keskihajonta:	8,1	12,6	3,1	3,1	2,6	3,8	5,5	3,6	4,9

8.5.2 F vs Vmax

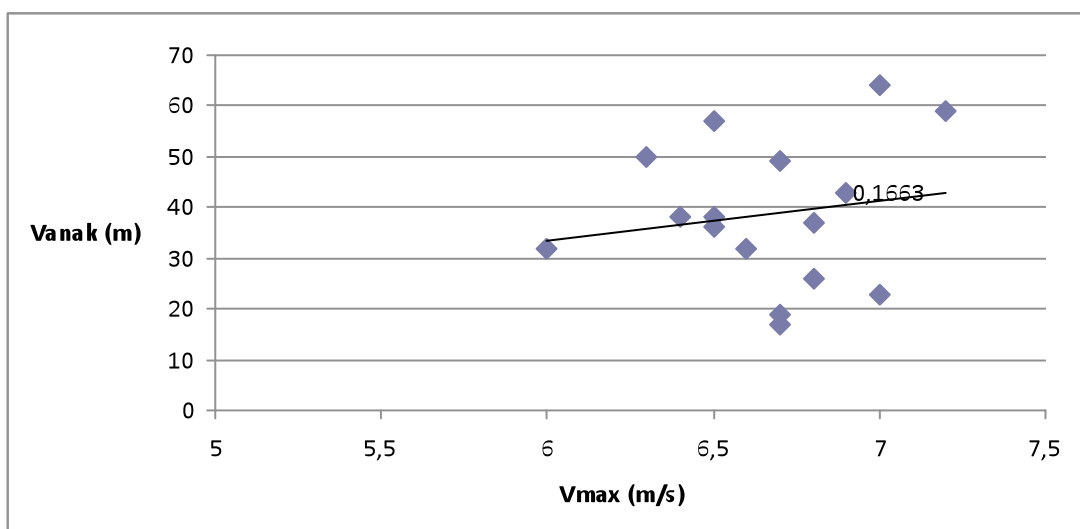
F:n (Voiman) ja Vmax:n (maksimaalinen luistelunopeus) välinen korrelaatio on (0,1094). Tästä johtuen selvää yhteyttä näiden kahden muuttujan välillä ei ole.



KUVA 11. F ja Vmax välisen suhteen vertailu.

8.5.3 Vanak vs Vmax

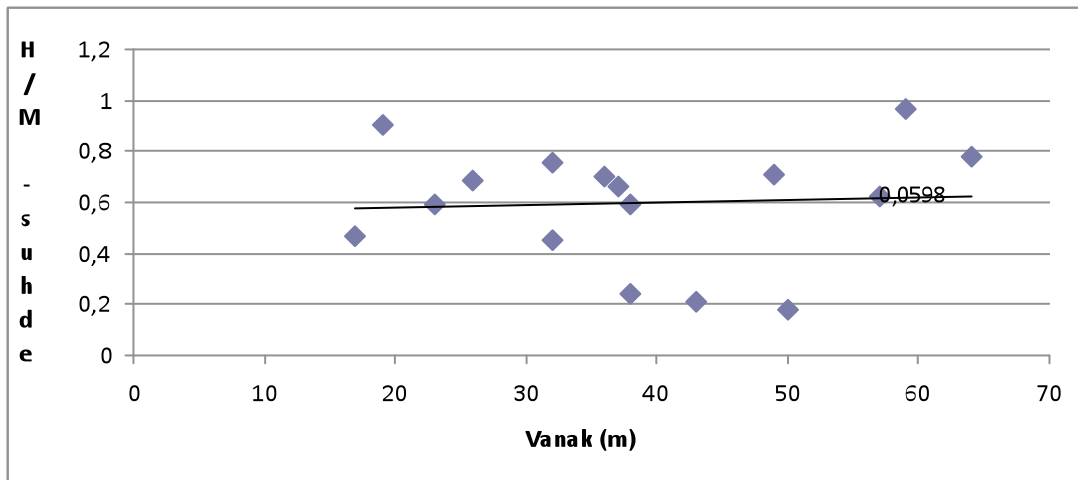
Vanak (anaerobinen kestävyys) ja Vmax (maksiminopeuden) välinen suhde ei ole merkitsevä tulos. Näiden kahden muuttujan välinen korrelaatio on 0,1663. Hajonta on iso anaerobisen kestävyys osalta.



KUVA 12. Vanak ja Vmax välisen suhteen vertailu.

8.5.4 H/M –suhde vs Vanak

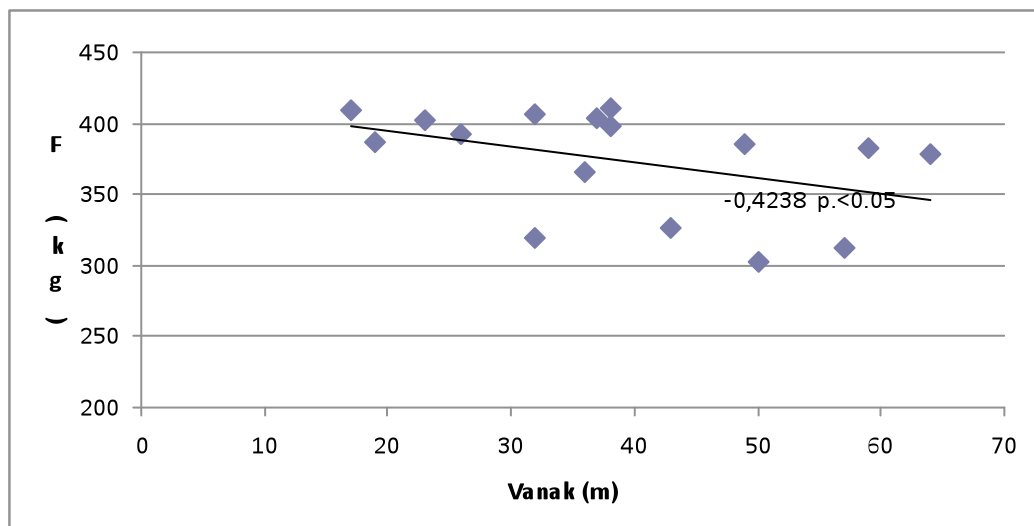
H/M –suhteen ja Vanak (anaerobinen kestävyys) välinen suhde on yllättävä. Korrelaatio on 0,05983. Tulos ei ole merkitsevä.



KUVA 13. H/M –suhteen ja Vanak:n välinen vertailu.

8.5.5 F vs Vanak

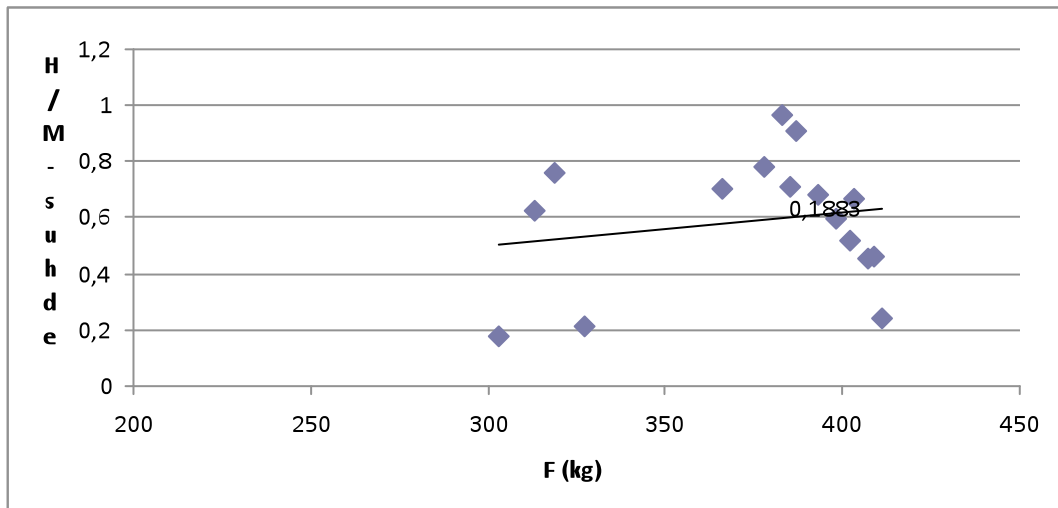
F:n (voiman) ja Vanak (anaerobisen kestävyden) välinen korrelaatio on negatiivinen: -0,4238 $p < 0.05$, tulos on melkein merkitsevä.



KUVA 14. F:n ja Vanak välisen suhteen vertailu.

8.5.6 F vs H/M –suhde

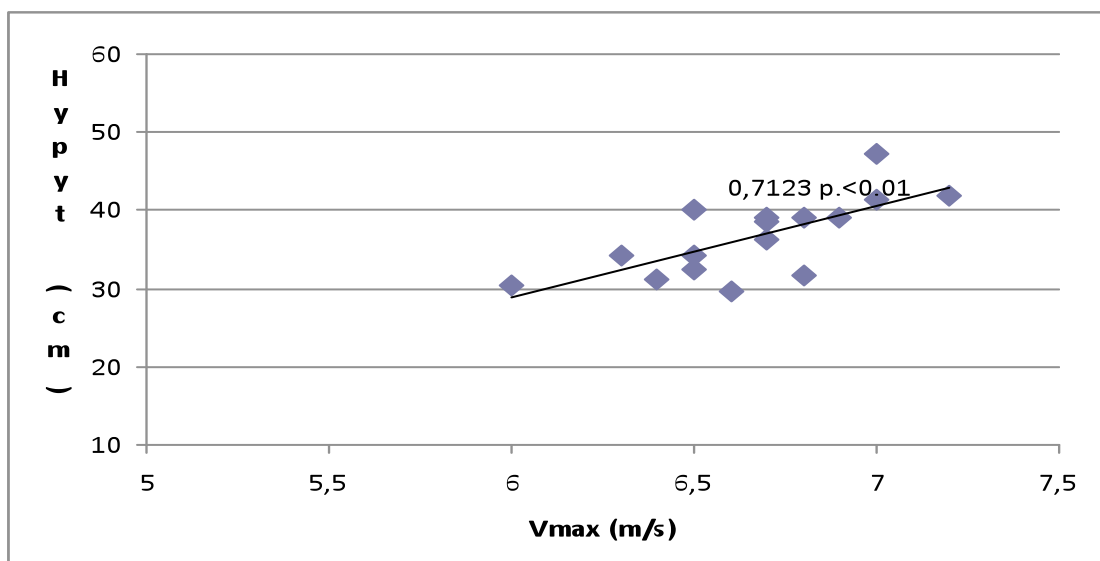
H/M –suhteen ja F:n (voima) välisestä vertailusta ei voida tehdä yhteneviä johtopäätöksiä. Korrelaatio näiden kahden muuttujan välillä on 0,1883, merkitsevää korrelaatiota ei ole.



KUVA 15. F ja H/M –suhteen välinen vertailu.

8.5.7 Hypyt 0kg vs Vmax

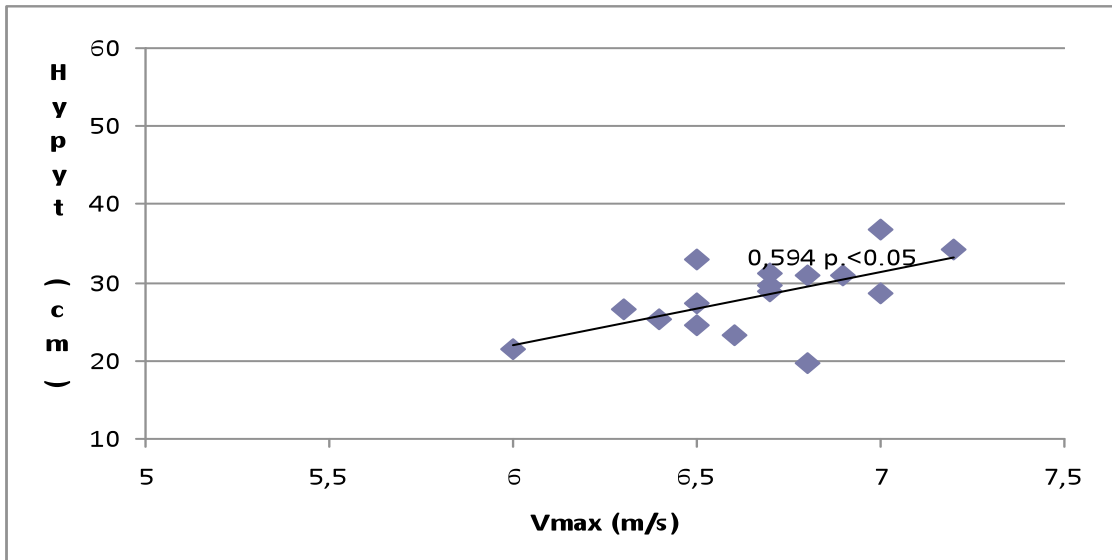
Hypyillä ilman lisäkuormaa (0kg) ja Vmax:n (maksimaalinen luistelunopeus) väliltä löytyi selvä korrelaatio (0,7123 p.<0.01), tulos on merkitsevä.



KUVA 16. Hypyt ilman ulkoista vastusta (0kg) ja Vmax välisen suhteen vertailu.

8.5.8 Hypyt 20kg vs Vmax

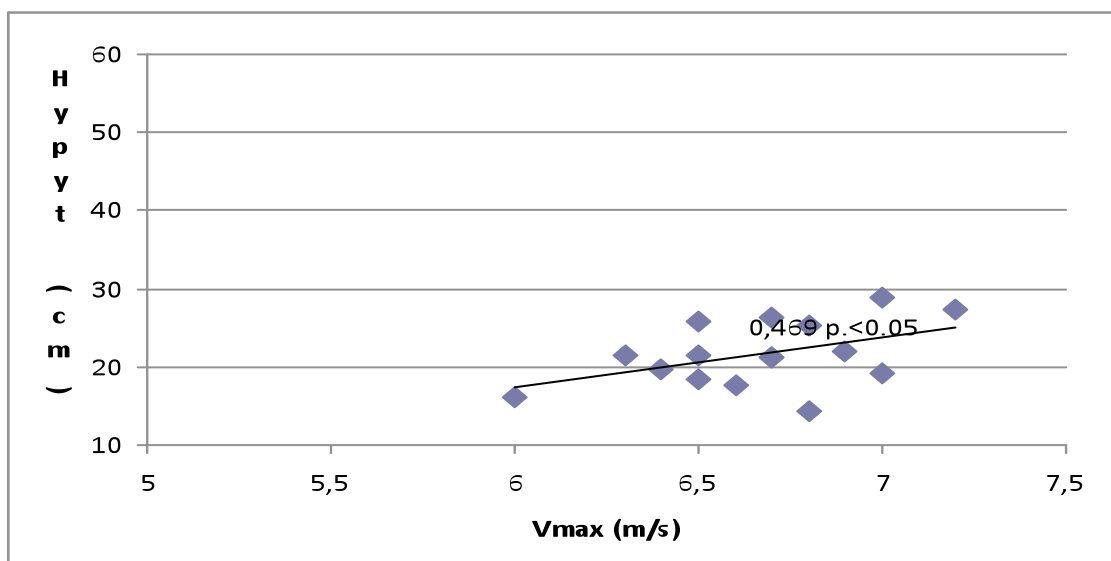
Vmax:n (maksimaalinen luistelunopeus) ja hypyillä 20kg:n lisäkuormalla laskettiin 0,594 $p < 0.05$ korrelaatio, tämä on melkein merkitsevä tulos.



KUVA 17. Hypyt 20kg:n lisäkuormalla ja Vmax:n välinen vertailu.

8.5.9 Hypyt 40kg vs Vmax

Vmax:n (maksimaalinen luistelunopeus) ja hypyillä 40kg:n lisäkuormalla laskettu korrelaatio oli 0,469 $p < 0.05$, korrelaatio on melkein merkitsevä.



KUVA 18. Hypyt 40kg:n lisäkuormalla ja Vmax:n välinen vertailu.

9. POHDINTA

Tässä tutkimuksessa oli tarkoitus tarkastella jääkiekkoilijoiden luisteluominaisuuksia ja menetelmiä, joilla näitä ominaisuuksia voitaisiin ennustaa. Keskeinen tutkimuksen tavoite oli selvittää voidaanko H_{max}/M_{max} –refleksiä mittaamalla ja määrittelemällä ennustaa jääkiekkoilijoiden nopeus-/kestävyysominaisuuksia.

Tärkeänä tuloksena voidaan pitää maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) korrelointia hyppytuloksien kanssa (0 kg: 0,712 p.<0.01, 20 kg: 0,594 p.<0.05 ja 40 kg: 0,496 p.<0.05). Tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä. Tuloksista voidaan päätellä, että hyppytestillä voidaan ennustaa luistelunopeutta. Samoin maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) ja H_{max}/M_{max} –suhteen vertailussa laskettiin melko merkitsevä korrelaatio. Tulos on suuntaa-antava ja H_{max}/M_{max} –suhteen avulla voidaan ennustaa luistelunopeutta. Negatiivinen melkein merkitsevä korrelaatio laskettiin voiman (F) ja anaerobisen kestävyuden (V_{anak}) vertailussa (-0,424 p.<0.05). Tutkimus osoittaa H_{max}/M_{max} –suhteen ja maksimaalisen luistelunopeuden välisen yhteyden.

Tutkimus osoittaa selvän yhteyden hyppytestien ja maksimaalisen luistelunopeuden (V_{max}) välillä. Molemmat suoritukset vaativat samoja hermolihasjärjestelmän ominaisuuksia. Räjähävää voimantuottoa vaaditaan molemmissa suorituksissa, mahdollistaakseen maksimaalisen kehon painopisteen nousukorkeuden ja maksimaalisen luistelunopeuden. Lihaksiston elastisten ominaisuuksien hyödyntäminen on myös tärkeää molemmissa maksimaalisissa suorituksissa. Maksimaalisen nopeuden ja hyppytestien välinen yhteys on selvästi olemassa (Mero, 1985a).

Harjoittelulla on todettu olevan vaikutusta H_{max}/M_{max} –suhteeseen (Casabona ym. 1990). Hitaiden motoristen yksikköjen rekrytoitumista ja kokonaismäärää suhteessa nopeisiin motorisiin yksikköihin voidaan lisätä kestävyyspainotteisella harjoittelulla. Tämän on todistettu lisäävän maksimaalista H_{max}/M_{max} –suhdetta. Voimaharjoittelu kasvattaa nopeiden solujen kokonaiskapasiteettia ja lisää nopeiden solujen rekrytoitumista. Näin maksimaalinen H_{max}/M_{max} –suhde vähenee voimaharjoittelun myötä (Maffioletti ym. 2001).

Tutkimus osoittaa, että jääkiekkoilijoilla harjoittelu ja pelaaminen on kuitenkin varsin kestävyyspainotteista jäällä tapahtuvien lajinomaisten harjoitteiden ja suurien pelimäärien johdosta. Tällöin luistelunopeutta tarkasteltaessa tekniikan merkitys korostuu voiman merkityksen vähentyessä. Oikeaoppinen tekninen luistelusuoritus on tärkeämpää kuin voimaominaisuudet maksimaalisen luistelunopeuden kannalta. Voima- ja voimanopeus – harjoittelulla voitaisiin vielä tehokkaammin optimoida maksimaalista luistelunopeutta.

Jääkiekkoilijat voivat luoda luistelunopeutensa ja anaerobisen kestävyytensä hyvinkin erilaisilla ominaisuuksilla. Solusuhde ja muut perintötekijät vaikuttavat ominaisuuksiin. Harjoittelulla voidaan näitä ominaisuuksia vahvistaa ja vastaavasti myös tietyssä määrin heikkouksia kehittää.

Maksimaalinen luistelu on teknisesti vaativa suoritus, joten tekniset taidot vaikuttavat suurelta osin saavutettuun luistelunopeuteen ja kestävyteen. Jääkiekkoilijoiden luisteluominaisuuksia ei ole optimoitu (pystytäänkö siihen?) ja teknisesti harjoittelussa on selkeästi parantamisen varaa tuloksien optimoimiseksi.

Oikein suunnatulla harjoittelulla voitaisiin kehittää molempia ominaisuuksia, koska jääkiekossa molemmat ominaisuudet ovat varsin ratkaisevia kuinka nopeasti/taloudellisesti pelaaja liikkuu kentällä pelin aikana. Tämä tutkimus osoittaa luistelutekniikan merkityksen, varsinkin maksimaalisella nopeudella luisteltaessa. Taloudellinen ja tehokas luistelutekniikka parantaa pelaajan maksimaalista luistelunopeutta ja parantaa anaerobisen luistelun kapasiteettia. Tekniikan parantamisessa on huomattavia mahdollisuuksia ja voimavaroja vielä luistelun osalta käyttämättä.

Tässä tutkimuksessa koehenkilöjoukko oli varsin heterogeenistä, joten tällä on varmasti oma vaikutuksensa saatuihin tuloksiin.

Johtopäätöksenä voidaan osoittaa, että hyppytesteillä (ilman lisävastusta/kevyillä lisävastuksilla) ja H_{max}/M_{max} –suhteen avulla voidaan ennustaa maksimaalista luistelunopeutta. Kestävyysominaisuuksien ennustaminen teknisesti vaativassa kokonaissuorituksessa on vaikeaa.

LÄHTEET

- Casabona, A., Polizzi, M.C. & Perciavalle, V. 1990. Differences in H-reflex between athletes trained for explosive contractions and non-trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 61, 26 – 32.
- de Boer, R.W., Cabri, J., Vaes, W., Clarijs, J.P., Hollander, A.P., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J., 1987. Moments of force, power and muscle coordination in speed-skating. *Int J Sports Med* 8, 371 – 378.
- de Koning, J.J., de Boer, R.W., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. 1988a. Muscle coordination in speed skating. Kirjassa de Groot, G., Hollander, A.P., Huijting, P.A. & van Ingen Schenau, G.J. (toim) *Biomechanics XI-B*. Free University Press: Amsterdam, 878 – 882.
- de Koning, J.J., de Boer, R.W., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. 1987. Push-off force in speed skating. *Int J Sport Biom* 3, 103 – 109.
- de Koning, J.J., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. 1991. Coordination of leg muscles during speed skating. *J Biomech* 24, 137 – 146.
- de Koning, J.J., de Groot, G., van Ingen Schenau, G.J. 1988b. Muscle coordination in elite and trained speed skaters. Kirjassa Wallinga, W., Broom, H.B.K. & de Vries, J. (toim) *Electrophysiological kinesiology*, 485 – 488.
- Dillman, C.J., Stockholm, A.J. & Greer, N. 1984. Movement of icehockey players. Kirjassa Terauds, J., Barthels, K., Kreighbaum, E., Mann, R. & Crakes, J. (toim) *Sports Biomechanics*, 189 – 194.
- Durnin, J.V. & Womersley, J. 1974. Body fat assessment from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*, 32:77-79.

- Enoka, R.M. Neuromechanics of human movement. 3rd Edition. 2001. Braun-Brumfield: United States of America.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G, 1984. Henneman's size principle: Current issues. Trends in NeuroSciences, 7, 226 – 228.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. 1992. Neurobiology of muscle fatigue. Journal of Applied Physiology, 72.
- Funase, K., Imanaka, K. & Araki, H. 1994. Theshold of the soleus muscle H –reflex is less sensitive to the chance in excitability of the motoneuron pool during plantarflexion or dorsiflexion in humans. Eur J Appl Physiol 69, 21-25.
- Jobse, H., Schuurhof, R., Cserep, F., Schreurs, A.W. & de Koning, J.J. 1990. Measurement on push-off force and air friction during speed skating. Int J Sport Biom 6, 92 – 100.
- Kernell, D. & Hultborn, H. 1990. Synaptic effects on recruitment gain: A mechanism of importance for the input-output relations of motoneurone pools. Brain Research.
- Kernell, D. 1992. Organized variability in the neuromuscular system: A survey of task-related adaptations. Archives Italiennes de Biologie, 130, 19 – 66.
- Keul, J., Doll, E., Keppler, D. 1969. Muskelsstoffwechsel. Barth Verlag, Munchen.
- Komi, P. 1973. Relationship between muscle tension, EMG and velocity of contraction under concentric and eccentric work. Teoksessa: Desment, J. (toim) New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology, 596-606. Karger, Basel.
- Lieber, R.L. 1992. Skeletal muscle structure and function. Journal of Appl Physiology, 15A.
- Maffiuletti, N.A., Martin, A., Babault, N., Pensini, M., Lucas, B. & Schieppati, M., 2001. Electrical and mechanical Hmax-to-Mmax ratio in power- and endurance-trained athletes. J Appl Physiol 90, 3 – 9.

- McComas, A.J. 1991. Motor unit estimation: Methods, results and present status. *Muscle & Nerve*,
- Mero A, 1985a. Jalkalihaksia kuormittavissa nopeusvoimaharjoitteissa tuotettu voima, nopeus ja lihasaktiivisuus. SVUL:n tieteellinen julkaisusarja, Jyväskylän yliopisto, Liikunta-biologian laitos.
- Montgomery, D.L. 1988. Physiology of ice hockey. Review. *Sports Med.* 5, 99 – 126.
- Nielsen, J., Crone, C. & Hultborn, H., 1993. H-reflexes are smaller in dancers from The Royal Danish Ballet than in well-trained athletes. *J Appl Physiol* 66, 116 – 121.
- Pääsuke, M., Ereline, J. & Gapeyeva, H. 1999. Twitch contractile properties of plantar flexor muscles in power and endurance trained athletes. *Eur J Appl Physiol*, 80.
- Peters, S.E. 1989. Structure and functions in vertebrate skeletal muscle. *American Z* 29.
- Ralston, H.J., Inman, V.T., Strait, L.A. & Shaffrath, M.D. 1947. Mechanism of Human Isolated Voluntary Muscle. *American Journal of Physiology*, 151.
- Trimble, M.H & Enoka, R.M. 1991. Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation. *Phys Ther* 71, 273 – 282.
- van Ingen Schenau, G.J., de Groot, G. & de Boer, R.W. 1985. The control of speed in elite female speed skaters. *J Biomech* 18, 91 – 96.
- Viitasalo, J., Raninen, J., Liitsola, S. 1985. Lihasvoiman harjoittamisen ja mittaamisen biomekaniikka ja fysiologia. Teoksessa Voimaharjoittelu- perusteet ja käytännön toteutus.
- Westing, A.H., Seger, J.Y. & Thorstensson, A. 1990. Effects of Electrical Stimulation on Eccentric and Concentric Torque-Velocity Relationships During Knee Extension in Man. *J Acta Physiological Scandinavica* 140.

- Whalen, R.G. 1985. Myosin Isoenzymes as Molecular Markers for Muscle Physiology. *Journal of Experimental Biology*, 115.
- Windhorst, U., Hamm, T.M., & Stuart, D.G. 1989. On the function of muscle and reflex partitioning. *Behavioral and Brain Sciences* 12.
- Wolpaw, J.R 1987. Operant conditioning of primare spinal reflexes: The H –reflex. *J Neurophys* 57, 443 – 459.