

LUISTELUN BIOMEKANIikka JÄÄLLÄ JA LUISTELUMATOLLA

Linda Ammesmäki

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma

Syksy 2011

Liikuntabiologian laitos

Jyväskylän yliopisto

Työn ohjaajat: Taija Juutinen

Juha-Pekka Kulmala

TIIVISTELMÄ

Ammesmäki, Linda, 2011. Luistelun biomekaniikka jäällä ja luistelumatolla. Biomekaniikan pro gradu-tutkielma. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto. 52 s.

BladeMill-luistelumattoa valmistavan EamaSports Inc. -yhtiön mukaan luistelumattoa voidaan käyttää eritasoisten luistelijoiden kestävyuden, voiman ja luistelutekniikan kehittämiseen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää luistelun biomekaniikkaa luistelumatolla ja tarkastella onko siinä eroavaisuuksia jäällä luistelun kanssa.

Koehenkilöinä toimi 10 jääkiekkoilijaa iältään 16–18 vuotta ($16,9 \pm 0,57$ v.). He suorittivat testiluistelut kolmella eri nopeudella (20 km/h, 25 km/h ja 30 km/h) sekä jäällä että luistelumatolla. 3D -analyysissä tarkasteltavia muuttujia olivat polven nivelkulmat sagittaalitasossa sekä lonkan nivelkulmat sagittaali-, frontaali- ja transversaalitasossa sekä potkun leveys. Muuttujia ja luistelunopeuksia vertailtiin toistettujen mittausten varianssianalyysiä käyttäen.

Matolla luistelussa kontaktivaiheen aikana polven fleksio oli jäällä luisteluun verrattuna pienempi nopeuksilla 20 km/h (15 %; $p < 0,05$) ja 25 km/h (16 %; $p < 0,01$), ja lonkan fleksio oli pienempi kaikilla nopeuksilla (20 km/h 19 %; 25 km/h 18 %; 30 km/h 28 %; $p < 0,01$). Potkun lopussa lonkan ekstensio oli matolla suurempi kuin jäällä kaikilla nopeuksilla (20 km/h 15 %; 25 km/h 12 %; 30 km/h 8 %; $p < 0,05$). Luisteltaessa nopeudella 30 km/h potkun aikainen lonkan maksimiojennusnopeus oli luistelumatolla pienempi kuin jäällä (31 %; $p < 0,01$). Potkun leveys oli pienempi matolla kuin jäällä kaikilla nopeuksilla (20 km/h 39 %; 25 km/h 35 %; 30 km/h 26 %; $p < 0,001$).

Tutkimuksen mukaan luistelumatolla luisteluasento on korkeampi ja potkuvaiheessa lonkan ekstensio on suurempi. Luistelumatolla luistelu vaatii siis erityisesti lonkan suurempaa liikelaajuutta.

Avainsanat: luistelu, kinematiikka, jää, luistelumatto

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	2
1 JOHDANTO.....	5
2 LUISTELUTEKNIIKAT.....	6
3 LUISTELUN BIOMEKANIikka	9
3.1 Kinematiikka	9
3.2 Kinetiikka.....	13
3.3 Lihasaktiivisuudet	16
4 LUISTELUN PARAMETRIT NOPEUDEN FUNKTIONA.....	19
5 LUISTELUHARJOITTELU	20
5.1 Luistelutaito ja -asento	21
5.2 Lihasvoima.....	22
5.3 Aerobinen ja anaerobinen kestävyys.....	22
5.4 Notkeus	24
5.5 Harjoittelun spesifisyys	24
6 LUISTELUALUSTAT	26
7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	29
8 MENETELMÄT.....	30
8.1 Koehenkilöt.....	30
8.2 Tutkimusasetelma	30
8.3 BladeMill –luistelumatto.....	31
8.4 Mittaukset.....	32
8.4.1 Datan keräys.....	32
8.4.2 Analysointi.....	34
8.5 Tilastolliset menetelmät	35
9 TULOKSET	36
9.1 Luistelunopeus 20 km/h	36
9.2 Luistelunopeus 25 km/h	37

9.3	Luistelunopeus 30 km/h	39
9.4	Yhdysvaikutus.....	41
9.5	Potkun leveys	42
10	POHDINTA.....	43
10.1	Jääkiekkoluistelun biomekaniikan yhteneväisyys kahdella eri alustalla	43
10.2	Tutkimuksen kriittinen tarkastelu	46
10.3	Yhteenveto	48
11	LÄHTEET	49

1 JOHDANTO

Jääkiekko on nopeatempoinen joukkuelaji, joka vaatii erinomaista fyysistä kuntoa, teknisten taitojen hallintaa ja tarkkuutta sekä kykyä tehdä nopeita päätöksiä joukkueen eduksi. Jääkiekkoilijalla pitää olla myös kykyä tuottaa nopeita kiihdytyksiä, suunnan ja nopeuden muutoksia sekä tuottaa ja ottaa vastaan voimakkaita vartalokontakteja muiden pelaajien kanssa. Jääkiekkoilijan tärkein taito on kuitenkin eteenpäin luistelu, sillä sitä tarvitaan kaikissa vaiheissa ja erinomainen luistelutaito mahdollistaa täsmällisen ja nopean liikkumisen jäällä. (Upjohn ym. 2008; Nadeau ym. 2008; Quinney ym. 2008.)

Viime vuosina luisteluharjoitteluun on kehitelty uudenlaisia sovelluksia, joista hyvänä esimerkkinä on luistelu luistelumatolla. Luistelumatolla luistelijat voivat tehdä lajiharjoittelua ympäri vuoden. Luistelumattoa voidaan hyödyntää kuntoutuksessa, luistelututkimuksessa sekä luistelutekniikan ja kunnan analysoinnissa. (Lockwood ym. 2007.) Luistelumatolla luistellaan samanlaisilla luistimilla kuin jäälläkin. Maton nopeutta ja kulmaa voidaan muuttaa, joten sillä on mahdollista tehdä erilaisia harjoituksia. Suomeen saatiin ensimmäinen luistelumatto vuonna 2009, kun Jyväskyläläinen Breakaway Hockey Centre aloitti toimintansa. Tämän jälkeen erityisesti jyväskyläläiset luistelijat ovat hyödyntäneet tätä mahdollisuutta muun muassa luistelutekniikan kehittämiseen ja kuntoutukseen. (Tekniikka & Talous 2011.)

Vain muutamia tutkimuksia on tehty luistelumaton ja perinteisen jään eroista ja niiden vaikutuksista luistelun biomekaniikkaan. Tutkimuksista on huomattavissa se, että yhtä oikeaa tulosta ei kyseisten luistelualustojen mahdollisista eroista ole saatavissa. Vaikka tutkimustulosten mukaan luistelumatolla ja perinteisellä jäällä luistelu ei juuri eroa toisistaan, tulee huomioda, että luistelumatolla luistelu ei simuloi jääkiekkoluistelua ja pelitilanteita. (Nobes ym. 2009; Stidwill ym. 2009.)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia jääkiekkoilijoiden eteenpäin suuntautuvan luistelun biomekaniikkaa kolmiulotteisesti kahdella luistelualustalla, jäällä ja luistelumatolla. Pää tavoitteena oli selvittää, eroaako eteenpäin suuntautuvan luistelun biomekaniikka näiden kahden luistelualustan välillä.

2 LUISTELUTEKNIIKAT

On olemassa erilaisia luistelutapoja. Näitä ovat muun muassa pikaluistelu, jääkiekko-
luistelu, retkiluistelu ja taitoluistelu. Kyseisten lajien luistelutekniikkaa on hyödynnetty
myös rullaluisteluun ja luisteluhiihtoon. Näitä lajeja erottavat toisistaan niin välineet,
luistelutekniikat ja luistelupaikat kuin lajisuorituksetkin.

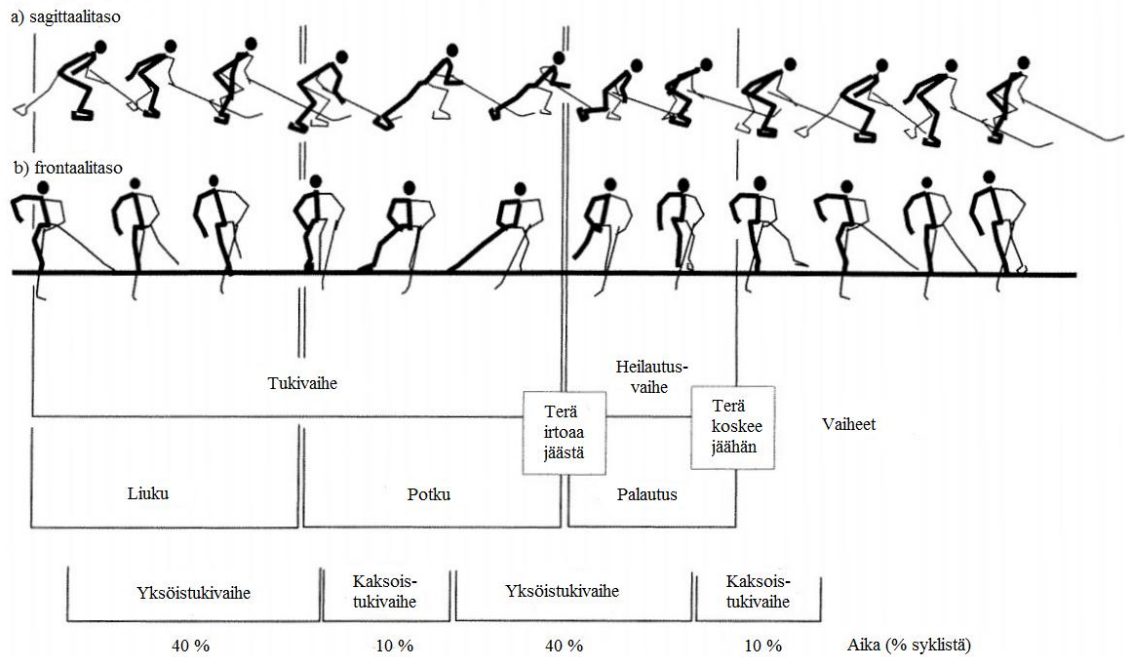
Taitoluistelussa on perusluistelun lisäksi muun muassa erilaisia hyppyjä, piruetteja sekä
askeleita. Taitoluistelun kilpailumuotoja ovat yksinluistelu, muodostelmaluistelu, jää-
tanssi sekä pariluistelu. Taitoluistelussa käytettävissä luistimissa on muun muassa kär-
kipiikit ja korko, joka aikuisilla on noin viisi cm. (Suomen taitoluisteluliitto 2011.) Ret-
kiluistelussa luistellaan pitkiä matkoja auraamattomilla luonnonjäällä. Luistimissa on 45
– 55 cm pitkä ja 1,2 mm leveä terä. Terä on kiinni luistimessa joko edestä ja takaa tai
ainoastaan edestä. (Suomen retkiluistelijat 2011.) Pikaluistelussa pyritään luistelemaan
mahdollisimman nopeasti ennalta määritellyn matkan. Luistelu tapahtuu soikion muo-
toisella jääradalla. Pikaluistelijat käyttävät niin sanottuja klaps-luistimia, joissa terä on
kiinni ainoastaan päkiän kohdalla saranamekanismilla. Juniorit käyttävät vielä ns. perin-
teistä pikaluistinta, jossa terä on kiinni kengän kannassa. (Suomen Luisteluliitto 2011.)
Jääkiekkoluistelu on nopeatempoista luistelua pelitilanteessa, jossa vaaditaan nopeaa
liikkumista ja nopeita suunnanmuutoksia. Terät ovat kengän pohjan mittaiset, niissä on
kanttaukset ja terän muoto on hieman pyöreä. (Pearsall ym. 2000.)

Usein jääkiekkovalmentajat ja luisteluopettajat käyttävät taitoluistelun ja pikaluistelun
taitoja, harjoitteita sekä tekniikoita jääkiekkoluistelutaidon kehittämiseen. Taitoluistelu-
ja pikaluistelutaitoja ja vartalon asentoja ei kuitenkaan juuri koskaan käytetä jääkiekko-
ottelun aikana. (Bracko 2004.) Useissa tutkimuksissa on kuitenkin vertailtu jääkiekko-
luistelua pikaluistelun tekniikkaan. Yleisesti ollaan sitä mieltä, että pikaluistelun tekni-
ikan hyödyntäminen jääkiekkoluistelussa parantaa luistelutekniikkaa ja lisää luisteluno-
peutta. (Lafontaine 2007; Upjohn et al. 2008.)

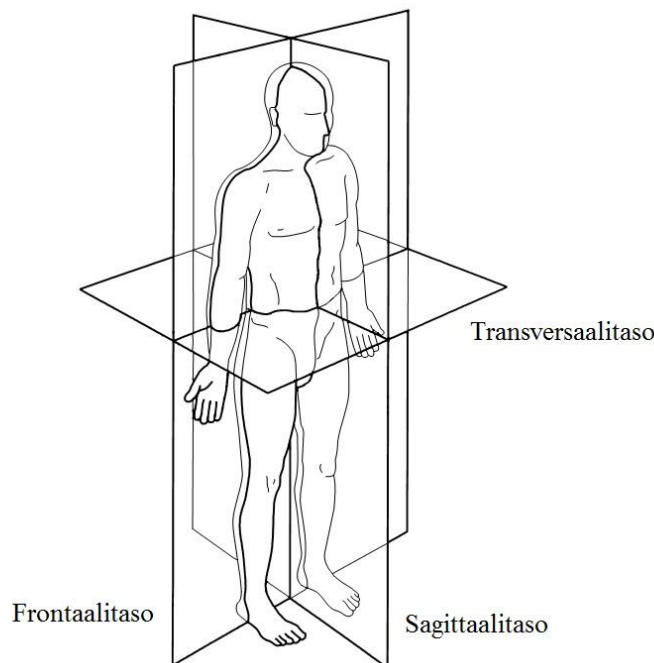
Jääkiekkoluistelun sykli tasaisessa luistelunopeudessa voidaan jakaa tuki- ja heilautus-
vaiheeseen. Tukivaihe voidaan edelleen jakaa yksöis- ja kaksoistukivaiheisiin, joista

yksöistukivaihe kestää noin 82 % ja kaksoistukivaihe noin 18 % tukivaiheen kokonaisajasta. (Pearsall ym. 2000.) Yksöistukivaiheeksi kutsutaan liukuvaihetta, jossa vain toinen luistin on kosketuksessa jäähän (Allinger ym. 1997). Potkuvaihe alkaa yleensä yksöistukivaiheen puolella välissä (Pearsall ym. 2000). Syklin edetessä siirrytään kaksoistukivaiheeseen, jossa toinen jalka on potkuvaiheessa ja toinen liukuvaiheessa. Kaksoistukivaiheen aikana vartalon paino siirtyy potkaisevalta luistimelta liukuvalle luistimelle. (Allinger ym. 1997.)

Liukuvaiheen aikana luistelijan paino pysyy liukuvan jalan päällä ja luistelijä ylläpitää polvi- ja lonkkanivelkulmat lähestulkoon muuttumattomina. Liukuvaihetta seuraa potkuvaihe, jossa luistelijä pyrkii ojentamaan lonkka- ja polvinivelet mahdollisimman nopeasti ja voimakkaasti tuottaen suuren voiman jäätä vasten. Vaihe päättyy, kun polvi- ja lonkkanivelet ovat ojennettuina ja luistin irtoaa pinnasta. Viimeisenä vaiheena on palautusvaihe. Siinä luistelijä koukistaa jalkaansa ja keskivartaloon ja palauttaa luistimen alkuperäiseen asentoon vartalon alle. Vaihe päättyy, kun luistin koskettaa jäätä. Tämän jälkeen luistelijä on valmis aloittamaan syklin toisella jalallaan. (De Boer & Nilsen 1989, Allinger et al. 1997.) Kuva 1 havainnollistaa luistelun vaihteita mailan kanssa sekä sagittaalitasossa (sivusta) että frontaalitasossa (edestä) (Pearsall ym. 2000). Kuva 2 havainnollistaa vartalon anatomisia tasoja (Vaughan ym. 1999).



KUVA 1. Eteenpäin suuntautuvan luistelun vaiheet mailan kanssa sagittaali- (a) ja frontaalitasoissa (b). Luistelusykli voidaan jakaa tuki- ja heilautusvaiheeseen, jotka voidaan jälleen jakaa liuku-, potku- ja palautusvaiheisiin. Luistelusta on myös erotettavissa yksöis- ja kaksoistukivaiheet. (Mukaiiltu Pearsall ym. 2000.)



KUVA 2. Ihmisen perusasennon anatomiset tasot. Sagittaalitaso jakaa vartalon vasempaan ja oikeaan puoliskoon. Frontaalitaso on kohtisuorassa sagittaalitasoon nähden eli jakaa vartalon etu- ja takaosaan. Transversaalitaso on kohtisuorassa sekä frontaali- että sagittaalitasoon nähden ja jakaa vartalon ylä- ja alaosan. (Mukaiiltu Vaughan ym. 1999.)

3 LUISTELUN BIOMEKANIikka

3.1 Kinematiikka

Jääkiekkoluistelu on kolmiulotteista liikettä (De Boer & Nilsen 1989). Luistelusykli koostuu useista erilaisista vartalon liikkeistä, jotka mahdollistavat kehon eteenpäin siirtämisen (Marino 1977). Tarkemmin luistelun aikana tapahtuvia nivelten ja segmenttien liikkeitä voidaan tarkastella keräämällä kinemaattista dataa muun muassa videokameroilla (Upjohn ym. 2008). Videokameramenetelmän periaatteena on kuvata kehoon kiinnitettävien markkereiden liikettä ja näiden avulla määrittää muun muassa nivelkeskipisteiden sijainnit ja nivelkulmat liikkeen eri vaiheissa. Videokameramenetelmällä liikettä voidaan tarkastella joko kaksiulotteisesti (2D) tai kolmiulotteisesti (3D). (Sutherland 2001.) Yhdellä videokameralla saadaan muodostettua kaksiulotteinen videokuva. Tällöin kuvattavaa liikettä voidaan tutkia yhdessä tasossa (xy-taso). Kolmiulotteisen videokuvan saamiseksi vaaditaan vähintään kaksi kameraa, jotta xy-tason lisäksi myös liikkeen ja tilan syvyysdata (z-taso) saadaan tallennettua. Kaksiulotteisesta videokuvasta saadaan siis määritettyä vain tietyssä tasossa tapahtuvat liikkeet, kun taas kolmiulotteisesta videokuvasta saadaan määritettyä liikkeet kaikilla tasoilla (xyz). (Griffits 2006.)

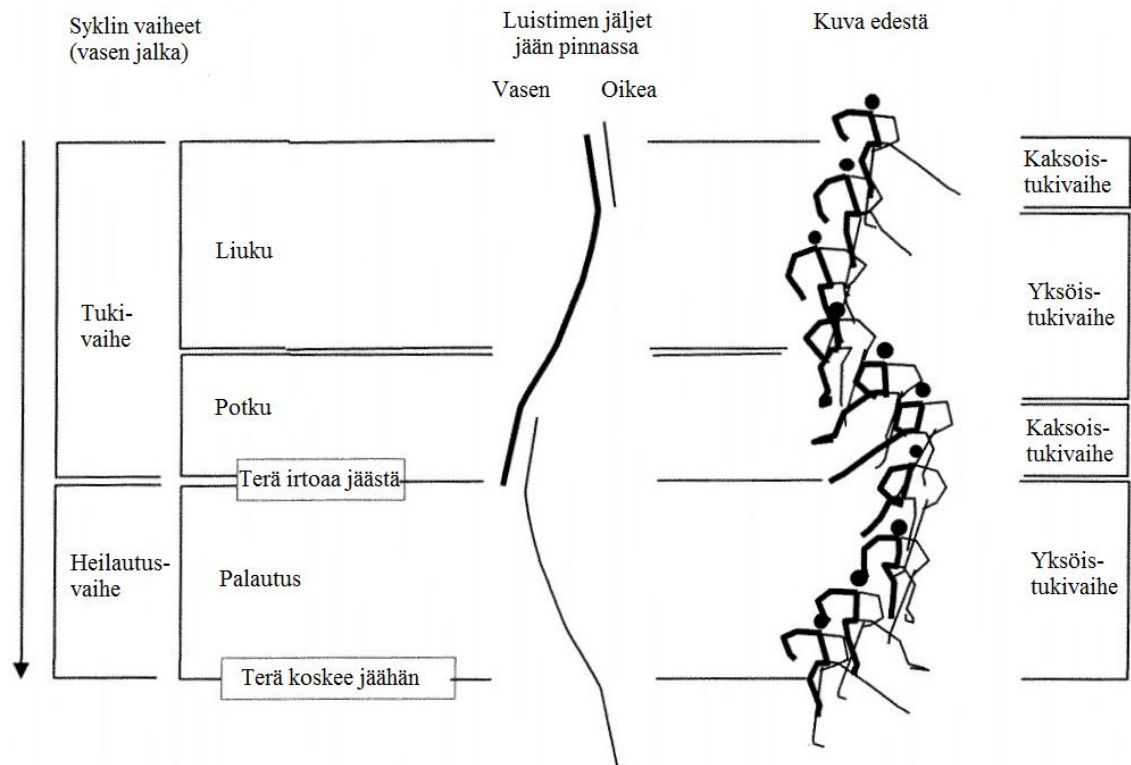
Useissa tutkimuksissa on selvitetty jääkiekkoilun eteenpäin suuntautuvan luistelun biomekaniikkaa tehokkaimman luistelutekniikan löytämiseksi. (Pearsall ym. 2000.) Tässä kappaleessa on tarkoituksena käydä lyhyesti läpi aiemmissa tutkimuksissa esille tulleet kinemaattiset löydöt eteenpäin suuntautuvasta luistelusta ja sen vaiheista. Tulee huomioida, että tässä kappaleessa ei käsitellä luistelun liikkeelle lähtöä eikä pysähtymistä. Niiden kinematiikasta löytyy selkeitä eroja vauhdissa tapahtuvaan luisteluun (Lafontaine 2007).

Kuten jo edellisessä kappaleessa kerrottiin, tasavauhtinen luistelu on kaksivaiheista koostuen tukivaiheesta ja heilautusvaiheesta. Tukivaihe voidaan jakaa yksöis- ja kaksoistukivaiheeseen, josta yksöistukivaiheen keskimääräinen kesto on 82 % ja kaksoistukivaiheen kesto noin 18 % tukivaiheen kokonaiskestosta. Vaiheiden prosentuaaliset kestot kuitenkin vaihtelevat sen mukaan, onko kyseessä kiihdytys-, hidastus- vai tasa-

vauhtinen luistelu. Kuva 3 havainnollistaa luistelun eri vaiheita. Siinä esitetään myös vartalon lateraalinen siirtymä luistelun eri vaiheissa.

Marino ja Weese (1979) selvittivät jääkiekkoluistelun kiihtyvyyden ja maksiminopeuksisen luistelun eri vaiheiden yhteyttä toisiinsa kinematiikan avulla. Pohjatietona heillä oli, että luisteluliike kiihtyy työntövoiman tuottamisen aikana ja hidastuu liukuvaiheen aikana. Hidastumisen liukuvaiheen aikana aiheuttaa ilmanvastus ja kitka. Tutkimuksen tulokset osoittivat selvästi, että normaalin, maksiminopeudella tapahtuvan luistelun aikana ilmenee hidastumista ja kiihtymistä. Luistelunopeuden kiihtyminen ja voimantuotto alkaa keskimäärin yksöisvaiheen puolivälissä, jolloin myös potkuvaihe alkaa. Potkun alku on seurausta reiden ulkokierrosta ja kiihtyminen tuotetaan lonkan ja polven ojennuksella. Potkuvaiheen edetessä yksöistukivaihe muuttuu kaksoistukivaiheeksi. Työntövoima tuotetaan polven täysojennuksella, lonkan yliojennuksella ja nilkan ojennuksella. Potkuvaiheen lopulla luistimen terä irtoaa jäältä ja jalka palautetaan tukijalan rinnalle jään pintaan. (Marino & Weese 1979.)

Luistelutekniikkaa harjoittamalla voidaan kehittää luistelunopeutta ja sen ylläpitoa. Yksöistukivaiheen aikana tukijalan tulee kääntyä ulkorotaatioon nopeasti, jolloin terän ja jään välinen kontakti paranee sekä lonkan, polven ja nilkan ojennusvaihe pääsee alkamaan. Samanaikaisesti palautusvaiheessa olevan jalan tulisi liikkua eteenpäin lähellä jään pintaa, millä varmistetaan tasapainon ylläpitäminen yksöistukivaiheen edetessä. Kaksoistukivaiheen alkaessa työntövoima tulee tuottaa mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti mahdollisimman suuren kiihtyvyyden varmistamiseksi ja täten myös minimoidakseen seuraavan yksöistukivaiheen aikaisen hidastuvuuden. (Marino & Weese 1979.)



KUVA 3. Eteenpäin luistelun vartalon lateraalinen siirtymä luistelun eri vaiheissa. Luistimien terien jättämät sinikäyrän muotoiset jäljet jään pintaan. (Mukaiitu Pearsall ym. 2000.)

Luistelusyklin alussa, toisin sanoen tukivaiheen alussa, lonkkanivel on adduktiossa (lähennettynä) ja noin 45° fleksiassa (koukistettuna) vaakatasoon nähden (Chang ym. 2009; Pearsall ym. 2000). Polvinivel on noin 90° kulmassa ja nilkkanivel koukistettuna ja pronaatiossa (Pearsall ym. 2000). Liukuvaiheessa liukuvan jalan asento on varsin staattinen, kun nivelkulmat pysyvät muuttumattomina. Taulukossa 1 esitetään yhteenveto alavartalon nivelkulmien muuttumisesta luistelun aikana.

Tukivaiheen puolivälissä, kun valmistaudutaan potkuvaiheeseen, lonkkaa ojennetaan niin, että saavutetaan noin 100° kulma vaakatasoon nähden, sekä kierretään hieman ulkorotaatioon. Samanaikaisesti polvea ojennetaan, mutta ei vielä täysin. Polvikulma on tässä vaiheessa keskimäärin 160° . Nilkka on neutraalissa asennossa ja jalkaterä hieman pronaatiossa. (Pearsall ym 2000.)

Potkuvaiheen aikana lonkkaniveltä loitonnetaan (abduktio), ojennetaan (ekstensio) sekä kierretään lisää ulkorotaatioon. Potkun lopulla lonkkanivelen kulma on noin 180° . (Chang ym. 2009; Pearsall ym 2000.) Polvinivel ojentuu potkun aikana lisää saavuttaen

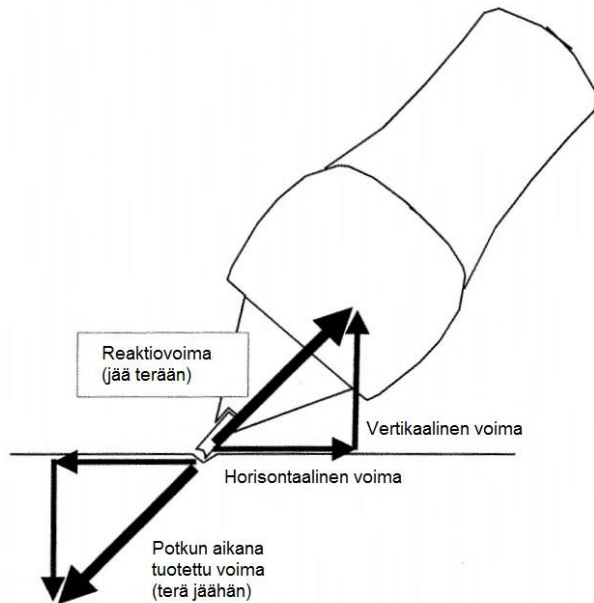
noin 180° kulman. Lopulta myös nilkkaa ojennetaan (plantaarifleksio) ja jalkaterä pysyy edelleen pronaatiossa. (Pearsall ym 2000.)

Heilautus- eli palautusvaiheessa palautetaan potkaiseva jalka lähellä jään pintaa takaisin toisen jalan viereen. Tässä vaiheessa lonkkanivelkulma muuttuu 180 asteesta noin 40 asteeseen ja samanaikaisesti kiertyy sisärotaatioon. Polvikulma pienenee noin 90 asteeseen sekä nilkan asento palautuu takaisin dorsifleksioon. Palautusvaiheessa jalkaterän asento vaihtuu supinaatioon, kunnes luistelun sykli alkaa alusta. (Pearsall ym 2000.)

TAULUKKO 1. Yhteenveto lonkan, polven, nilkan ja jalkaterän nivelkulmista eteenpäin suuntautuvan luistelun aikana. (Mukailtu Pearsall ym. 2000.)

Vaiheet:	Tukivaihe			Heilautus- eli palautusvaihe
	Tukivaiheen alku (terä jäähän)	Tukivaiheen puoliväli	Tukivaiheen loppu (potku)	
Nivelen asento:				
Lonkka	45°	100° ja ulkorotaatio	180° ja ulkorotaatio	180° -> 40° ja sisärotaatio
Polvi	90°	160°	180°	180° -> 90°
Nilkka ja jalkaterä	dorsifleksio ja pronaatio	neutraali ja pronaatio	plantaarifleksio ja pronaatio	dorsifleksio ja supinaatio

Liukuvaiheessa joko toinen tai molemmat luistimet koskettavat jään pintaa riippuen siitä, onko kyseessä yksöis- vai kaksoistukivaihe. Potkuvaiheessa olevan luistimen terän ja jään välillä on terävä kulma, jolloin terän sisäsyrjä koskettaa jäätä. Kuva 4 havainnollistaa optimaalista terän kulmaa, jotta potkun aikana saadaan tuotettua mahdollisimman suuri jäähän kohdistuva voima. Optimaalisessa potkussa terä koskettaa jäätä keskimäärin 45 asteen kulmassa. Tällöin luistelija pystyy tuottamaan suuren reaktivoiman, joka liikuttaa luistelijaa eteenpäin. Luistelijat pyrkivät myös pitämään luistimensa terävinä, jotta terä pureutuu jäähän hyvin ja mahdollistaa tehokkaan potkun. Liian terävät luistimet puolestaan hankaloittavat sulavien käännösten tekemistä. (Pearsall ym. 2000.) On kuitenkin huomioitava, että terän erilaiset hionnat vaikuttavat myös optimaaliseen kulmaan.



KUVA 4. Optimaalinen terän asento mahdollisimman suuren reaktiovoiman tuottamiseen potkun aikana. Vain luistimen terän sisäsyrjä koskettaa jäätä. (Mukailtu Pearsall ym. 2000.)

3.2 Kinetiikka

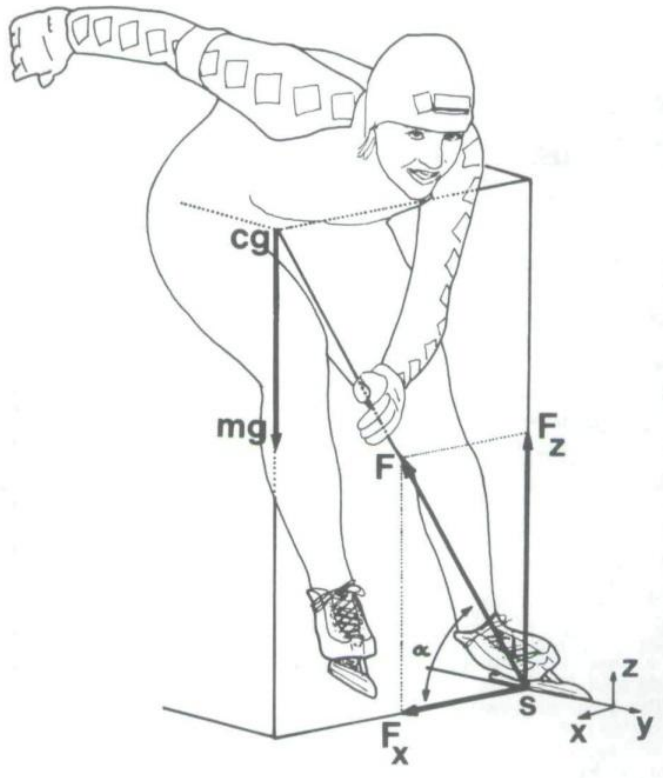
Jääkiekkoluistelun kinetiikkaa on tutkittu varsin vähän, jonka vuoksi pikaluistelun kinetiikkaa on hyödynnetty jääkiekkoon. Jääkiekkoluistelun ja pikaluistelun välillä on todettu olevan yhtäläisyyksiä, kuten esimerkiksi painekeskipisteen siirtyminen terän takaosalta etuosaan siirryttäessä liukuvaiheesta potkuvaiheeseen. Lisäksi on havaittu, että molemmissa luistelutekniikoissa terän aiheuttama voima jäähän muuttuu siirryttäessä liukuvaiheesta (95 % kehon painosta) potkuvaiheeseen (130 % kehon painosta) syklin viimeisen 400 ms aikana. (Pearsall ym. 2000.)

Vartalon massakeskipisteen kiihtyvyys tuotetaan potkuvaiheessa, jolloin polvi- ja lonkanivelet ojentuvat, oikea ja vasen puoli vuorotellen. Potku kohdistuu sivusuuntaisesti luistelun kulkusuuntaan nähden. Näin ollen oikean puolen potkun aikana liikkeen suunta siirtyy hieman vasemmalle ja vasemman potkun aikana oikealle. Luistelu on siis syklistä liikettä, jossa samat vaiheet toistuvat. Jokainen potku aiheuttaa massakeskipisteen kineettisen energian kasvun. Luistelijan tekemä työ kokonaisen luistelusyklin aikana voidaan määrittää potkun aikana tehdyn työn määrän ja syklin taajuuden tulona. Luisteliija voi siis vaikuttaa syklin aikana tuotetun tehon määrään ja täten myös luistelunopeu-

teen säätlemällä potkun aikana tuotetun työn määrää ja syklin taajuutta. (de Boer & Nilsen 1989.) Toisaalta on todettu, että pikaluistelijat säätelevät luistelunopeuttaan pääasiassa syklin taajuutta muuttamalla, ei niinkään potkun aikana tehdyn työn määrää muuttamalla. Luistelijoiden väliset suorituskykyerot ovat selitettävissä potkumekaniikan eroilla, kuten esimerkiksi potkun aikana tehdyn työn määrällä. Nopeammat luistelijat tuottavat räjähtävämmän ja paremmin suunnatun potkun kuin hitaammat luistelijat. Vaikka nopeammat luistelijat tuottavat suuren työmäärän syklin aikana, heidän potkuvoiman korkein arvo on kuitenkin suhteellisen matala. (de Koning ym. 1987.)

Luistimen potkuvoiman vektori F sijaitsee xz -tasossa, joka on kohtisuorassa luistimen liukusuuntaan y nähden. Vektori F on myös suuntautunut luistimesta kohti luistelijan massakeskipistettä. Liikettä vastustavat voimat, kuten jään kitka ja ilmanvastus, vaikuttavat kohtisuorasti kyseiseen xz -tasoon nähden. Tilannetta havainnollistaa kuva 5 (de Koning ym. 1987; van Ingen Schenau ym. 1985.)

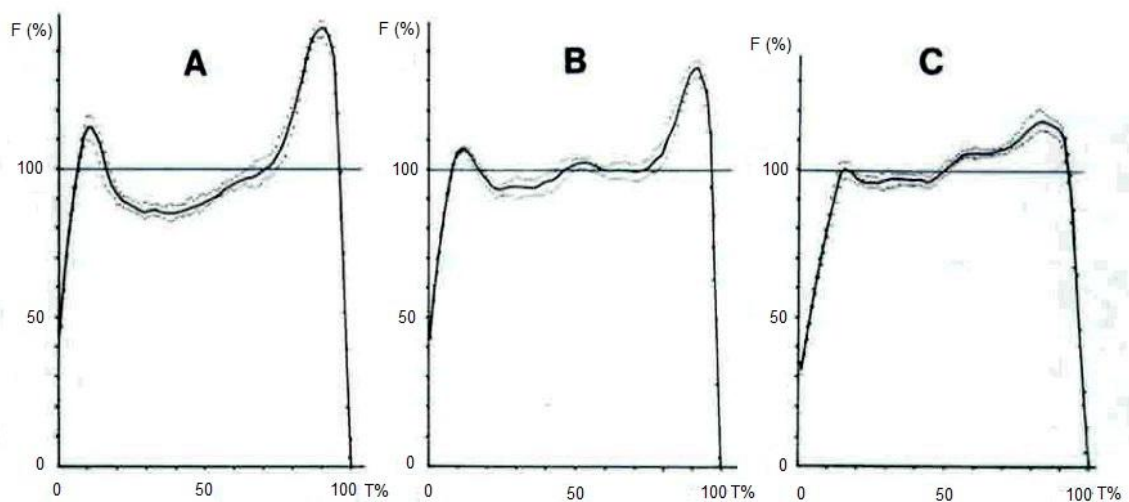
Potkuvoiman aiheuttamaa työn määrää voidaan havainnollistaa kineettisen energian kasvulla, jonka aiheuttaa massakeskipisteen x -tason (luistimen terän) suuntaisen horisontaalisen liikkeen nopeuden kasvu. Tutkimusten mukaan potkuvoiman F suuntautuessa oikeanlaiseen kulmaan liukusuuntaan y nähden, potkuvoiman F lateraalinen komponentti F_x määrittää potkun aikana tehdyn työn (W) määrän. Pikaluistelun suorituskyky on riippuvainen luistelijan tuottamasta ulkoisesta tehosta, joka ylittää ilman vastuksen ja jään kitkavoiman. Ulkoinen teho (P_0) on syklin aikana tuotetun ulkoisen työn ja syklin taajuuden (f) tulo: $P_0 = W * f$. Kuva 5 havainnollistaa voimien suuntaa. (de Koning ym. 1987; van Ingen Schenau ym. 1985.)



KUVA 5. Oikeanlaisella luistelutekniikalla luistin jatkaa liukua potkun aikana. Potkun voima F sijaitsee xz -tasossa oikeanlaisessa kulmassa luistimen liukusuuntaan y nähden. (de Koning ym. 1987.)

De Koning ym. (1987) selvittivät tutkimuksessaan potkuvoiman suuruuden ja luistelunopeuden välistä yhteyttä kolmen eritasoisen pikaluistelijan avulla. Potkuvoimaa mitattiin kyseistä tutkimusta varten kehitetyillä luistimilla, joissa oli kaksi vastusvenymäliuska-anturia kengän ja terän välissä. Potkuvaiheen alku määritettiin kohtaan, jossa voimataso nousi yli 100 Newtonin, kun taas potkuvaihe määritettiin loppuneeksi, kun voimataso saavutti nollan. Tutkimuksessa todettiin, että potkuvoiman suuruus ei eronnut eritasoisten luistelijoiden välillä, mutta syklin aikana tehdyn työn määrä erosi. Luistelijat säätelivät luistelunopeuttaan pääasiassa potkuvaiheen kestolla, kun taas absoluuttinen potkuvoima ja korkein absoluuttinen potkuvoima ei vaikuttanut merkittävästi luistelunopeuteen. (de Koning ym. 1987.) Tämä tulos tukee myös muiden tutkimusten tuloksia. Esimerkiksi Van Ingen Schenau ym. (1985) päätyivät tutkimuksessaan tulokseen, jonka mukaan pikaluistelijanaiset säätelivät luistelunopeuttaan potkutaajuudella, mutta potkun aikana tehdyn työn määrä ei muuttunut. (Van Ingen Schenau ym. 1985.)

Pikaluistelussa jokaisen syklin voima-aikakäyrästä on nähtävissä kaksi huippua, joiden välissä on matalampi alue. Voima-aikakäyrät esitetään kuvassa 6. Ensimmäinen huippu kuvastaa vartalon painon siirtymistä potkaisevalta jalalta uudelle tukijalalle. Tämän jälkeen liukuvaiheen aikana luistin kiertyy xz -tasossa y-akselin yli (kuva 4). Tämä vaihe on nähtävissä voima-aikakäyrän miniminä. Liukuvaihetta seuraa intensiivinen potkuvaihe, jota kuvastaa toinen voima-aikakäyrän huippu. Liukuvaiheen keskivaiheilla nähtävän minimiarvon aiheuttaa keskipakoisvoima, joka kasvaa luistelunopeuden kasvaessa ja pienenee luistelunopeuden pienentyessä.



KUVA 6. Pikaluistelun syklin voima-aikakäyrät kolmelta koehenkilöltä (A, B ja C). Voimat mitattu eteenpäin luistella nopeudella 9 m/s. Voima on ilmaistu prosentteina vartalon painon, vaatteiden ja laitteiston kokonaispainosta ja aika on normalisoitu syklin aikaan (T). Kuvaajassa on esitetty keskiarvot (yhtenäinen viiva) sekä keskihajonta (pisteviiva). (de Koning ym. 1987.)

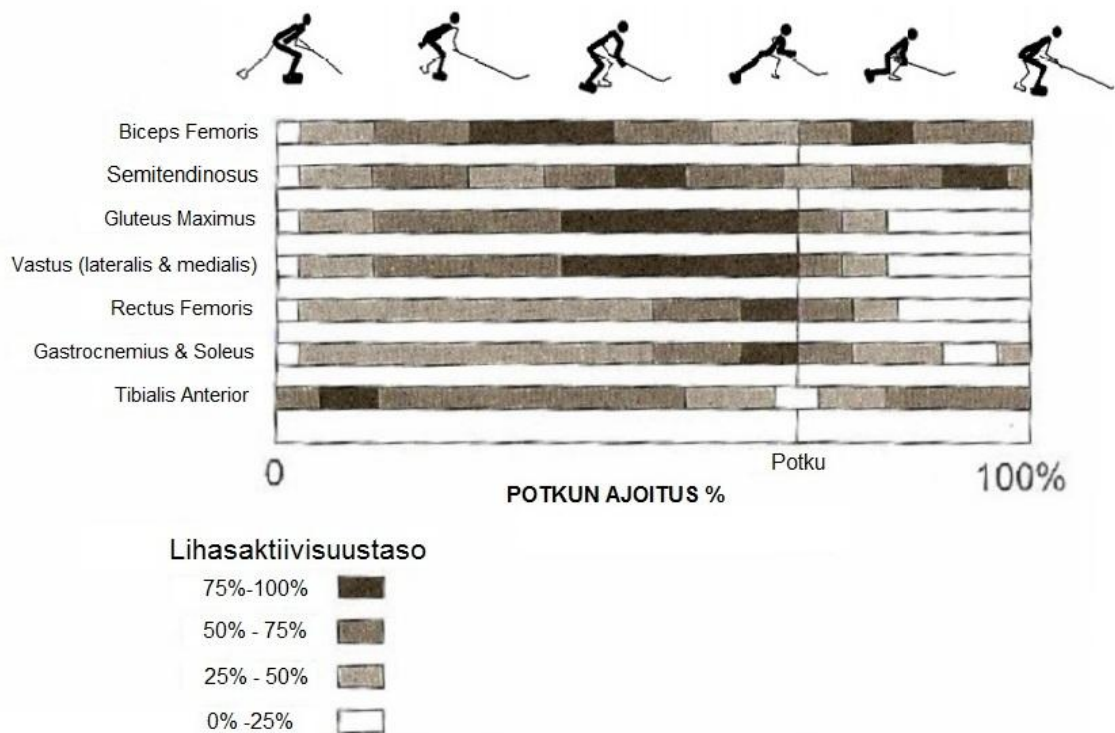
3.3 Lihasaktiivisuudet

Kaikki vartalon liikkeet tuotetaan lihassupistusten avulla. Lihakset supistuvat, kun niitä aktivoidaan hermotasolla. Tätä lihasten aktiivisuutta liikkeen eri vaiheissa voidaan mitata elektromyografian (EMG) avulla. (Sutherland 2001.)

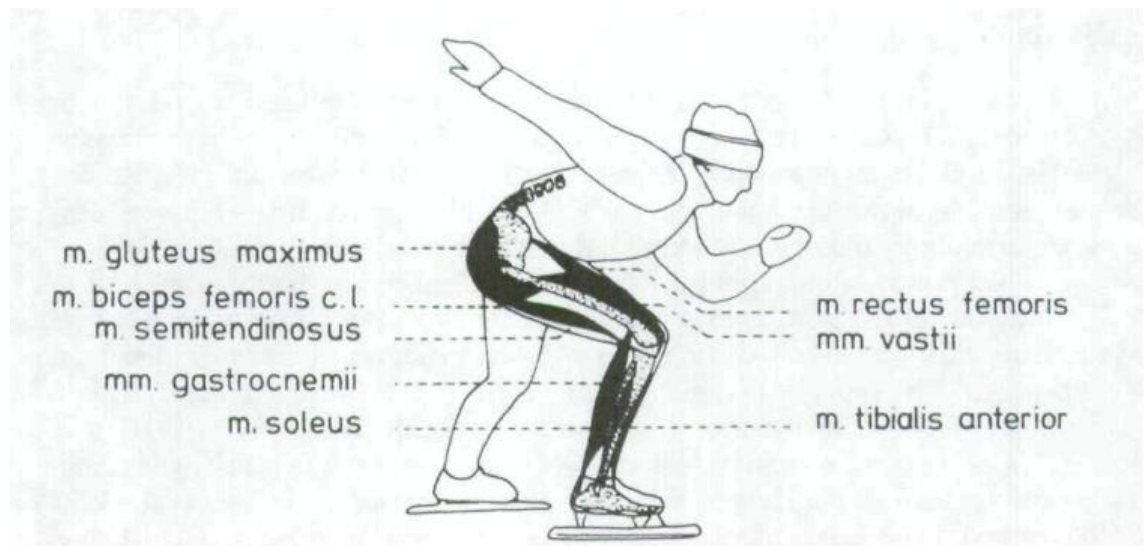
Lihasurymien aktiivisuuksia luistelun eri vaiheissa on tutkittu pikaluistelijoilla 400 m ja 1500 m matkoilta. Näissä tutkimuksissa on yhdistetty luistelun kinemaattinen data ja luistelussa käytettyjen päälihasurymien aktiivisuudet. Tuloksia voidaan hyödyntää myös

jääkiekkoluisteluun. Tulee kuitenkin ottaa huomioon, että pikaluistelun ja jääkiekkoluistelun välillä on tiettyjä eroavaisuuksia, kuten luistimet ja suoritusten kestot, jonka vuoksi esimerkiksi nilkan ojennuksessa potkun loppuvaiheilla löytyy eroja.

Lihaskäyttöjen ajoittaminen eteenpäin luistelun eri vaiheissa on esitetty kuvassa 7 (Pearsall ym. 2000.) Potkuvaiheen voimantuotosta vastaa pääasiassa ison pakaralihaksen (gluteus maximus) konsentrisen lihastyön, joka tuottaa voimaa potkuvaiheen alusta päättyen noin 100 ms ennen potkun loppua. Noin 200 ms ennen potkuvaiheen loppua polvinivelen nopea ojennus tuotetaan suoran reisilihaksen (rectus femoris) ja sisemmän reisilihaksen (vastus medialis) nopean aktivoinnin avulla. Samanaikaisesti kaksipäisen reisilihaksen (biceps femoris) ja kaksoiskantalihaksen (gastrocnemius), agonistilihas, aktiivisuus vähenee. (Pearsall ym. 2000; de Boer ym. 1987.) Kuva 8 havainnollistaa luistelun aikana aktiivisimmin toimivat lihakset.



KUVA 7. Alavartalon lihasten aktiivisuustasot eteenpäin luistelun eri vaiheissa (mukailtu Pearsall ym. 2000).



KUVA 8. Alavartalon lihakset, jotka ovat aktiivisia luistelun aikana. Nämä lihakset ovat m. gluteus maximus (iso pakaralihas; GM), m. biceps femoris caput longum (kaksipäisen reisilihaksen pitkä pää; BF), m. semitendinosus (puolijänteinen lihas; ST), m. rectus femoris (nelipäinen reisilihas; RF), mm. vastii, eli m. vastus medialis (sisempi reisilihas; VM), m. vastus lateralis (ulompi reisilihas, VL) ja m. vastus intermedius (keskimmäinen reisilihas, VI), mm. gastrocnemii (kaksoiskantalihas; GA), m. soleus (leveä kantalihas) ja m. tibialis anterior (etummainen sääri-lihas). (de Koning ym. 1991.)

Liukuvaiheen aikana aktiivisina ovat takareiden lihaksista kaksipäinen reisilihas (biceps femoris) ja puolijänteinen lihas (semitendinosus), mutta ne eivät osallistu voimantuottoon eksentrisen lihastyön aikana, vaan auttavat stabiloimaan asentoa. Ennen potkuvaihetta sekä polven ojentaja- että koukistajalihakset ovat aktiivisia. Tällä tavoin saadaan optimoitua jalan asento potkua varten. (Pearsall ym. 2000.)

Liukuvaiheen aikana polvinivelessä ei tapahdu liikettä. Polvinivel on niin sanotusti lukittuna polven ojentaja- ja koukistajalihasten toimesta siihen asti, kun potkuvaiheen voimantuotto alkaa. Tämä mahdollistaa sen, että vartalon kulma voi pysyä pienenä, luistelijä voi saavuttaa optimaalisen potkukulman pienentämällä polvikulmaa ja samalla esivenyttää polven ojentajalihasia. Esivenytys edesauttaa sitä, että polven ojentajalihakset voivat aloittaa konsentrisen (supistumis-) vaiheen suuremmalla voimatasolla. (de Boer ym. 1987.)

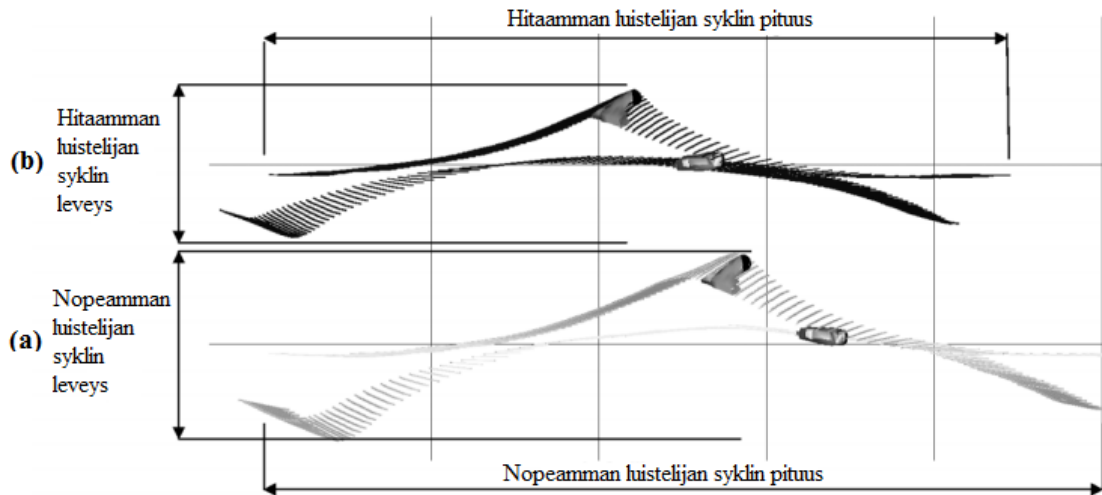
4 LUISTELUN PARAMETRIT NOPEUDEN FUNKTIONA

Luistelunopeus on riippuvainen luistelusyklin taajuudesta, toisin sanoen potkujen määrästä tietynä ajanjaksona. Luistelunopeus ei ole niinkään riippuvainen syklin pituudesta, eli siitä matkasta, joka edetään yhden syklin aikana. Luistelunopeuden kasvaessa syklin taajuus siis kasvaa, mutta syklin pituus ei juuri muutu. Luistelunopeuden kasvaessa sekä kaksoistukivaiheen että liukuvaiheen kesto lyhenee. Suuri luistelunopeus on siis enemmän riippuvainen potkujen tiheydestä kuin potkun aikana tuotetusta voimasta. (Marino 1977.)

Marino (1977) totesi tutkimuksessaan, että hitailla luistelunopeuksilla luistelijat olivat enemmän pystyasennossa ja heidän luistelunsa liukuvaihe oli pitkäkestoinen. Suuremmilla luistelunopeuksilla potkuvaihe oli selkeästi lyhyempi ja palautusvaiheeseen käytettiin vähemmän aikaa. (Marino 1977.) On myös todettu, että nopeammat luistelijat säilyttävät palautusvaiheessa luistimen lähellä jään pintaa varmistaakseen nopean palautusvaiheen ja siirtymisen seuraavaan sykliin (Bracko 2004).

Kuten edellä jo todettiin, suurilla luistelunopeuksilla kaksoistukivaiheen kesto oli lyhyempi kuin hitaammilla nopeuksilla. Tämä kuvastaa taipumusta erittäin nopeaan potkuvaiheeseen suurilla luistelunopeuksilla ja viittaa siihen, että suurilla nopeuksilla jokaisen potkun aikana tuotettu voima on suurempi. Suurilla luistelunopeuksilla, potkufrekvenssin ollessa suuri, potkun voimakkuutta kasvattamalla saadaan lisättyä luistelunopeutta tai ylläpidettyä sitä. (Marino 1977.)

Tutkimusten mukaan nopeiden ja hitaiden luistelijoiden erot näkyvät syklien kokonaislevydessä, oikean ja vasemman syklin välisessä etäisyydessä sekä lonkkanivelen abduktiossa (Bracko 2004; Upjohn ym. 2008). Kuten kuvasta 9 voidaan huomata, nopeamman luistelijan sykli on leveämpi ja pitempi kuin hitaammalla luistelijalla (Upjohn ym. 2008).



KUVA 9. Syklin pituuden ja leveyden erot (a) nopeamman ja (b) hitaamman hiihtelijän välillä. Erot nähtävissä terän jättämistä jäljistä. (mukailtu Upjohn ym. 2008.)

5 LUISTELUHARJOITTELU

Jääkiekko on nopeatempoinen joukkuelaji, joka vaatii erinomaista fyysistä kuntoa, teknisten taitojen hallintaa ja tarkkuutta sekä kykyä tehdä nopeita päätöksiä joukkueen eduksi. Jääkiekkoilijalla pitää olla myös kykyä tuottaa nopeita kiihdytyksiä, suunnan ja nopeuden muutoksia sekä tuottaa ja ottaa vastaan voimakkaita vartalokontakteja muiden pelaajien kanssa. (Upjohn ym. 2008; Nadeau ym. 2008; Quinney ym. 2008.)

Pelitilanteessa jääkiekkoilija on jäällä kerrallaan noin 30 – 85 sekuntia. Vuorojen välillä on noin 2 – 5 minuutin palautumisvaihe, jonka pituuteen vaikuttaa pelaajan pelipaikka ja -tyyli, pelistrategia ja valmentajan päätökset. Pelin aikainen intensiteetti on siis korkea ja sykkeiden on todettu nousevan keskimäärin 90 %:iin maksimisykkeestä. Harjoitusvuosien aikana jääkiekkoilijan kehonkoostumus ja hermolihasjärjestelmä muodostuu jääkiekkoilijalle edulliseksi, anaerobinen kunto sekä sydän- ja hengityselimistön toiminta kehittyä korkeatasoiseksi. Näiden ominaisuuksien kehittäminen parantaa suoritusta kaikilla jääkiekon osa-alueilla. (Quinney ym. 2008.)

5.1 Luistelutaito ja -asento

Kaikissa jääkiekon vaiheissa tärkein taito on eteenpäin suuntautuva luistelu. Erinomainen luistelutaito mahdollistaa täsmällisen ja nopean liikkumisen jäällä. (Upjohn ym. 2008.) Luistelutaidon oppimisen alkuvaiheessa tulee panostaa erityisesti luistelun biomekaanisten tekijöiden hallintaan. Fyysiset ominaisuudet tulevat tärkeäksi vasta, kun luistelutaito on kehittynyt luontevaksi ja automaattiseksi. Luisteluharjoittelun alkuvaiheessa tulee tehdä paljon staattista ja dynaamista tasapainoa kehittäviä harjoitteita. Tällaisia harjoitteita ovat mm. liu'ut yhdellä tai kahdella jalalla eri tasoissa, hyppy esteiden yli, luistelu esteiden ali sekä erilaiset taitoluistelun hyppyt ja piruetit. (Alatalo ym. 1987.) Hyvä dynaaminen tasapaino mahdollistaa painopisteen korkeuden säätelyn, mikä myös osaltaan vaikuttaa tasapainon hallintaan. Mitä korkeammalla kehon painopiste on, sitä hankalammaksi tasapainon hallinta muodostuu. (SLU 2002, 43–44.)

Alatalo ja Lumela (1987) totesivat tutkimuksensa perusteella, että luisteluasennon korkeus vaikuttaa merkittävästi eteenpäin suuntautuvan luistelunopeuden lisääntymiseen. Heidän mukaansa luisteluopetuksen alkuvaiheessa tulisi kiinnittää erityisesti huomiota matalamman luisteluasennon kehittämiseen. Kyseistä ominaisuutta voi harjoittaa esimerkiksi suorittamalla erilaisia taitoratoja pienemmillä polvikulmilla. Alatalo ja Lumela ohjeistivat sisällyttämään jokaiseen harjoituskertaan tällaisia harjoitteita 1-2 kappaletta. Tulee kuitenkin muistaa, että iän kertyessä lihasvoima kasvaa ja täten myös luisteluasento syvenee. (Alatalo ym. 1987.) Matalamman luisteluasennon lisäksi luisteluharjoittelussa tulisi huomioida alusta asti myös muut biomekaaniset seikat. Yksi tärkeistä seikoista luisteluharjoittelun alussa on eteenpäin suuntautuvan luistelun kaksoistukivaiheen laajuus. On korostettava, että rauhallinen ja laaja työntövaihe auttaa painopisteen siirtymistä liukuvalta jalalta työntävällä jalalle ja päinvastoin. Tämä taas mahdollistaa potkaisevan jalan polven ja nilkan suuremman ojentumisen ja täten voimakkaamman potkun. On huomioitava, että luisteluasentoa madallettaessa ja liikelaajuutta lisättäessä tarvitaan luisteluasennon ylläpitämiseen enemmän lihasvoimaa. Lihasvoima kehittyy iän kertyessä, mutta sitä täytyy myös harjoittaa. (Alatalo ym. 1987.)

5.2 Lihasvoima

Lihasvoimaa voidaan kehittää kahdella eri tavalla: kasvattamalla lihasten kokoa ja/tai kehittämällä hermostollista ohjausta ja säätelyä. On tärkeää kehittää koko vartalon lihaksia, mutta huomio tulisi kuitenkin kiinnittää niihin lihaksiin, joita jääkiekossa tarvitaan. Iän karttuessa myös ylävartalon lihasten toiminta korostuu, kun pelin aikaiset vartalokontaktit kasvavat. Lihasvoimaa kehittämällä voidaan ennaltaehkäistä erilaisten vammojen syntyä. (Nicholas ym. 2002; IIHF 2008.) Lihasvoimaa lisäämällä voidaan vaikuttaa myös tehon tuottoon, joka taas vaikuttaa muun muassa kiihdytyksiin, pysähtymisiin ja laukaisunopeuksiin. Voimaa, nopeutta ja tehoa voidaan kehittää myös yhdistetyillä voima- ja plyometria harjoitteilla. Ne kehittävät hermolihaskäytännön tehokkaasti ja niiden on todettu olevan vähintään yhtä tärkeitä kuin perinteiset harjoitukset yksistään. (Farlinger ym. 2008.) Plyometria harjoitteilla tarkoitetaan erilaisia hyppelyharjoituksia, jotka voidaan suorittaa ilman lisäpainoa tai lisäpainon kanssa. Oikein suoritettuina plyometria harjoitteet kehittävät myös maksimaalista tehon tuottoa. (Makaruk ym. 2010.)

5.3 Aerobinen ja anaerobinen kestävyys

Jääkiekkoilijat tuottavat energiaa pääasiassa anaerobisesti, mutta myös tehokkaasta aerobisesta energiantuotosta on heille hyötyä. Anaerobista energiantuottoa hyödynnetään lyhyissä korkeatehoisissa pyrähdyksissä, kun taas aerobista energiantuottoa käytetään matalan ja kohtalaisen intensiteettitasoisen luistelun aikana sekä vuorojen, pelien ja harjoitusten välisten palautusten aikana. (Durocher ym. 2008.) Anaerobisen energiantuoton aikana elimistö tuottaa energiaa ilman happea välittömistä energianlähteistä ATP-kreatiinifosfaattijärjestelmän ja laktaatin muodostuksen kautta. Aerobinen energiantuotto tuottaa energiaa hapen avulla elimistön energiavarastoista. (Twist 1993.) Kehittämällä maksimaalista aerobista kapasiteettiä (VO_{2max}) nopeutetaan palautumista ja vähennetään väsymystä. Korkeampi VO_{2max} kehittää pelin tempoa ja lisää maalintekomahdollisuuksia. (Durocher ym. 2008.)

Aerobisilla harjoitteilla pyritään kehittämään sydän- ja verisuonijärjestelmän toimintaa sekä lihasten väsymyksensieto- ja palautumiskykyä (Durocher ym. 2008; Kanehisa ym. 1995). Aerobinen kestävyys on lisäksi kaiken harjoittelun perusta. Ilman hyvää aerobista kestävyyttä on hankala harjoittaa muita osa-alueita, kuten voimaa ja nopeutta. (Kanehisa ym. 1995; Westerlund 1997.) Aerobista kestävyyttä voidaan harjoittaa matalatehoisilla pitkäkestoisilla harjoituksilla, joissa mahdollisimman suuri määrä lihaksia on toiminnassa (Durocher ym. 2008). Jääkiekkoilijoiden on parasta kehittää aerobista kuntoon kesäkaudella ennen pelikauden alkua ja sellaisilla harjoituksilla, joissa jääkiekossa tarvittavat lihasryhmät ovat pääroolissa. (Durocher ym. 2008; Kanehisa ym. 1995.)

Lyhyissä, intensiivisissä pyrähdyksissä oksidatiivinen, eli hapellinen, järjestelmä ei ehdi yksinään tuottamaan elimistön tarvitsemaa energiamäärää. Tällöin energiaa tuotetaan nopeasti anaerobisen energiantuottojärjestelmän avulla. Anaerobinen harjoittelu kehittää solujen energiantuottokykyä sekä elimistön kykyä torjua väsymystä. Anaerobinen harjoittelu koostuu lyhyistä intensiivisistä suorituksista sekä hieman pitempiketoisista intensiivisistä suorituksista. (Durocher ym. 2008.) Molemmissa tapauksissa harjoitukset tulee suorittaa täydellä teholla. Jokaisen suorituksen välissä tulee olla tarpeeksi pitkä palautusvaihe, jotta välittömät energiavarastot ehtivät täydentyä. Myös anaerobisen harjoittelun aikana tulee huolehtia, että harjoitetaan jääkiekossa käytettäviä päälihasryhmiä. (Stamm 2010.)

Luisteluasennon on todettu vaikuttavan suorituksen aerobiseen ja anaerobiseen energiantuottoon (Rundell 1996). Pikaluistelussa ja jääkiekkoluistelussa keskivartalon ja polvien nivelkulmat ovat pienet, toisin sanoen luisteluasento on matala ja keskivartalo on eteenpäin kallistuneena. (Rundell 1996.) Matalan ja staattisen luisteluasennon on arveltu vähentävän veren virtausta työskenteleeviin lihaksiin, rajoittavan hapenkuljetusta ja lisäävän anaerobisen energiantuottotavan tarvetta. Verrattaessa pikaluistelusuoritusta polkupyöräergometrisuoritukseen, maksimaalinen hapenkulutus oli pyöräilyssä 6 % korkeampi vaikka maksimisyketasossa ei ollut eroa. Rundell (1996) selvitti tutkimuksessaan rullaluistelun asennon vaikutusta aerobiseen ja anaerobiseen energiantuottoon. Tutkimukseen oli otettu mukaan kaksi eri luisteluasentoa: korkeammassa asennossa vartalo oli enemmän pystyasennossa ($97^{\circ} \pm 13^{\circ}$ vs. $56^{\circ} \pm 10^{\circ}$) ja polvikulma oli suurempi ($119^{\circ} \pm 5^{\circ}$ vs. $107^{\circ} \pm 6^{\circ}$) kuin matalammassa asennossa. Tutkimustulosten mukaan matalamman asennon aikana hapenkulutuksen huippu oli matalampi ja laktaattita-

sot submaksimaalisella alueella oli suuremmat kuin korkeamman asennon aikana. (Rundell 1996.) Näiden tulosten perusteella voisi tehdä nopean johtopäätöksen, että korkeampi (pystympi) luisteluasento olisi taloudellisempi. Tulee kuitenkin muistaa, että jääkiekko-ottelun aikana suoritukset ovat lyhyitä ja matalamman luisteluasennon on todettu vaikuttavan positiivisesti potkun tehokkuuteen ja täten myös luistelunopeuteen. (Marino 1977.) Pikaluistelussa matalampi asento puolestaan pienentää ilmanvastusta (Gemser ym 1999).

5.4 Notkeus

Edellä käsiteltyjen ominaisuuksien lisäksi jääkiekkoilijan tulisi harjoittaa notkeutta. Notkeus on kyky, jonka avulla pelaaja pystyy hyödyntämään nivelten koko liikelaajuutta. Liikettä rajoittaa nivelen rakenne ja nivelen ympärillä olevien lihasryhmien tasapaino. Itse nivelen rakenteeseen ei pystytä vaikuttamaan, mutta notkeusharjoitteilla voidaan parantaa lihaksen ja jänteiden liikelaajuutta ja vähentämään vastakkaisen lihaksen rajoittavaa vaikutusta kyseiseen lihakseen. Agonisti- ja antagonistilihaksen toimintaan vaikuttaa hermosto. Notkeusharjoittelulla, toisin sanoen venyttelyllä, voidaan vaikuttaa hermoston toimintaan ja täten myös agonisti- ja antagonistilihasten yhteistyöhön. (Schwellnus 2004; IIHF 2008.) Notkeus vaikuttaa myös ketteryyteen ja vammojen ennaltaehkäisyyn. Notkeat lihakset ja nivelet pystyvät toimimaan tehokkaammin koko liikelaajuudellaan. Kireät lihakset ja tätä kautta epätasapainossa olevat lihasryhmät altistavat vammoille. Venyttely ennen ja jälkeen harjoituksen auttaa pitämään lihakset tasapainossa. (Schwellnus 2004; Stamm 2010.)

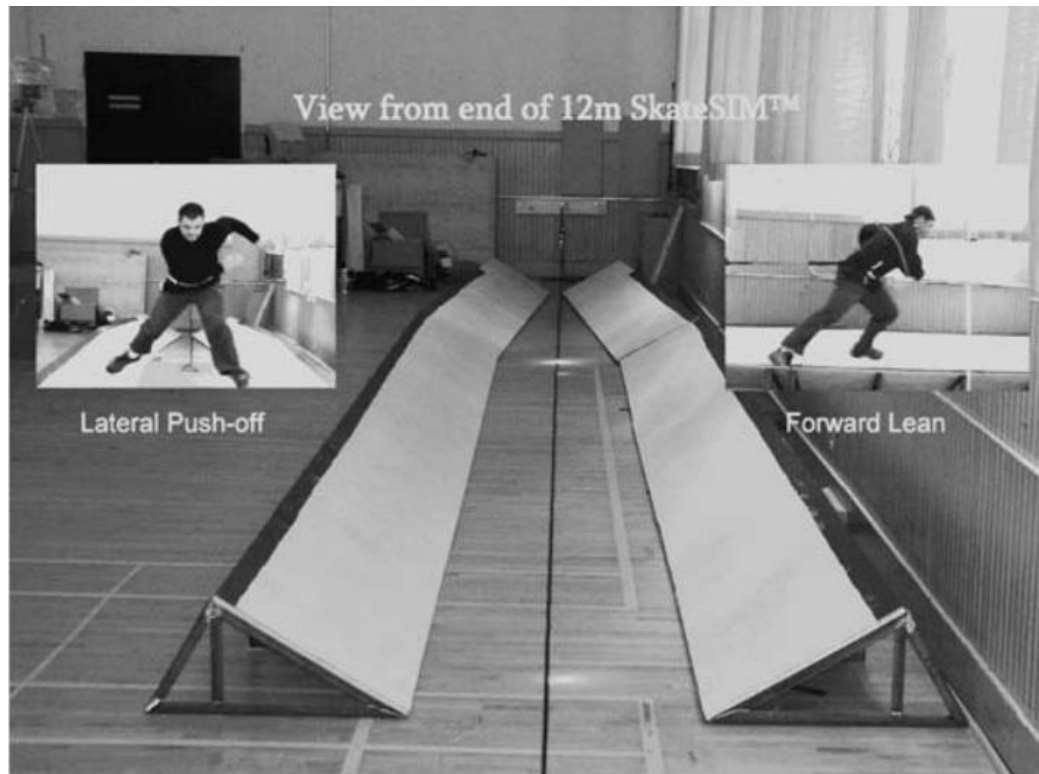
5.5 Harjoittelun spesifisyys

Luisteluharjoittelun tulee olla spesifiä, eli harjoittaa juuri niitä liikkeitä niillä nopeuksilla, voimilla ja nivelkulmilla kuin mitä lajisuorituksessa vaaditaan. (Farlinger ym. 2008.) Jääharjoittelun lisäksi jääkiekkoilijat voivat kehittää luisteluaan erilaisilla menetelmillä. Näitä ovat muun muassa luistelu luistelumatolla ja SkateSim -laitteistolla. (Lockwood ym. 2007; Farlinger ym. 2008.) Luistelumatolla luistelijat voivat tehdä lajiharjoittelua

ympäri vuoden. Luistelumattoa voidaan hyödyntää kuntoutuksessa, luistelututkimuksessa sekä luistelutekniikan ja kunnan analysoinnissa. (Lockwood ym. 2007.) SkateSim – laitteistolla voidaan kehittää erityisesti luistelun oikeanlaista potkukulmaa (postero-lateraalin) sekä vartalon asentoa. Lisäksi laitteistolla saadaan säädettyä vastusta luiteluun. Kuva 10 havainnollistaa luistelua luistelumatolla ja kuva 11 SkateSim – laitteistolla.



KUVA 10. Luistelu luistelumatolla. Luistelunopeutta ja maton kulmaa voidaan vaihdella. (Breakaway Hockey Centre 2011.)



KUVA 11. SkateSim -laitteisto. Kuvassa 12 metrin pituinen laitteisto. Kuvan vasemmassa reunassa kuvattu luistelun potkun kulmaa ja kuvan oikeassa reunassa vartalon kulmaa. (Farlinger ym. 2008.)

6 LUISTELUALUSTAT

Perinteisesti jääkiekkoa on pelattu jäällä, kaukalossa joko sisällä tai ulkona. Vapaa-aikana myös jokien ja järvien jäät ovat olleet jääkiekon harrastajien käytössä. Mitä korkeammalla tasolla jääkiekon pelaaminen on, sitä suuremmat vaatimukset luistelualustalle on. Sen tulee olla tasainen, se ei saa olla kalteva, eikä siinä saa olla koloja ja muita epäsäännöllisiä muotoja. Yleisesti tasaiset sisäjäät on saatu aikaan jäädyttävillä laitteilla (esim. Zamboni –jäänhoitokone, Frank J. Zamboni & Co., USA). Näiden laitteiden toiminta perustuu siihen, että ne poistavat jään pinnasta ohuen kerroksen jäätä ja lisäävät sen tilalle ohuen kerroksen kuumaa vettä. (Pearsall ym. 2000.)

Jään pinnan ja luistimien erityinen yhdistelmä mahdollistaa jääkiekkoilijan liikkumisen ketterästi ja nopeasti jäällä. Luistelualustana jää omaa sellaiset mekaaniset ominaisuu-

det, jotka mahdollistavat luisteluliikkeen. Jään pinnalla tulee olla tarpeeksi pieni kitkakerroin, jotta luistelijan on mahdollista liukua sitä pitkin. Toisaalta sillä tulee olla tarpeeksi suuri kitkakerroin, jotta luistelija pystyy ylläpitämään ja kiihdyttämään vauhtia potkuillaan. Luistimien avulla luistelija pystyy hyödyntämään ja kontrolloimaan luistelualueen erilaiset kitkaominaisuudet. (Pearsall ym. 2000.) Jään kitkakertoimella on suora yhteys lämpötilaan. Mitä kylmempi lämpötila on, sitä kovempi jää on ja sitä helpompi on luistimella liukua. Jään kitkakertoimeksi on laskettu 0,003–0,007, kun lämpötila on välillä -6° ja -9° C. Mikäli jään kunto ja lämpötila eivät ole jatkuvassa tarkkailussa, jään rakenne voi vaihdella. Tämä voi vaikuttaa väsymykseen, luistelunopeuteen, suorituskykyyn, ketteryuteen ja kiekon käsittelyyn. (Pearsall ym. 2000.)

Perinteisen jään rinnalle on kehitelty uusia vaihtoehtoja luistelualueiksi. Näitä ovat muun muassa synteettinen jää ja luistelumatto. (Lockwood ym. 2007.) Synteettinen jää valmistetaan muovisekoitteesta, kuten esimerkiksi polyeteenistä. Useiden valmistajien synteettinen jää muodostetaan useista toisiinsa kiinnitettävistä alustoista. Synteettisen jään kitkakerroin ($\mu \approx 0,27$) on suurempi kuin perinteisen jään, mutta sitä saadaan pienennettyä levittämällä synteettisen jään pinnalle silikonipohjaista liukastetta. Oikeanlaisella muovisekoituksella synteettisellä jäällä on mahdollista luistella samoilla luistimilla kuin perinteisellä jäälläkin. Synteettisen jään etuja ovat sen asennettavuus laboratoriotiloihin ja niihin paikkoihin, joihin perinteistä jäätä on hankala saada. (Stidwill ym. 2009.)

Stidwill ym. (2009) tutkivat perinteisellä jäällä ja synteettisellä jäällä tapahtuvan luistelun mahdollisia eroja. He totesivat, että jäällä ja synteettisellä jäällä luistelu eivät eronneet toisistaan merkitsevästi. Ainoa luistelualueita erottava tekijä oli polven fleksion määrä. Polven fleksio oli hieman pienempi luistellessa synteettisellä jäällä (11°) kuin perinteisellä jäällä (15°). Stidwill:n ym. mukaan pienempi fleksio selittyy synteettisen jään suuremmalla kitkalla. Sen takia luistelu tuntuu hitaammalta ja suurentunutta vastusta pyrittiin korvaamaan pidemmällä potkulla, joka taas aiheuttaa polven pienemmän fleksion. (Stidwill ym. 2009.)

Luistelumatto on rakennettu useista rinnakkain asetetuista polyeteeniliuskoista, jotka yhdessä muodostavat luistelualueen, jossa voidaan luistella tavallisilla luistimilla (Nobes ym. 2009). Luistelumaton luistelun on uskottu simuloivan jäällä luistelua, mutta

eroavaisuiksiakin on löydetty (Nobes ym. 2009; Stidwill ym. 2009). Luistelijat ovat niin sanotusti pakotettuja luistelemaan eteenpäin, kun luistelumaton vauhti pysyy samana. Tämä vaikuttaa myös siihen, että luistelunopeus ei vaihtele luistelusyklin eri vaiheiden aikana, eli luistelu on tasavauhtista. Lisäksi erityisen pitkällä luisteliijoilla luistelu-tekniikka muuttuu, kun luistelumaton koko rajoittaa raajojen liikelaajuutta. Näiden seikkojen vuoksi luistelumatolla luistelua ei voida pitää optimaalisena ergometrinä kuvaamaan jäällä luistelua ja luistelua pelitilanteissa. (Stidwill ym. 2009.) Luistelumattoa on kuitenkin käytetty lajiharjoitteluun ympäri vuoden sekä luistelutekniikan harjoittamiseen, kuntoutukseen, luistelututkimuksiin ja kunnan analysointiin (Lockwood ym. 2007).

Nobes ym. (2003) vertailivat luistelun taloudellisuutta jäällä ja luistelumatolla. He toteivat, että luistelumatolla on suurempi syklin taajuus ja pienempi syklin pituus. He arvioivat, että eroihin vaikuttavat luistelualustan kitka sekä laboratorio-olosuhteiden vähentynyt ilmanvastus. Luistelumaton kitkan suuruutta ei ole tarkasti selvitetty, mutta sen oletetaan olevan suurempi kuin jään. Samaisessa tutkimuksessa oli myös huomattu, että submaksimaalisilla nopeuksilla hapenkulutus ja syke olivat luistelumatolla korkeammat kuin jäällä. Maksimaalinen hapenkulutus oli kuitenkin samansuuruinen, mutta maksimisyke oli luistelumatolla suurempi. Suurimmat fysiologiset muutokset näiden kahden luistelualustan välillä olivat nähtävissä matalilla nopeuksilla. (Nobes ym. 2003.) Jalkoihin kohdistuvia voimia on tutkittu hyvin vähän luistelumatolla. On kuitenkin arveltu, että jalkoihin (jalkapohjiin) kohdistuvat voimat ovat samansuuruiset luistelumatolla ja jäällä. (Chang ym. 2009.)

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Jääkiekkoluistelijat ovat käyttäneet BladeMill –luistelumattoa luistelutekniikan harjoittamiseen sekä kuntouttavaan harjoitteluun. Luistelumaton nopeutta voidaan säätää 45 km/h saakka ja kulmaa 30° saakka. Luistelumaton luistelupinta on synteettistä jätää, joka on valmistettu UHMWPE –muovista (Ultra-high-molecular-weight polyethylene, eli erittäin suuren molekyylipainon omaava polyeteeni). (Skating Treadmill 2011.) Aikaisemmissa tutkimuksissa on selvitetty muun muassa sitä, kuinka nopeasti luistelija oppii ja tottuu luistelemaan kyseisellä luistelumatolla. On todettu, että jopa kymmenvuotiaat jääkiekkoilijat tottuivat luistelemaan luistelumatolla lyhyessä ajassa. (Lockwood ym. 2007.)

BladeMill –luistelumattoa on tähän mennessä käytetty hyvin vähän tutkimuksissa. Itse jääkiekkoluistelua on kuitenkin tutkittu melko paljon, mutta vain niin sanotuilla perinteisillä alustoilla, kuten jääkiekkokaukalossa, ja synteettisellä jäällä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia jääkiekkoluistelun biomekaniikkaa eteenpäin suuntautuvassa luistelussa jäällä ja luistelumatolla sekä selvittää, löytyykö luistelun biomekaniikasta eroavaisuuksia näiden kahden alustan välillä. Tutkimuksessa kiinnitettiin huomiota erityisesti nivelkulmiin, kulmanopeuksiin, luisteluasentoon ja potkun leveyteen. Näitä muuttujia vertailtiin kahden alustan välillä kolmella eri luistelunopeudella.

8 MENETELMÄT

8.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä tässä tutkimuksessa oli 10 jääkiekkoilijapoikaa. Koehenkilöt pelasivat kyseisellä kaudella joko JYP:n B-junioreissa (Sm-taso) tai Diskoksen B-junioreissa (I-divisioona). Koehenkilöiksi soveltuivat pelaajat, joilla oli jo usean vuoden pelikokemus (keskimäärin 10 vuotta) sekä kokemusta luistelumatolla luistelusta. Koehenkilöiden ikäjakauma, jääkiekkouran kesto, pituus ja paino on esitetty taulukossa 2. Koehenkilöille kerrottiin etukäteen tutkimuksen tarkoitus ja mittauksen sisältö. Ennen tutkimuksen aloittamista koehenkilöt allekirjoittivat suostumuslomakkeen tutkimukseen osallistumisesta.

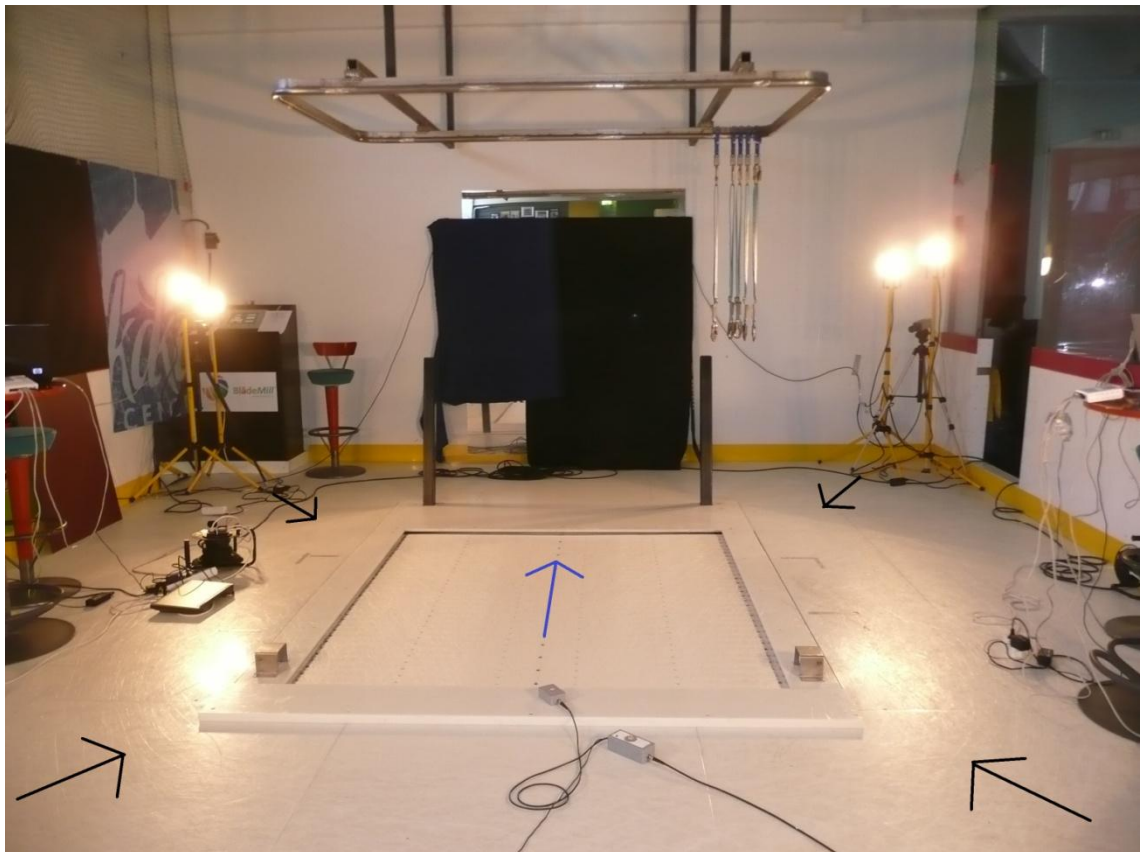
TAULUKKO 2. Koehenkilöiden taustatiedot tutkimuksen alkaessa (keskiarvo \pm keskihajonta).

Ikä (v)	16,9 \pm 0,57
Jääkiekkouran kesto (v)	10,3 \pm 1,64
Pituus (cm)	179 \pm 6,65
Paino (kg)	76,7 \pm 9,69

8.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus suoritettiin kahdessa osassa. Ensimmäisinä mittauspäivinä luistelumittaukset tehtiin jäällä (Jyväskylän harjoitusjäähalli) ja näiden jälkeen luistelumatolla (Breakaway Hockey Centre). Jäällä koehenkilöt pyrkivät luistelemaan kolmella eri nopeudella, 20 km/h, 25 km/h ja 30km/h, siinä järjestyksessä mikä heistä itsestä tuntui parhaimmalta. Kunkin koehenkilön hyväksytyjen suoritusten luistelunopeudet kirjattiin ylös ja luistelumatolla pyrittiin käyttämään mahdollisimman saman suuruisia nopeuksia (\pm 0,5 km/h). Luistelumatto säädettiin vaakatasoon. Jäällä ja luistelumatolla käytettiin samanlaista mittauslaitteasetelmaa. Kameroiden käynnistys suoritettiin kuitenkin eri tavalla. Jäällä kamerat käynnistettiin valokennojen avulla ja luistelumatolla kaukosäätimellä.

Tutkimuksessa käytetty luistelumatto sijaitsi Breakaway Hockey Centren tiloissa. Mittauslaitteisto sijoitettiin luistelumatton ympärille niin, ettei koehenkilön luistelu häiriintynyt. Luistelumatton edessä oleva peili peitettiin vastavalojen ja muiden häiriöiden vähentämiseksi. Kuva 12 havainnollistaa mittauslaitteiston sijoittelua luistelumatton ympärille. Jäällä kamerat sijoitettiin vastaavalla tavalla luistelualueen ympärille. Lisäksi jäällä luistelualueen alku- ja loppupäähän sijoitettiin valokennot molemmin puolin luistelualuetta.



KUVA 12. Luistelumatto ja mittauslaitteistojen sijoittelu. Mustat nuolet (4 kpl) kuvaavat kameroiden suuntaa ja sijaintia luistelumattoon nähden ja sininen nuoli kuvaa luistelusuuntaa.

8.3 BladeMill –luistelumatto

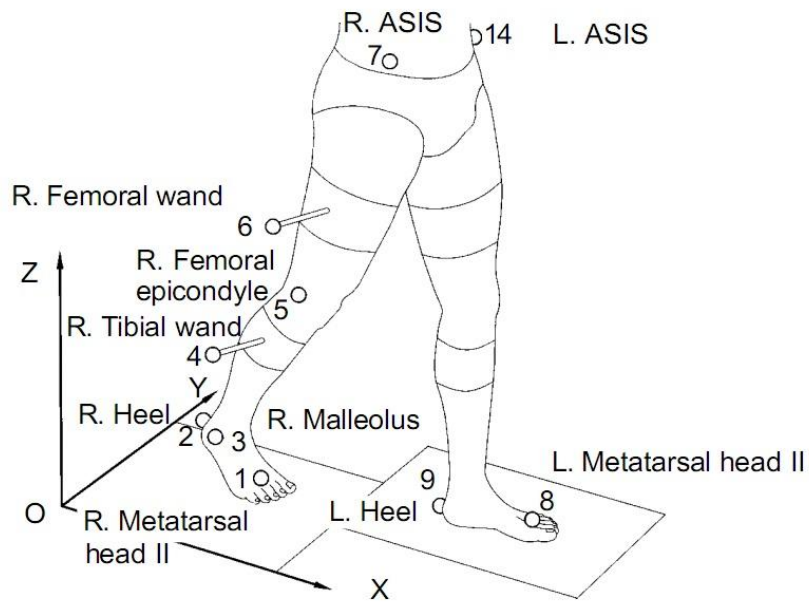
BladeMill –luistelumatto (luistelualusta ja kehikko) on leveydeltään 2,54 m ja pituudeltaan 4,57 m. Laitteiston nopeus on 0 – 45 km/h ja maksiminousukulma 30°. (Skating Treadmill 2011.) Kuva 12 esittää tutkimuksessa käytettyä BladeMill –luistelumattoa.

Luistelumattoa voidaan käyttää esimerkiksi luistelutekniikan harjoitteluun mailan kanssa ja ilman, kunnon kohotukseen sekä kuntoutukseen. Luistelutekniikkaa voidaan kehittää nopeasti, sillä valmentaja voi antaa palautetta luistelusta reaaliaikaisesti. Luistelumatolla voidaan kehittää erityisesti anaerobista kuntoa, sillä matolla saavutetaan anaerobinen kynnys nopeammin kuin jäällä. (Skating treadmill 2011.)

8.4 Mittaukset

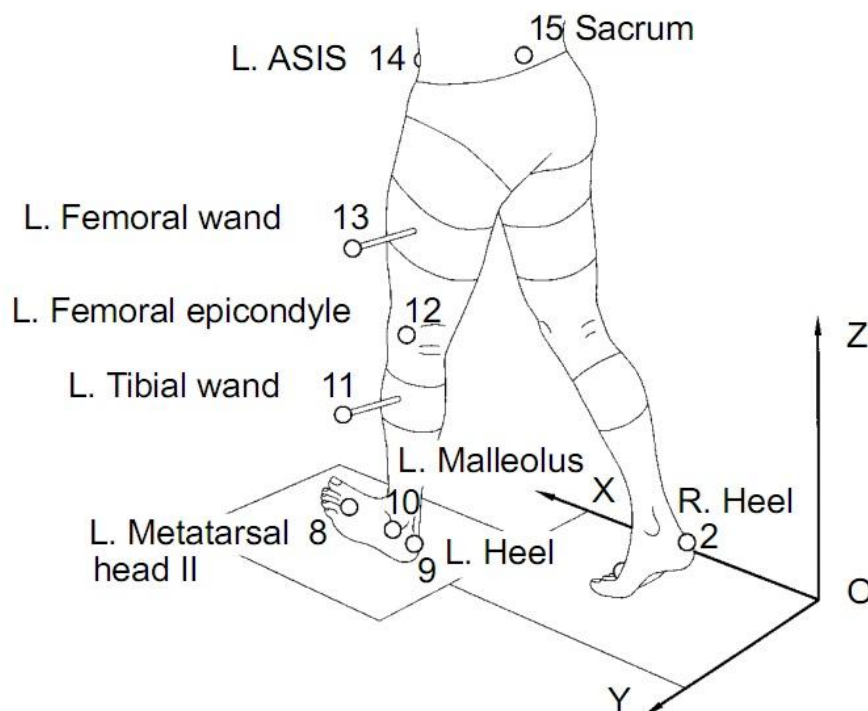
8.4.1 Datan keräys

Tutkimuksessa käytettiin neljää suurnopeuskameraa (Fastec InLine 250, Fastec Imaging Co., USA), jotka olivat synkronoitu (genlockattu) toisiinsa. Kuvaustaajuutena käytettiin 125 Hz ja suljinnopeutena 1/500 s. Alavartaloon kiinnitettiin 15 heijastavaa markkeria modifioidun Helen Hays protokollan mukaisesti: toisen metatarsaalin kohdalle luistimeen, lateraalisen malleolin kohdalle luistimeen, kantaluun kohdalle luistimeen, sääreen, polven lateraaliseen condyliin, reiteen, anterior iliac spineen sekä sacrumiin (Vaughan ym. 1999, kuva 13 ja kuva 14). Lisäksi ylävartaloon kiinnitettiin 6 markkeria: markkerit olkapäähän acromioniin, kyynärpään lateraalisen epicondyliin sekä rannenivelen dorsaalipuolelle.



Global reference frame

KUVA 13. Tutkimuksessa käytetty Helen Hays-protokollan mukainen markkeriasetelma (Vaughan ym. 1999).



KUVA 14. Markkeriasetelma takaa (Vaughan ym. 1999).

Luistelualue jäällä määritettiin siten, että jokaisen koehenkilön luistelusta saataisiin kuvattua kokonainen potkupari. Kameroita (N=4) ei voitu kuitenkaan sijoittaa kauas luistelualueesta, jottei kuvaustarkkuus heikentyisi liikaa. Pilottimittauksen perusteella kuvattavan luistelualueen pituudeksi määritettiin 10 m ja kamerat sijoitettiin noin 12 m etäisyydelle luistelualueesta. Luistelualueen alkuun ja loppuun sijoitettiin valokennot. Alueen alkupäässä sijaitsevan valokennon ohittaminen käynnisti kamerat sekä ajanoton. Jälkimmäisen valokennon ohittaminen sammutti ajanoton. Kameroiden kuvausajaksi valittiin 4 s, joka oli sama kuin luistelumatolla. Koehenkilöiden tavoiteluistelunopeudet olivat 20 km/h, 25 km/h ja 30 km/h. Luistelunopeudet määritettiin pilottimittauksen perusteella, jossa todettiin, että 30 km/h ei ole kenellekään liian suuri nopeus, mutta sitä suuremmat nopeudet voisivat vaikuttaa joidenkin koehenkilöiden kohdalla tekniikan heikentymiseen. Todettiin myös, että 20 km/h ei olisi liian hidaskä, jotta se vaikuttaisi luistelutekniikkaan. Tutkimuksen aikana luistelunopeutta seurattiin ja koehenkilö säätöi nopeutta luistelualueen ajanoton (valokennot) ja siitä annetun palautteen perusteella. Luistelusuorituksia jatkettiin niin pitkään, kunnes tavoitenopeudet oli saavutettu ja kyseiset suoritukset saatu onnistuneesti kuvattua.

Luistelumatolla kamerat asetettiin neljään nurkkaan siten, että koehenkilön luistelu näkyi kokonaisuudessaan. Kamerat pystyttiin sijoittamaan huomattavasti lähemmäksi kuvattavaa kohdetta (noin 3 metrin etäisyydelle), koska luistelumatolla luistelija pysyy lähestulkoon paikallaan. Kamerat käynnistettiin kaukosäätimellä, jonka jälkeen kuvaus jatkui 4 s. Pilottimittauksessa todettiin, että tämä aika riittää helposti kokonaisten potkuparien kuvaamiseen kokonaisuudessaan. Ennen varsinaisia mittauksia koehenkilön annettiin hetken aikaa lämmitellä ja totutella alustaan, jotta luistelu olisi mahdollisimman normaalia ja luistimien terät ehtisivät hieman lämmitä kitkan pienentämiseksi.

8.4.2 Analysointi

Analyysiin hyväksytyyn suoritukseen kriteereinä olivat, että samalta koehenkilöltä piti löytyä sekä jäältä että luistelumatolta samalta luistelunopeudelta ($\pm 0,5$ km/h) saman puolen (oikea tai vasen) kontaktivaihe kokonaisuudessaan. Tutkimukseen otettiin siis mukaan vain ne suoritukset, jotka täyttivät tämän kriteerin (N=7). Jokaiselta koehenkilöltä otettiin analyysiin mukaan ainoastaan yhdet suoritukset yhdeltä nopeudelta. Luiste-

lusuorituksista tehtiin 3-D liikeanalyysi Vicon Motus 9.0-ohjelmalla (Vicon, Oxford, UK). Analyysissä yhdistettiin markkerien koordinaatit Direct Linear Transformation – tekniikan avulla. Alavartalon nivelkeskipisteet laskettiin Vaughan ym. (1999) protokollan mukaisesti. Vartalolinja määritettiin lonkkanivelten keskeltä olkamarkkerien muodostaman hartialinjan puoliväliin. Koordinaattien suodattamiseen käytettiin Butterworth –suodatinta 10 Hz taajuudella. Luistelun kontaktivaihe normalisoitiin kontaktin kokonaiskeston suhteen (0-100% kokonaiskestosta).

Tarkasteltaviksi muuttujiksi jokaisesta hyväksytyistä suorituksista valittiin polven nivelkulmat sagittaalitasossa (fleksio-ekstensio) sekä lonkan nivelkulmat sagittaali-, frontaalili- (abduktio-adduktio) ja transversaalitasossa (rotaatio) sekä potkun leveys. Polven nivelkulmien laskemiseen käytettiin vektoreita, jotka oli määritelty nilkan nivelkeskipisteestä polven nivelkeskipisteeseen sekä polven nivelkeskipisteestä sacrumiin. Potkun leveys laskettiin 2. metatarsaalin kohdalle kiinnitettyjen markkereiden avulla siten, että niiden kontaktivaiheen alun ja lopun välinen sivusuuntainen siirtymä laskettiin.

Analyysiin ei otettu mukaan nilkan nivelkulmia sekä lantion tai vartalon kulmia suhteessa alustaan. Nilkan nivelkulmat eivät tässä tapauksessa vastaa oikeita nivelkulmien muutoksia, sillä nilkan markkerit kiinnitettiin luistimeen eikä luistin muotoudu nilkan liikkeiden mukaisesti. Lantion ja vartalon kulmat suhteessa alustaan jätettiin lopulta pois tarkastelusta, koska liikeanalyysin antamat kulmadatat olivat epäluotettavia niiden määrittämisessä ilmenneiden ongelmien vuoksi.

8.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastollisiin analyyseihin käytettiin SPSS Statistics 19.0 – ohjelmaa. Luistelualustojen eroja tarkasteltiin toistettujen mittausten varianssianalyysillä ja parivertailu suoritettiin LSD –testiä käyttäen. Tulokset on ilmoitettu keskiarvoina ja keskihajontana. Tilastollisen merkitsevyyden tasoina käytettiin: * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$ ja *** = $p < 0.001$.

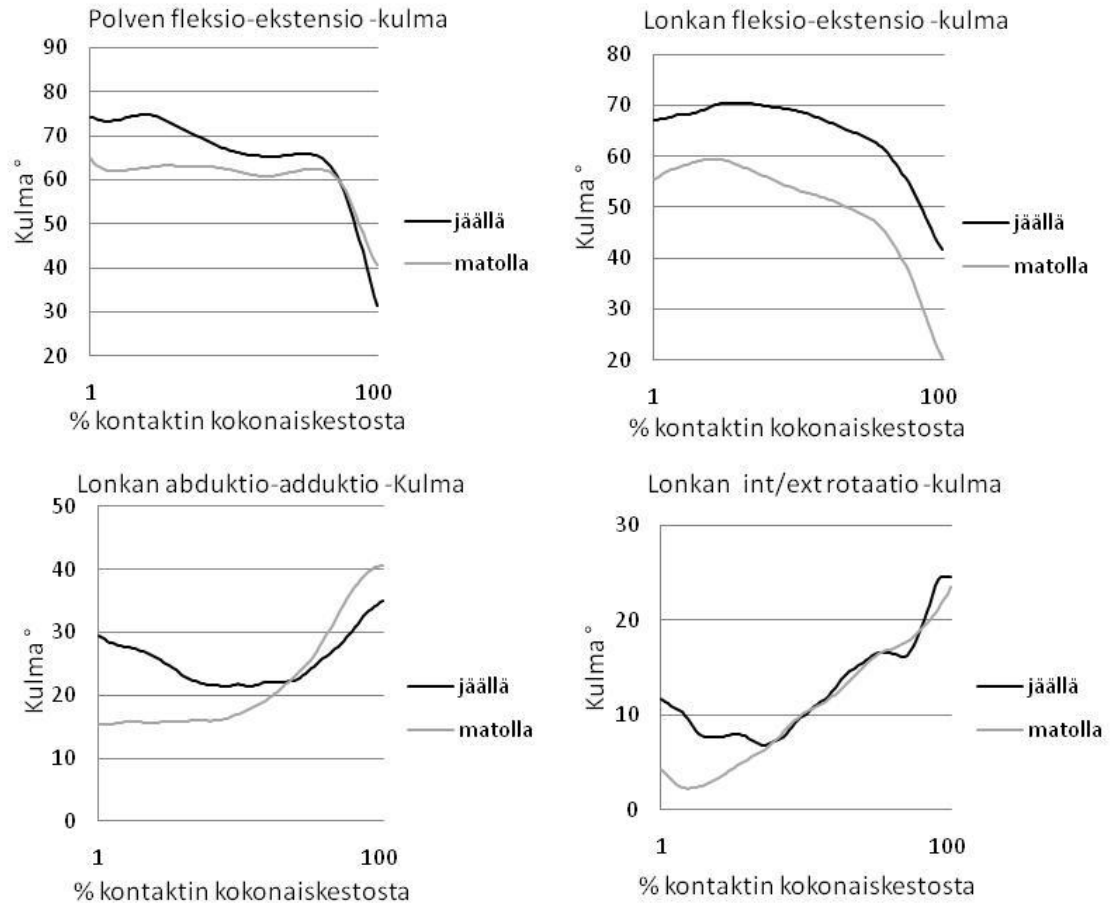
9 TULOKSET

9.1 Luistelunopeus 20 km/h

Luistelunopeudella 20 km/h polven fleksio oli kontaktivaiheen alussa suurempi jäällä (79°) kuin matolla (67°, $p < 0,05$). Myös lonkan fleksio oli alkukontaktissa jäällä (74°) suurempi kuin matolla (60°, $p < 0,01$). Kontaktivaiheen lopussa lonkan ekstensio (fleksio 20°) oli kuitenkin matolla suurempi kuin jäällä (fleksio 41°, $p < 0,001$). Lisäksi polven ekstensio oli kontaktivaiheen lopussa suurempi jäällä (fleksio 31°) kuin matolla (41°), vaikkakaan tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Tuloksia havainnollistavat taulukko 3 ja kuva 15.

TAULUKKO 3. Kinemaattiset muuttujat nopeudella 20 km/h. Keskiarvo (KA) ja keskihajonta (SD) laskettu kaikkien koehenkilöiden tuloksista.

<u>20 km/h</u>	JÄÄ		MATTO		Merkitsevyys p
	KA	SD	KA	SD	
Polvi					
maks. fleksio (°)	79	7	67	13	(0,015)
min fleksio (°)	31	4	41	7	(0,07)
maks. ekst. kulmanopeus (°/s)	261	69	211	60	(0,44)
Lonkka					
maks. fleksio (°)	74	10	60	7	(0,002)
min fleksio (°)	41	15	20	9	(0,001)
maks. ekst. kulmanopeus (°/s)	149	40	182	14	(0,34)
maks. abduktio (°)	36	6	41	5	(0,16)
min abduktio (°)	15	9	14	5	(0,78)
maks. abd. kulmanopeus (°/s)	71	51	95	20	(0,36)
maks. ulkorotaatio (°)	32	29	24	7	(0,41)
min ulkorotaatio (°)	-1	12	0	14	(0,88)
maks. ulkorot. kulmanopeus (°/s)	126	71	105	64	(0,69)



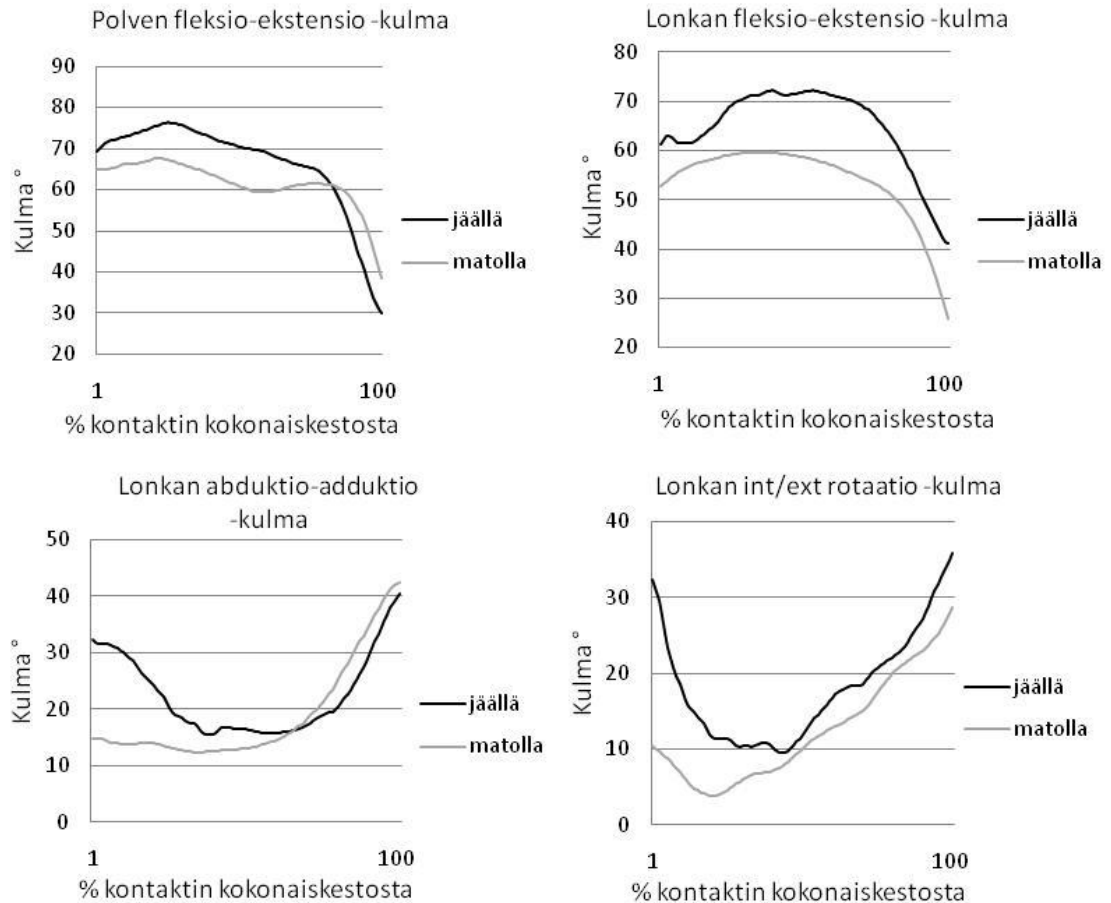
KUVA 15. Kontaktivaiheen aikaiset polven ja lonkan nivelkulmat jäällä ja luistelumatolla (matto) luistelunopeudella 20 km/h. Nivelkulmat esitetty kaikkien koehenkilöiden tulosten keskiarvoina.

9.2 Luistelunopeus 25 km/h

Nopeudella 25 km/h havaittiin lähes samanlaisia eroja kuin nopeudella 20 km/h. Alkukontaktin aikana polven fleksio oli jäällä (82°) suurempi kuin matolla (69° , $p < 0,01$). Myös lonkan fleksio oli jäällä (76°) suurempi kuin matolla (62° , $p < 0,001$). Potkun loppuvaiheessa lonkan fleksio oli kuitenkin matolla (25°) pienempi kuin jäällä (41° , $p < 0,01$). Potkun loppuvaiheessa polven fleksion voidaan sanoa olleen pienempi jäällä (30°) kuin matolla (38°), vaikka tilastollista merkitsevyyttä ei havaittukaan. Tuloksia havainnollistavat taulukko 4 ja kuva 16.

TAULUKKO 4. Kinemaattiset muuttujat nopeudella 25 km/h. Keskiarvo (KA) ja keskihajonta (SD) laskettu kaikkien koehenkilöiden tuloksista.

<u>25 km/h</u>	JÄÄ		MATTO		Merkitsevyys p
	KA	SD	KA	SD	
Polvi					
maks fleksio (°)	82	9	69	12	(0,003)
min fleksio (°)	30	12	38	14	(0,07)
maks ekst. kulmanopeus (°/s)	272	59	290	154	(0,79)
Lonkka					
maks fleksio (°)	76	11	62	4	(0,001)
min fleksio (°)	41	5	24	6	(0,003)
maks ekst. kulmanopeus (°/s)	180	32	228	88	0,10
maks abduktio (°)	42	6	43	8	0,45
min abduktio (°)	10	7	10	5	0,93
maks abd. kulmanopeus (°/s)	136	34	129	38	0,72
maks ulkorotaatio (°)	36	24	29	10	0,38
min ulkorotaatio (°)	5	20	-1	7	0,45
maks ulkorot. kulmanopeus (°/s)	172	114	112	49	0,13



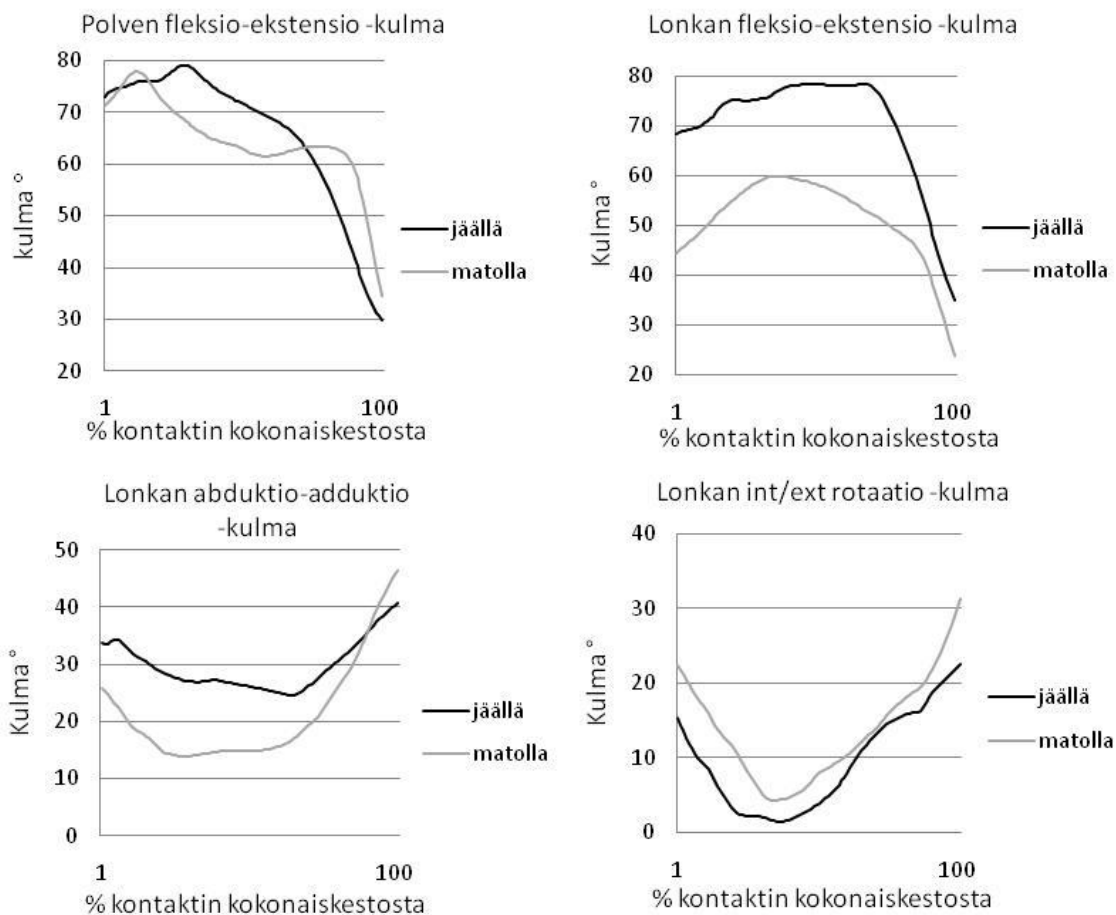
KUVA 16. Kontaktivaiheen aikaiset polven ja lonkan nivelkulmat jäällä ja luistelumatolla (matto) luistelunopeudella 25 km/h. Nivelkulmat esitetty kaikkien koehenkilöiden tulosten keskiarvoina.

9.3 Luistelunopeus 30 km/h

Nopeudella 30 km/h erot alustojen välillä olivat nähtävissä lonkan muuttujissa. Kontaktivaiheen alussa lonkan fleksio oli merkitsevästi suurempi jäällä (85°) kuin matolla (62° , $p < 0,001$). Kontaktin loppuvaiheessa lonkan fleksio oli matolla (23°) pienempi kuin jäällä (35° , $p < 0,05$). Lisäksi luistelupotkun aikana lonkan maksimi ojennusnopeus oli suurempi jäällä ($301^{\circ}/s$) kuin matolla ($208^{\circ}/s$, $p < 0,01$). Oli myös havaittavissa, että lonkan abduktiokulma kontaktin alkuvaiheessa oli matolla (12°) pienempi kuin jäällä (19° , $p = 0,06$), vaikkakaan tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Tuloksia havainnollistavat taulukko 5 ja kuva 17.

TAULUKKO 5. Kinemaattiset muuttujat nopeudella 30 km/h. Keskiarvo (KA) ja keskihajonta (SD) laskettu kaikkien koehenkilöiden tuloksista.

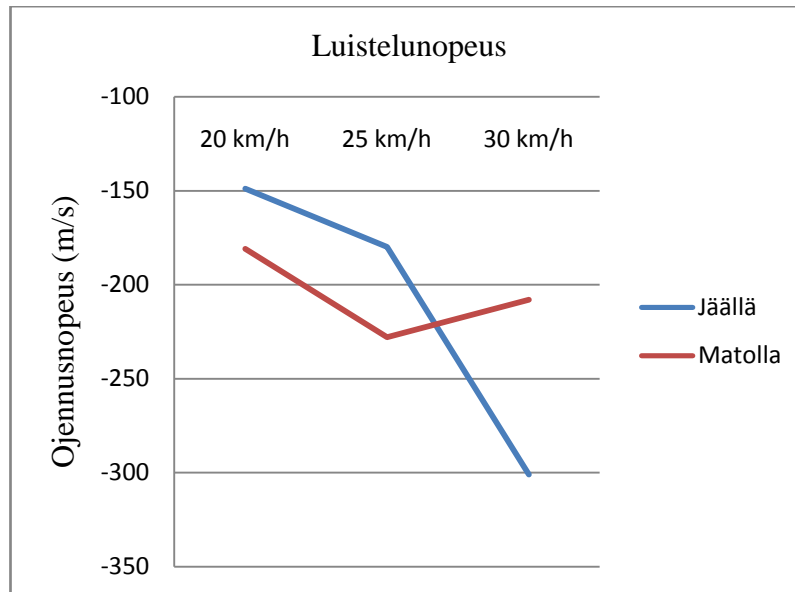
30 km/h	JÄÄ		MATTO		Merkitsevyys p
	KA	SD	KA	SD	
Polvi					
maks fleksio (°)	83	8	80	12	(0,50)
min fleksio (°)	27	4	35	10	(0,15)
maks ekst. kulmanopeus (°/s)	279	97	302	87	(0,70)
Lonkka					
maks fleksio (°)	85	7	61	6	(0,000)
min fleksio (°)	35	9	23	6	(0,032)
maks ekst. kulmanopeus (°/s)	-301	42	-208	54	(0,007)
maks abduktio (°)	41	8	46	4	(0,09)
min abduktio (°)	19	10	12	6	(0,06)
maks abd. kulmanopeus (°/s)	11+	29	131	34	(0,45)
maks ulkorotaatio (°)	24	9	31	12	(0,44)
min ulkorotaatio (°)	-10	19	1	11	(0,21)
maks ulkorot. kulmanopeus (°/s)	160	73	159	60	(0,97)



KUVA 17. Kontaktivaiheen aikaiset polven ja lonkan nivelkulmat jäällä ja luistelumatolla (matto) luistelunopeudella 30 km/h. Nivelkulmat esitetty kaikkien koehenkilöiden tulosten keskiarvoina.

9.4 Yhdysvaikutus

Tulosten ainut yhdysvaikutus löytyi lonkan maksimaalisesta ojennusnopeudesta. Jäällä luistelussa potkun aikainen lonkan maksimaalinen ojennusnopeus kasvaa merkittävästi luistelunopeuden kasvaessa. Pienimmän (20km/h) ja suurimman (30km/h) luistelunopeuden välillä oli merkitsevä ero ($p=0,001$) jäällä luistelussa. Matolla ei kuitenkaan ollut nähtävissä nopeuden vaikutusta lonkan ojennusnopeuteen. Tilannetta havainnollistaa kuva 18.



KUVA 18. Lonkan maksimaalisen ojennusnopeuden ja luistelunopeuden yhdysvaikutus. Luistelunopeus 1 kuvaa luistelunopeutta 20 km/h, nopeus 2 luistelunopeutta 25 km/h ja nopeus 3 luistelunopeutta 30 km/h. Pysty akseli kuvaa koehenkilöiden lonkan maksimaalisen ojennusnopeuden keskiarvoa ($^{\circ}/s$).

9.5 Potkun leveys

Potku oli leveämpi jäällä kuin matolla kaikilla nopeuksilla (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Luistelun potkun leveys senttimetreinä (keskiarvo \pm SD). Potkun leveys eroaa merkitsevästi luistelualustojen välillä. Tulokset esitetty kaikkien koehenkilöiden tulosten keskiarvoina.

	Jäällä	Matolla	Merkitsevyys p
20 km/h	93,9 \pm 18,2	57,4 \pm 14,4	0,001
25 km/h	89,4 \pm 14,0	57,7 \pm 9,3	0,001
30 km/h	86,0 \pm 10,2	63,6 \pm 8,2	0,004

10 POHDINTA

10.1 Jääkiekkoluistelun biomekaniikan yhteneväisyys kahdella eri alustalla

Tämän tutkimuksen päätuloksina voidaan pitää havaintoa, että kontaktivaiheen alussa lonkan fleksio oli matolla pienempi kuin jäällä sekä kontaktivaiheen lopulla lonkan ekstensio oli matolla suurempi kuin jäällä. Suurempi lonkan ekstensio voisi selittyä korkeammalla luisteluasennolla. Lisäksi havaittiin, että potkun leveys oli jäällä suurempi kuin matolla.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on selvitetty muun muassa jään ja synteettisen jään eroja jääkiekkoluistelussa. Tutkimusten perusteella jääkiekkoluistelu ei juurikaan eroa kyseisillä alustoilla. Ainut merkitsevä ero oli potkuvaiheen maksimaalisen polven ekstension määrä, joka oli suurempi synteettisellä jäällä perinteiseen jäähän verrattuna. (Stidwill ym. 2009.) Sen sijaan jääkiekkoluistelusta luistelumatolla on olemassa hyvin vähän kinemaattista tutkimustietoa.

Tämän tutkimuksen mukaan kontaktivaiheen alussa matolla oli pienempi lonkan ja polven fleksio verrattuna jäällä luisteluun. Pienempi lonkan fleksio viittaisi siihen, että vartalon kulma oli matolla suurempi, eli luisteluasento oli korkeampi. Korkeamman luisteluasennon taas tiedetään vaikuttavan negatiivisesti luistelun taloudellisuuteen ja potkun tehokkuuteen (Rundell 1996; Marino 1977; Gemser ym. 1999). Luisteluasennon säätelyyn on voinut vaikuttaa muun muassa luistelumaton suurempi kitka ja joidenkin koehenkilöiden harjoittelutauko matolla luistelussa. Voidaan myös olettaa, että jäällä luistelu on luonnollisempaa kuin matolla, mikä on voinut osaltaan vaikuttaa luisteluasennon säätelyyn.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että kontaktivaiheen lopussa, eli potkun loppuvaiheessa, lonkan ekstensio oli matolla suurempi jäällä luisteluun verrattaessa kaikilla nopeuksilla, mutta polven ekstensio vaikuttaisi olevan pienempi (ei nopeudella 30 km/h). Stidwill ym. (2009) saivat tutkimuksessaan hieman erilaisia tuloksia. He vertasivat luistelua jään

ja synteettisen jään välillä ja totesivat, että synteettisellä jäällä potkun lopulla polven ekstensio oli suurempi. Heidän mielestään ero voi selittyä synteettisen jään suuremmalla kitkalla. Kitkan suuruuden vuoksi luistelu tuntuu hitaammalta ja suurentunutta vastusta pyritään korvaamaan pidemmällä ja liikelaajuudeltaan suuremmalla potkulla. Tämä saadaan aikaan suuremmalla polven ekstensiolla. (Stidwill ym. 2009.) Samaa teoriaa voitaneen soveltaa myös tämän tutkimuksen tuloksiin. Suurempi lonkan ekstensio voisi siis selittyä alustan suuremmalla kitkalla. Luistelunopeutta saadaan kasvatettua esimerkiksi suuntaamalla potku oikeassa kulmassa alustaan nähden. Toisin sanoen potkaisevan jalan ja alustan välistä kulmaa pienennetään. Tämä taas saadaan aikaiseksi muun muassa ojentamalla lonkkaa enemmän. Mainittakoon kuitenkin, että yksistään lonkkaa ojentamalla ei luistelunopeutta saada rajattomasti kasvatettua. Siihen tarvitaan myös polven ojennusta, lonkan abduktiota ja ulkorotaatiota. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan näyttäisi kuitenkin siltä, että polven ekstensio potkun lopulla oli matolla pienempi kuin jäällä. Miksi? Yhtä selkeää syytä ei löytyne. Pienempään polven ekstensioon on voinut vaikuttaa muun muassa se, ettei matolla luistelu ole yhtä rentoa ja tuttua kuin jäällä. Lisäksi luistelija on voinut alitajunnassa pelätä, että luistelumaton luistelualueen rajat tulevat vastaan. Tämän vuoksi luistelija on voinut rajoittaa liikelaajuuksiaan.

Lonkan suuremmalla ekstensiolla potkun loppuvaiheessa on myös voitu kompensoida pienempää polven ekstensiota (nopeuksilla 20 ja 25 km/h), joka on taas vaikuttanut potkun liikelaajuuteen. Nopeudella 30 km/h polven ekstension suuruudessa potkun lopulla ei kuitenkaan todettu olevan eroja jään ja maton välillä. Vaikka nopeuksien välillä ei lonkan tai polven sagittaalitasoon kulmissa löytynytkään riippuvuuksia, voisi olla mahdollista, että kun luistelunopeus kasvaa tarpeeksi suureksi, myös polvea joudutaan ojentamaan tehokkaammin nopeuden lisäämiseksi.

Toisaalta potkun loppuvaiheen lonkan suurempaa ekstensiota matolla voisi selittää myös sillä, että korkeampi luisteluasento vaatii suuremman lonkan ekstension, jotta saadaan tuotettua yhtä suuri voima potkuun kuin matalamman luisteluasennon aikana. Lonkan fleksio/ekstensio –kuvaajista voisi sanoa, että lonkan sagittaalitasoon kulma-
aikakäyrät matolla ja jäällä käyttäytyvät melko samanlaisesti, mutta niiden suuruudet vain ovat erilaiset.

Luistimen lämpeneminen pienentää kitkaa luistimen terän ja luistelualustan välillä, jolloin myös luistin liukuu paremmin. Voisi olettaa, että mitä suurempi luistelunopeus on, sitä enemmän luistin lämpenee ja kitka pienenee. (Breakaway Hockey Centre 2011.) Nobes ym. (2003) totesivat tutkiessaan jään ja luistelumaton eroja luistelun aikaisiin fysiologisiin muuttujiin, että suurimmat fysiologiset muutokset olivat nähtävissä matalilla nopeuksilla. Luistin ei liuku hyvin matalilla nopeuksilla, jolloin joudutaan tekemään suurempi työ vauhdin ylläpitämiseksi.

Tässä tutkimuksessa ei selvitetty syklin taajuutta eikä syklin pituutta. Voidaan kuitenkin pohtia, pystytäänkö tulosten perusteella tekemään johtopäätöksiä näistä muuttujista. Tämän tutkimuksen mukaan matolla luisteluasento näyttäisi olevan korkeampi ja potkun liikelaajuudet pienempiä. Potkun aikana tuotetun voiman on siis täytynyt olla selkeästi suurempi matolla kuin jäällä tai syklin taajuus on täytynyt olla suurempi. Nobes ym. (2003) totesivat tutkimuksessaan, että luistelumatolla on suurempi syklin taajuus ja pienempi syklin pituus. He arvioivat, että eroihin vaikuttavat luistelumaton suurempi kitka ja laboratorio-olosuhteiden pienempi ilmanvastus. Myös luistelumaton aiheuttama luistimeen kohdistuva veto aiheuttaa sen, että liukuvaihe jää lyhyemmäksi kuin jäällä. Stidwill ym. (2009) pohtivat tutkimuksessaan, että luistelumatolla luistelijat ovat pakotettuja luistelemaan tietyllä nopeudella, jolloin luistelunopeus ei vaihtele luistelusyklin eri vaiheiden aikana. Vaikuttaisi siltä, että luistelumatolla liukuvaihe jää lyhyemmäksi, jolloin luistelunopeus ei ehdi hidastua liikaa potkujen välillä. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että Nobes ja Stidwill käyttivät erilaista luistelualustaa tutkimuksissaan. Tämän vuoksi heidän tuloksensa eivät välttämättä ole vertailukelpoisia tämän tutkimuksen kanssa.

Tutkimusten mukaan eritasoiset luistelijat eroavat toisistaan muun muassa potkuparin kokonaisleveydessä sekä oikean ja vasemman syklin välisessä etäisyydessä. (Bracko 2004; Upjohn ym. 2008). Tässä tutkimuksessa ei voitu tutkia potkuparien kokonaisleveyttä eikä syklien välistä etäisyyttä. Sen sijaan pyrittiin selvittämään yhden potkun leveys. Tulosten mukaan potkun leveys olisi jäällä merkittävästi suurempi kuin matolla. Näitä tuloksia pitää kuitenkin tarkastella kriittisesti, sillä jäällä ja matolla liukuvaihe vaikutti suuntautuvan eri tavoin. Koska luistelumatolla luistelualue on rajallinen, on mahdollista, että liukuvaihe suuntautuu lähes suoraan eteenpäin, kun taas jäällä etuviistoon. Tämä vaikuttaisi myös siihen, että jäällä luistin liikkuisi jo liu'un aikana sivulle

lisäten sivusuuntaista liikettä. Matolla taas luistimen sivusuuntainen siirtymä kasvaisi enemmän vasta potkun aikana. Tämä teoria selittäisi tulosten suuret erot potkun leveydessä kahden alustan välillä.

Tutkimuksen tulosten mukaan nopeudella 30 km/h lonkan abduktio liukuvaiheen aikana olisi jäällä suurempaa kuin matolla. Myös tähän eroon on voinut vaikuttaa liu'un suunta. Kuten edellä mainittiin, luistelumatolla liuku näyttäisi suuntautuvan suoraan eteen, kun jäällä se suuntautuu enemmän etuviistoon. Matolla liukuvaiheessa oleva jalka on enemmän vartalon alla, kun jäällä jalka jää enemmän abduktioon.

10.2 Tutkimuksen kriittinen tarkastelu

Tässä tutkimuksessa oli alun perin 10 koehenkilöä. Tutkimukseen otettiin mukaan kuitenkin vain ne suoritukset, jotka täyttivät vaaditut kriteerit. Tallennetuissa suorituksissa tuli näkyä vähintään toisen puolen kokonainen kontakti ja lisäksi koehenkilön suorituksissa piti sekä jäällä että luistelumatolla tietyllä nopeudella näkyä saman puolen kontaktivaihe. Nämä kriteerit karsivat koehenkilöistä kolme pois, jolloin jäljelle jäi seitsemän. Koehenkilömäärä jäi täten suhteellisen pieneksi. Analysoitavia luistelusuorituksia oli kuitenkin vain yksi molemmilla luistelualueilla jokaisella nopeudella, mikä saattoi lisätä variaatioita luistelujen välillä.

Kaikki koehenkilöt olivat kokeneita jääkiekkoilijoita, joilla oli kokemusta luistelumatolla luistelusta. Kahdella koehenkilöllä oli takana hieman pitempi tauko luistelumatolla luistelusta, mikä on luultavasti vaikuttanut luistelun rentouteen. Näiden koehenkilöiden tausta oli tiedossa ja luistelun rentouteen pyrittiin vaikuttamaan sillä, että jokainen koehenkilö sai lämmitellä ja totutella alustaan ennen varsinaista suoritusten kuvausta. Koehenkilöt käyttivät henkilökohtaisia luistimiaan, joissa saattoi olla eroavaisuuksia koehenkilöiden välillä. Samat luistimet olivat kuitenkin käytössä sekä jäällä että matolla. Erilaiset luistimet ja teroitukset saattoivat vaikuttaa luisteluun varsinkin luistelumatolla. Lisäksi luistelumaton luistelualueen rajat ovat voineet vaikuttaa alitajuntaisesti varsinkin pitempien koehenkilöiden luisteluun, vaikka käytännössä rajat eivät vastaan tulleetkaan.

Tutkimuksen nivelkulmia ei suoraan voida vertailla muiden tutkimusten nivelkulmiin. Liikeanalyysiä tehdessä ei onnistuttu yhdistämään segmenttivektoria polven ja lonkanivelen keskipisteen välille. Jouduttiin tyytymään siihen, että vektori kulkee polvinivelen keskipisteestä sacrumiin. Tästä virheestä huolimatta tutkimuksen tuloksia pystyttiin vertailemaan keskenään, mutta laajempi nivelkulmien suuruuksien vertailu muihin tutkimustuloksiin jäi tekemättä.

Valitettavasti tutkimusta ei onnistuttu tekemään niin laajana kuin alunperin oli tarkoitus. Jäällä luistelua ei onnistuttu kuvaamaan tarpeeksi laajalta alueelta ilman, että tarkkuus olisi kärsinyt nykyistä enempää. Tutkimuksessa analysoitiin siis vain yksi kontaktivaihe. Tämän vuoksi tutkimuksen ulkopuolelle jäi paljon sellaisia muuttujia, joilla olisi saatu lisätietoa alustojen eroista ja samanlaisuuksista, kuten syklin taajuus ja pituus, tukivaiheiden jakautuminen (yksöis- ja kaksoistukivaihe), nilkan liikkeet, käsien liikkeet (eteen-taakse vai enemmän sivusuuntaisesti), keskivartalon asento, palautusvaihe (nopeus, jalan sijainti jään suhteen) ja luisteluvaiheiden kestot (% /sykli).

Tutkimuksen luotettavuutta rajoittaa myös liikeanalyysiin liittyvät virhelähteet. Nivelkeskipisteiden määrittäminen perustui trikoisiin asetettujen markkereiden sijaintiin. Luistelun aikana trikoot liikkuvat ihoa vasten, mikä aiheuttaa virheitä markkereiden ja sitä kautta myös nivelkeskipisteiden sijaintiin. Lisäksi kameroiden etäisyys luistelualueesta on saattanut heikentää markkereiden digitoinnin tarkkuutta. Näitä virheitä pyrittiin vähentämään koordinaattien suodattamisen avulla. Erityisesti jäällä kuvatuissa suorituksissa kameroiden etäisyys on saattanut heikentää digitoinnin tarkkuutta. Virheitä saattoi aiheuttaa myös se, että kontaktivaiheen alku ja loppu määritettiin silmämääräisesti. Alun perin oli tarkoitus käyttää painepohjallisia luistimissa, joiden signaalien avulla olisi onnistuttu määrittelemään tarkemmin kontaktivaiheet. Painepohjalliset olivat mitausten aikana epäkunnossa, jonka vuoksi ideasta jouduttiin luopumaan.

10.3 Yhteenveto

Tutkimuksen perusteella luistelumatolla luisteluasento on korkeampi kuin jäällä, mikä nähdään liukuvaiheen aikana pienempänä polven ja lonkan fleksiona. Potkuvaiheen aikana kuitenkin huomattiin, että lonkan ekstensio oli matolla suurempaa kuin jäällä. Luistelumatolla luistelu vaatii siis erityisesti lonkan suurempaa liikelaajuutta ja voimantuottoa. Madaltamalla luisteluasentoa luistelumatolla voitaisiin saada muutettua matolla luistelua enemmän jäällä luistelun kaltaiseksi.

11 LÄHTEET

- Alatalo, M., Lumela, P., 1987. Jääkiekon luisteluanalyysi. Jyväskylän yliopisto. Liikuntakasvatuksen laitos. Liikuntapedagogiikan Pro gradu -työ.
- Allinger, T.L., 1996. Skating technique for straights, based on the optimization of stimulation model. *Medicine and Science in Sports & Exercise* 29 (2): 279 – 286.
- Bracko, M.R., 2004. Biomechanics powers ice hockey performance. *Biomechanics* 2004: 47 – 53.
- Breakaway Hockey Centre, Timo Salonen, 2011. Haastattelu ja sähköpostiviesti. 15.3.2011.
- Chang, R., Turcotte, R., Pearsall, D., 2009. Hip adductor muscle function in forward skating. *Sports Biomechanics* 8(3): 212 – 222.
- de Boer, R.W., Nilsen, K.L., 1989. The Gliding and push-off technique of male and female Olympic speed skaters. *International Journal of Sport Biomechanics* 5: 119 – 134.
- de Boer, R.W., Nilsen, K.L., 1989. Work per Stroke and Stroke Frequency Regulation in Olympic Speed Skating. *International Journal of Sport Biomechanics* 5: 135 – 150.
- 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. *International Journal of Sports Medicine* 8: 371 – 378.
- De Koning, J.J., de Groot, G., van Ingen Schenau, G.J., 1991. Speed Skating the Curves: A Study of Muscle Coordination and Power Production. *International Journal of Sport Biomechanics* 7: 344 – 358.
- De Koning, J.J., de Boer, R.W., de Groot, G., van Ingen Schenau, G.J., 1987. Push-Off Force in Speed Skating. *International Journal of Sport Biomechanics* 3: 103 – 109.
- Durocher, J.J., Leetun, D.T., Carter, J.R., 2008. Sport-specific assessment of lactate threshold and aerobic capacity throughout a collegiate hockey season. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 33: 1165 – 1171.
- Farlinger, C.M., Fowles, J.R., 2008. The Effect of Sequence of Skating-Specific Training on Skating Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3: 185 – 198.
- Federolf, P.A., Mills, R., Nigg, B., 2008. Ice Friction of flared ice hockey skate blades.

- Journal of Sports Sciences 26(11): 1201 – 1208.
- Gemser, H., van Koning, J.J., van Ingen Schenau, G.J. 1999. Handbook of Competitive Speed Skating. International Skating Union, Lausanne, Switzerland.
- Griffits, I.W., 2006. Introduction to motion analysis teoksessa Griffits, I.W. Principles of Biomechanics & Motion Analysis. s.2 – 11. Lippincot Williams & Wilkins. USA.
- IIHF, 2008. Developing fitness. www.iihf.fi. 18.3.2011
- Van Ingen Schenau, G.W., de Groot, G., de Boer, R.W., 1985. The Control of Speed in Elite Female Speed Skaters. J.Biomechanics 8(2): 91 – 96.
- Kanehisa, H., Nemoto, L., Okuyama, H., Ikegawa, S., Fukunaga, T., 1996. Force generation capacity of knee extensor muscles in speed skaters. Eur. Journal of Applied Physiology 73: 544-551.0
- Lafontaine, D., 2007. Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts. Sports Biomechanics 6(3): 391 – 406.
- Lockwood, K.L., Frost, G., 2007. Habituation of 10-year-old hockey players to treadmill skating. Sports Biomechanics 6(2): 145 – 154.
- Marino, G.W., Drouin, D., 2000. Effects of fatigue on forward, maximum velocity in ice hockey skating. International Symposium on Biomechanics in Sport.
- Marino, G.W., 1977. Kinematics of Ice Skating at Different Velocities. Research Quarterly 48(1): 93 – 97.
- Marino, G.W., Weese, R.G., 1979. A Kinematic analysis of the ice skating stride. Teoksessa Terauds, J. & Gros, H.J. Science in Skiing, Skating, and Hockey. International Symposium of Biomechanics in Sports: 65- 74. Del Mar, CA: Academic Publishers, 1979.
- Makaruk, H., Sacewicz, T., 2010. Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability. Human Movement 11(1): 17 – 22.
- Nadeau, L., Godbout, P., Richard, J-F., 2008. Assessment of ice hockey performance in real-game conditions. European Journal of Sport Science 8(6): 379 – 388.
- Nicholas, S.J. and Tyler, T.F., 2002. Adductor muscle strains in sport. Sports Medicine 32(5): 339 – 334.
- Nobes, K.J., Montgomery, D.L., Pearsall, D.J., Turcotte, R.A., Lefebvre, R., Whittom, F., 2003. A Comparison of Skating Economy On-Ice and On the Skating Treadmill. Canadian Journal of Applied Physiology 28(1): 1 – 11.

- Pearsall D.J., Turcotte R.A., Murphy S.D. 2000. Biomechanics of ice hockey. Kirjassa Garrett WE, Kirkendall DT (edit.). Exercise and sport science. Lipincott Williams & Wilkins.
- Quinney, H.A., Dewart, R., Game, A., Snyder, G., Warburton, D., Bell, G., 2008. A 26 year physiological description of a National Hockey League team. *Applied Physiology, Nutrition & Metabolism* 33: 753 – 760.
- Rundell, K.W., 1996. Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill in-line skating. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 28(1): 120-127.
- Schwellnus, M.P., 2004. A clinical approach to the diagnosis and management of acute muscle injuries in sport. *International SportsMed Journal* 5(3): 188 – 199.
- SLU Ry. 2002. Taitoharjoittelu, II-taso. SLU-paino.
- Skating Treadmill, 2011. Skating treadmill datasheet. www.skatingtreadmill.com. 18.3.2011.
- Stamm, L., 2010. Training and Conditioning for Faste, More Powerful Skating. Teoksessä Stamm, L., Laura Stamm's Power Skating. Human Kinetics.
- Stidwill, T.J., Turcotte, R., Pearsall, D., 2009. Comparison of skating kinetics and kinematics on ice and on a synthetic surface. *Sports Biomechanics* 9(1):57–64.
- Sutherland, D.H., 2001. The evolution of clinical gait analysis, Part I Kinesiological EMG. *Gait and Posture* 14: 61 – 70.
- Sutherland, D.H., 2002. The evolution of clinical gait analysis, Part II Kinematics. *Gait and Posture* 16: 159 – 179.
- Suomen luisteluliitto ry SLL, 2011. www.luisteluliitto.fi/pikaluistelu. 18.3.2011.
- Suomen retkiluistelijat , 2011. www.sk rinnari.fi. 18.3.2011.
- Suomen taitoluisteluliitto ry, 2011. www.stll.fi. 18.3.2011.
- Schwellnus, M.P., 2004. A clinical approach to the diagnosis and management of acute muscle injuries in sport. *International SportMed Journal* 5(3): 188 – 199.
- Tekniikka & Talous, 2011. Ylämäkiluistelu treenaa reisiä. 4.2.2011, s. 20-21.
- Twist, P., 1993. The Bioenergetic and Physiological Demand of Ice Hockey. *National Strength & Conditioning Association Journal* 15(5): 67 – 70.
- Upjohn, T., Turcotte, R., Pearsall, D.J., Loh, J., 2008. Three-dimensional kinematics of the lower limbs during forward ice hockey skating. *Sports Biomechanics* 7(2): 206 – 221.
- Vaughan, C.L., Davis, B.L. & O'Connor, J.C., 1999. Dynamics of human gait. Second ed. Cape Town, South Africa, Kiboho Publishers.

Westerlund, E., 1997. Jääkiekko. Teoksessa Mero, A., Nummela, A. & Keskinen, K. Nykyaikainen Urheiluvalmennus. s. 527 – 544. Gummerus Kirjapaino Oy.