

TARTU ÜLIKOOL
Spordibioloogia ja füsioteraapia instituut

Jaan Saks

**Füsioloogilised ja biomehhaanilised eripärad
kiiruisutamises**

Bakalaureusetöö

Kehalise kasvatuse ja spordi erialal
(spordifüsioloogia)

Juhendaja: doktorant A. Burk

Tartu 2010

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Tehnoloogiline areng kiiruisutamises.....	4
2. Kiiruisutajate antropomeetrilised näitajad.....	7
3. Tehnilised ja biomehhaanilised aspektid kiiruisutamises.....	9
4. Aeroobne töövõime kiiruisutamises	12
5. Anaeroobne töövõime kiiruisutamises	15
Kokkuvõte	19
Kasutatud kirjandus	21
Physiological and biomechanical characteristics in speed skating.....	24

Sissejuhatus

Antud uurimistöö kajastab antropomeetrilisi, biomehhaanilisi ning füsioloogilisi näitajaid kiiruisutajatel ning võrdleb neid teiste spordialade esindajate vastavate parameetritega, eesmärgiga mõista eduka kiiruisutaja profiili.

Kiiruisutamise, mis maailmas on väga populaarne spordiala, tegeletakse Eestis tänapäeval kahjuks vähe. Antud spordiala hakkas Eestis arenema juba 19. sajandi lõpus, kuid parimas seisus oli see eelmise sajandi keskel, mil siin olid olemas väga head treeningtingimused uisutamise harrastamiseks. Läbi ajaloo edukaim eestlasest kiiruisutaja on Ants Antson, kes võitis 1964. aasta Innsbrucki taliolümpiamängudel 1500 meetri distantsil kuldmedali ning püstitas samal aastal 3000 meetri distantsil maailmarekordi. 1960-ndate aga eestlaste kiiruisutamise saavutused piirduvadki. Pärast Antsoni sportlaskarjääri lõppu vähenes huvi ala vastu ning kiiruisurajad hakkasid unarusse vajuma. Vähesel määral tegeldi kiiruisutamise, vaid talvel looduslikul jääl. Viimasel kümnendil on kiiruisutamine jälle veidi eluvaimu sisse saanud ning hetkel tegelevad kümnekond noort sportlast alaga taas tõsiselt.

Madala populaarsuse tõttu on Eestis kiiruisutamise tagamaid väga vähe uuritud. Viimase paarikümne aasta jooksul ei ole Eestis käesoleva töö autorile teadaolevalt ühtegi uurimistööd kiiruisutamise kohta avaldatud. Kuna spordiala areneb hetkel entusiastide eestvedamisel hoogsalt ning kuna autor on ise kiiruisutamise tegeleja, leiab ta antud teema huvitava ning vajaliku olevat.

Uurimistöö peamine eesmärk on leida vastus küsimusele, missuguseid antropomeetrilisi, biomehhaanilisi ning füsioloogilisi näitajaid on täheldatud maailma tippkiiruisutajatel, ja seeläbi aidata Eesti kiiruisutajatel paremini planeerida oma treeninguid. Kuna kiiruisutamine on meil vähetuntud spordiala, on uurimistöö teine eesmärk anda ülevaade selle ala tagamaadest ja võimaluse korral suurendada ala populaarsust.

Uurimuse esimene peatükk käsitleb kiiruisutamise arengut ning põhjendab järjest suurenevate kiiruste saavutamist. Teises peatükis kirjeldatakse tipptasemel kiiruisutajate antropomeetrilisi näitajaid ning püütakse leida edukat sooritust soosivaid tegureid. Kolmandas peatükis keskendub autor kiiruisutamise tehnikale ning biomehhaanilistele teguritele. Neljandas ja viiendas peatükis analüüsitakse uisutajate füsioloogilisi eripärasid.

1. Tehnoloogiline areng kiiruisutamises

Esimesed märgid uisutamisest pärinevad Madalmaadest, Skandinaaviast ning Põhja-Euroopast juba aastatuhandeid tagasi. Tol ajal kasutati uiskudena loomaluid, mis kinnitati saabaste külge. Kuna luul ei olnud uisuterale iseloomulikku serva, mille tõttu ei olnud võimalik uisu abil end liikuma lükata, kasutati edasiliikumiseks keppi (Formenti ja Minetti, 2007). Rauast teraga uiskusid hakati valmistama 13.-14. sajandi paiku, kuid suure populaarsuse saavutas uisutamine alles 17.-18. sajandil. Esimene uisuklubi asutati 1642. aastal Šotimaal, Edinburgh's ning esimesed suurema populaarsusega teadaolevad uisutamisevõistlused toimusid Inglismaal 1762. aastal.

Kiiruisutamine, nagu seda ala tänapäeval tuntakse, sündis alles 19. sajandi lõpus, mil erinevate rahvusvaheliste kiir- ning iluuisutamisevõistluste ühendamiseks loodi 1892. aastal Rahvusvaheline Uisuliit (*International Skating Union*). 20. sajandi algusaastail saavutas kiiruisutamine juba laialdase populaarsuse kogu maailmas ning kaasati 1924. aastal I taliolümpiamängude kavva. Naiste kiiruisutamine jõudis olümpiamängudele alates 1960. aastast. Eestis alustati kiiruisutamise, mida tol ajal kutsuti uisujooksuks, 19. sajandi lõpus. Esimene teadaolev uisutamisevõistlus toimus 1892. aastal Tallinnas Schnelli tiigil ning esimesed meistrivõistlused peeti 1910. aastal.

Kiiruisutamine on oma algusaastaist alates palju arenenud, mida näitavad pidevalt paranenud tulemused kõigil uisudistantsidel. Kiiruste kasvust saab parima ülevaate maailmarekordite arengut jälgides. Kui 20. sajandi alguses läbisid kiireimad mehed lühimat, 500 meetri distantsi 45 sekundiga, siis tänapäeval on sama distantsi maailmarekord vaid veidi üle 34 sekundi. Sarnast progressi on näha ka pikematel distantsidel. Kõige pikemat, meeste 10000 meetri distantsi sõideti eelmise sajandi alguses veidi alla 18 minuti, kuid tänapäeval on tulemus rohkem kui viie minuti võrra parem. Rekordite arengu põhjuseid on palju: paranenud teadmised sportlase füsioloogiast, biomehhaanikast ja treeningmetoodikatest, paremad treeningtingimused, uuenenud võistlusvahendid jm.

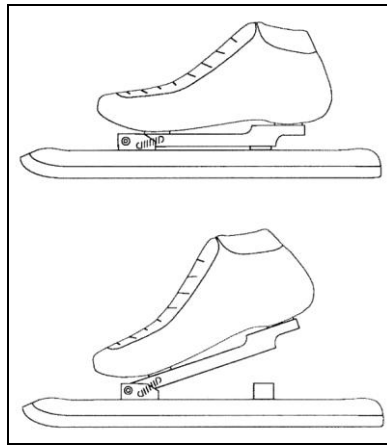
Üks esimesi suuri samme ala kiiremaks muutmise suunas oli radade ehitamine keskmäestikku, kus hõredama õhuga kaasnev väiksem õhutakistus võimaldas arendada suuremaid kiiruseid kui meretasapinnal asuvates võistluspaikades. Kuulsaimaks on saanud Kasahstanis asuv Medeo rada, kus 1950-ndatest kuni 1980-ndateni massiliselt rekordeid ületati. Kiiruisutamise radade arendamine samal ajal jätkus ning 1950-ndate lõpus võeti kasutusele kunstliku külmutusega jää. Kunstlikult valmistatud jää võimaldas pikendada hooaega lühikese talvega piirkondades ning laieneda spordialal ka soojematesse paikadesse.

Lisaks oli uue tehnoloogiaga toodetud jää oluliselt siledam ning seetõttu väiksema hõõrdetakistusega. Suurimaks muutuseks radade osas oli kiiruisutamise viimine sisetingsimustesse 1980-ndate teises pooles. Siserajad võimaldasid täpselt kontrollida õhuniiskust, õhu ja jää temperatuuri, vältida välistingimustes tihti ebasoodsana mõjunud tuult ja sademeid ning pikendada hooaega aastaringseks. Kiiruisutamisradade arendamine ei ole peatunud ka praegusel ajal. Tähtsaimaks suunaks peetakse hetkel jää libisemiskvaliteedi parandamist erinevaid kemikaale kasutades.

Lisaks treening- ja võistlustingsimuste arendamisele on tähelepanu pööratud treeningvahendite täiustamisele. Kuni 20. sajandi keskpaigani kasutati kiiruisutamisel tavalisi spordidresse, kuid 1974. aastal tutvustas Šveitsi kiiruisutaja Franz Krienbühl keha vastu liibuvat võistluskombinesooni, mis vähendas oluliselt õhutakistust ning võimaldas saavutada suuremaid kiiruseid kui varem. Katsetused tuuletunnelis on näidanud, et tolleaegsete liibuvate võistlusriiete kasutamine suurendas edasiliikumise kiirust 2-3% (van Ingen Schenau jt., 1982). Tänapäeval kasutusel olevad kombinesoonid on valmistatud kõrgtehnoloogilistest materjalidest, mis aitavad veelgi vähendada õhutakistust.

Pidevalt on täiendatud ka kiiruisusaabaste ehitust, muutes neid jäigemaks, et jalga rohkem toetada ning vähendada saapa deformatsioonile kuluvat energiat. Seetõttu valmistatakse tänapäevaste võistlussaabaste tallad süsinik- ja klaaskiudmaterjalist. Arendatud on ka uisuterasid, mida tänapäeval ei valmistata enam rauast vaid kõrgtehnoloogilistest sulamitest ning mis vormitakse pikemad ja peenemad, et vähendada nende hõõrdetakistust jääga.

Klassikalisel, nn. Norra tüüpi kiiruisul on tera jäigalt fikseeritud saapa külge. Selline konstruktsioon ei võimalda uisutajal sooritada äratõuget täie võimsusega, kuna see põhjustaks uisutera esimese otsa jäässe surumist hüppeliigese plantaarfleksiooni korral. Eelmainitud probleemi lahendamiseks töötasid Hollandi teadlased van Ingen Schenau, Houdijk ja de Koning 1990-ndate alguseks välja nn. klappuisu (*klapskate*). Uuel tehnoloogial põhineval uisul on kinnitatud liigendühendus tera ja saapa vahele, mis võimaldab uisuterast sõltumatut plantaarfleksiooni (joonis 1).



Joonis 1. Klappuisu mehhanism. Van Ingen Schenau jt., 1996

Kui klappuisud tippkiirusutajate seas 1997/98. aasta hooajal laialdaselt kasutusele võeti, purustati kõikide distantside maailmarekordid. Houdijk ja kolleegid (2000a, 2000b) täheldasid, et klappuiskudega saavutati 3-5% suuremad kiirused kui klassikalise uisuga.

Olgugi, et tänapäeval kasutusel olevad klappuisud võimaldavad paremini kasutada inimese biomehhaanilisi võimalusi, jääb ka klappuisuga sõites osa nendest kasutamata. Äratõukel toimub küll painutus hüppeliigeses, kuid põid koos varbalülidega liiguvad klappmehhanismi küljes tervikuna ning nendevahelist sirutust ei toimu. Sellist sirutust võimaldava uisumudeli loomine võiks olla tulevikusuund kiirusutamise arendamises.

2. Kiirusutajate antropomeetrilised näitajad

Neile, kes kiirusutamist televiisorist jälgima on juhtunud, ei ole kindlasti jäänud märkamata tiptasemel uisutajatele iseloomulikud võimsad reielihased. Vaieldamatult ei taga pelgalt reljeefsete jalalihaste olemasolu veel edu uisuoovaalil, kuid keha konstitutsioonilisi iseärasusi ja füsioloogilisi eeldusi lihasmassi kasvuks ei saa spordis mõistagi vähetahtsateks pidada. Antropomeetristest näitajatest on kehapikkus ja kehamass kindlasti need, mis võivad olla eeliseks või puuduseks edu saavutamisel. Sprindidistantsidel, kus oluline tegur on liigutuste sagedus, võiks paremad väljavaated sportlikule edule olla lühemakasvulistel. Seevastu pikematel distantsidel, kus libisemisfaasil mõnevõrra tähtsam roll, võiks tänu pikematele alajäsemetele edu saata pikemakasvulisemaid ja nn. väiksema kondiga sportlasi.

Nemoto jt. (1988) võrdlusuuring Jaapani kiirusutamise sprinterite ja staieritega ülaltoodud spekulatsioone ei kinnita. Kokku kahekümne viiest uuritavast kümme olid tipp- ja viisteist madalama tasemega uisutajad. Kõigist vaatlusalustest kümne, kelle uuringu autorid olid liigitanud sprinteriteks, keskmine kehapikkus oli 172,3 cm ja kehamass 68,7 kg. Viieteistkümne ülejäänud, keda käsitleti kui pikemate distantside sõitjaid, antropomeetrilised näitajad sprinterite omadest ei erinenud, olles vastavalt 172,0 cm ja 68,6 kg. Samas, võrreldes uuritavaid mitte spetsialiseerumise järgi, vaid sportliku edukuse alusel, tõdeti olulist erinevust nii kehapikkuses kui –massis. Maailma tippklassi kuuluvatel uisutajatel olid nimetud näitajad vastavalt 174,4 cm ja 71,5 kg ning madalamal tasemel võistlejail vastavalt 170,7 cm ja 66,7 kg (Nemoto jt., 1988). Selle üle, et suurem kehamass võib olla eelduseks paremate võistlustulemuste saavutamisel, spekulatsioonid ka de Koning jt. (1994). Nemad täheldasid samuti kehamassi erinevusi, küll mitte statistiliselt olulisi, kõrgemal ja madalamal tasemel uisutajate vahel. Edukamate uisutajate kehamass oli suurem nii mees- (vastavalt 83,6 kg ja 79,5 kg) kui naisuisutajate seas (vastavalt 63,7 kg ja 59,6 kg).

Tänaseks juba üle kümne aasta sõidetakse rahvusvahelisel tasemel kiirusutamises klappuiskudega, mis võimaldavad äratõukefaasis rakendada oluliselt suuremaid lihasvõimsusi (Houdijk jt., 2000a, 2000b) ning see võib käesoleva töö autori arvates olla varasemate aegadega võrreldes märgatavalt suurendanud jõutreeningu osatähtsust treeningprotsessis. Kõige selle tagajärjel võib praeguse aja kiirusutaja antropomeetrilises profiilis kehamassil olla suurem tähendus, kui kunagi varem. Siiski, viimasest kümnendist pärinevaid uuringuid, mis sääraseid spekulatsioone kinnitaks või ümber lükkaks, siinkirjutajal leida ei õnnestunud.

Lihasmassi kõrval on sportlikus sooritusvõimes sageli oluline ka rasvasisalduse osatähtsus üldisest kehamassist. Uuringutes, kus nimetatud parameetrit on määratud, leiti meeste rasvaprotsendiks 9,5-10,6% ning naistel 20,1-21,0% (de Koning jt., 1994; Nemoto jt., 1988; van Ingen Schenau jt., 1983b, 1992).

Huvitava tähelepaneku on teinud kiiruisutamist ja kiiruisutajaid ilmselgelt maailmas kõige enam uurinud hollandlane van Ingen Schenau kolleegidega (1983a). Nimelt täheldasid nad tiptasemel uisutajatel madalamal tasemel sportlastega võrreldes oluliselt lühemat reieosa suhtes kogu jäsme pikkusega. Selline omapära võib olla kasulik seeläbi, et kiiruisutamisele iseloomulikus madalas asendis ei too enesega kaasa sedavõrd suurt pinget reie eesmistes lihastes ning põlveliigeses.

Käesolevas töös kasutatud uurimuste põhjal ei ole võimalik järeldada, missugused antropomeetrilised omadused on kindlasti vajalikud tiptulemuste saavutamiseks, kuid mõningaid erinevusi parimate ja vähemtreenitud kiiruisutajate näitajate vahel on siiski võimalik leida. Suurem kehamass ja lühem reieosa võivad olla eeliseks paremate tulemuste saavutamisel.

3. Tehnilised ja biomehhaanilised aspektid kiiruisutamises

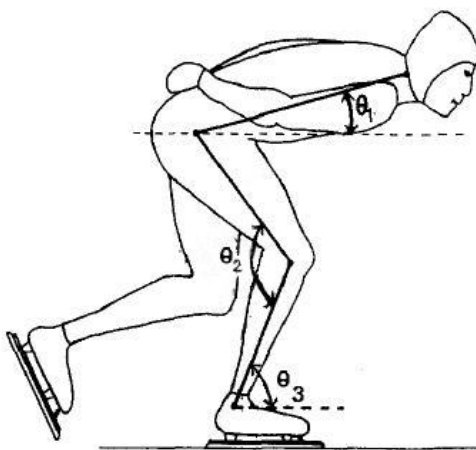
Sportlikul sooritusel on tähtsal kohal nii füsioloogiline kui tehniline külg. Tipptasemel jooksmisel ja suusatamisel, kus küll ratsionaalse tehnika valdamine vaieldamatult tähtis on, võib asjatundmatugi silm näha olulisi stiililisi erinevusi. Olgu need tingitud koolkondlikest või individuaalsetest eripäradest, võib neil aladel absoluutsesse tippu jõuda ka juhul, kui perfektse tehnika valdamise puudujääke suurepärase füsioloogiliste omadustega kompenseeritakse. Kiiruisutamine on aga spordiala, kus rahvusvahelisel tasemel läbilöömiseks säärasele visuaalselt märgatavatele eripäradele kohta ei ole, ja kus tehniline sooritus otseselt võistlustulemust mõjutab.

Jääl edasiliikumise kiirus sõltub edasiviiva jõu ja takistavate jõudude suhtest. Viimased on õhutakistus ja hõõrdetakistus, mis tekib uisu kokkupuutel jääga. Madalaim on hõõrdetakistus kui jäätemperatuur on vahemikus $-6...-8$ °C, ning suureneb kõrgemate temperatuuride juures oluliselt (de Koning jt., 1992). Siiski on see osa tööst, mis kulub hõõrdetakistuse ületamisele suhteliselt väike, sprindidistantsidel vähem kui 15% (de Koning jt., 1992), ning raske on näha võimalusi, et uisutaja oma tegevusega neid kadusid märkimisväärselt vähendada suudaks.

Seega, nagu jalgrattasportiski, sõltub edasiliikumise kiirus ennekõike sellest, kuidas vähendada õhutakistust. Õhu mass, mis edasiliikuvat keha takistab, sõltub otseselt tema tihedusest, see omakorda kõrgusest meretasapinnast ning suhtelisest õhuniiskusest. Seda loogikat silmas pidades hakati möödunud sajandi keskel ehitama uisuoovale keskmäestikesse ning 1980-ndate lõpus juba kinniseid kiiruisuhalle, koos võimalusega neis vajalikke kliimaparameetreid tekitada. Kuigi erinevate uuendustega on vähendatud uisutaja kehale mõjuvat õhutakistust, on ühe võistluse jooksul tingimused kõigile võrdsed ega anna ühele võistlejale teiste ees eelist. Järelikult tuleb eelise saamiseks optimeerida oma uisutamise tehnikat. Siin on võtmesõna voolujoonelisus, täpsemini väljendades keha frontaaltasapinna avatus vastuliikuvale õhuvoolule. Seda saab uisutaja ise muuta, vähendades või suurendades nurki hüppe-, põlve- ja puusaliigeses.

Tuuletunnelis läbiviidud uuringud (van Ingen Schenau jt., 1982) kinnitavad ülaltoodud väidet, osutades, et tuuletakistuse vähendamiseks tuleks kehaasend viia võimalikult madalale ning et kriitilise tähtsusega on just ülakeha ja horisontaaltasapinna ning reie ja sääre vahelised nurgad. Sama uurimisrühma aasta hiljem avaldatud uuringust (van Ingen Schenau jt., 1983a) tipp- ja heal rahvusvahelisel tasemel uisutajatega selgus, et esimesena mainitud nurk (joonis 2 Θ_1) ei tohiks olla liialt väike. Selle nurga viimine väiksemaks kui 15° viib keha raskuskeskme liialt ette ning äratõuke efektiivsus langeb. Maailma paremikku kuuluvatel uisutajatel

fikseeriti 3000 meetri distantisi vältel nimetatud nurga suuruseks keskmiselt $16,9^\circ$. Mõnevõrra suuremaid numbreid, vahemikus $20-23^\circ$, võib kohata hilisemates töödes (de Koning jt., 2005; Houdijk jt., 2000b), milles uuritud uisutajad kasutasid klappuiske. Kuivõrd palju mõjutab see tõsiasi ülakeha ja horisontaaltasapinna vahelist nurka, või on nimetatud erinevuste taga lihtsalt uisutaja poolt optimaalseks peetava kehaasendi alateadlik valik, sellele käesoleva töö autoril kasutatud kirjandusest selget vastust leida ei õnnestunud.



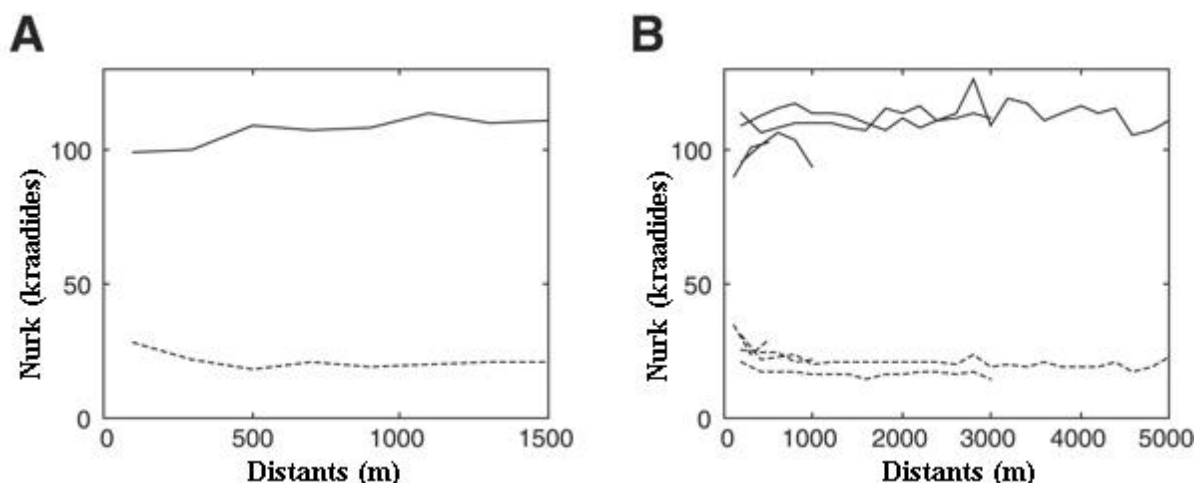
Joonis 2. Keha asend kiiruisutamisel. Nurk ülakeha ja frontaaltasapinna vahel Θ_1 , nurk reie ja sääre vahel Θ_2 ning nurk hüppeliigeses Θ_3 . Van Ingen Schenau jt., 1983a.

Tagamaks vältimatule õhutakistusele vaatamata edasiliikumise suur kiirus, on vajalik leida optimaalne äratõuke eelne nurk põlveliigeses (joonis 2 Θ_2). Võrreldes tiiptasemel ja madalamal tasemel kiiruisutajate kehaasendit, leidis van Ingen Schenau uurimisrühm (1983a), et erinevused äratõukele eelnenud nurgas põlveliigeses olid märkimisväärsed, vastavalt $112,8^\circ$ ja $122,0^\circ$. Tõenäoliselt ei suuda madalama sooritusvõimega sportlased sügavamad kehaasendit pikemaajaliselt hoida, sest suure staatilise pingega töö on verevoolutus koormust kandvates reielihastes oluliselt pärsitud (Foster jt., 1999) ning lokaalse lihasväsimusega toimetulekuks nurk põlveliigeses tahes-tahtmata suureneb.

De Koning jt. (2005) täheldasid oma erinevaid võistlusdistantse simuleerinud uuringus, et äratõuke eelne nurk põlveliigeses oli väiksem kahel lühemal, 500 meetri ja 1000 meetri distantstil ning 1500 meetri stardikiirendusel (joonis 3 A ja B). Nimetatud joonistelt võime ka näha, kuivõrd muutuv või stabiilne on nii äratõukele eelnev reie ja sääre vaheline kui eespool mainitud ülakeha ja horisontaaltasapinna vaheline nurk erinevate võistlusdistantside läbimisel.

Olulisim tehnoloogiline uuendus, mis on muutnud kiiruisutajate tehnikat ning omab tähendust ka füsioloogilises mõttes, on klappuisu kasutuselevõtt 1990-ndate keskpaiku. Kui klassikaliste uiskudega uisutades peab ülemäärase uisu ja jää vahelise hõõrdetakistuse vältimiseks tõuke lõpufaasis võimsast plantaarfleksioonist hoiduma, siis klappuisule iseloomulik ehitus

võimaldab efektiivsemat tõuke lõpufaasi, sellest tingituna ka pikemat libisemist (van Ingen Schenau jt., 1996). Äratõuketehnikat uurides on sama uurimisrühm juba varasemalt (van Ingen Schenau jt. 1985, 1987) osutanud, et klassikalise uisuga uisutades piirab vähene plantaarfleksiooni rakendamise võimalus ka töö hulka, mida võiks teha reie eesmised lihased. Nimelt, ballistilisel reie sirutusliigutusel toob plantaarfleksiooni maha surumine kaasa selle, et uisutajal kaob kontakt jääga enne seda, kui jalg põlveliigesest täielikult sirutatud saab. Klappuisule iseloomulik hingesüsteem võimaldab võimast äratõukeliigutust, kuna uisutera on kogu tõukefaasi ajal täispinnaga kontaktis jääga ning tõukeliigutus on sarnasem jooksmisele ja hüppamisele omasega (van Ingen Schenau jt., 1996). Nagu eespool öeldud, tagab võimsam äratõuge ka pikema libisemisfaasi ning kiirused võrreldes klassikalistel uiskudel näidatuga suurenevad 3-5% (Houdijk jt., 2000a, 2000b). Suurema võimsuse ning seetõttu suurema kiiruse põhjuseks leiti olevat tõukesageduse, ühe tõuke jooksul sooritatud töö mahu ning mehhaanilise efektiivsuse kasv võrreldes fikseeritud teraga uisuga.



Joonis 3. Nurk reie ja sääre vahel enne äratõuget (pidevjoon) ning nurk ülakeha ja horisontaaltasapinna vahel (punktijoon) 1500 meetri (A) ning 500, 1000, 3000 ja 5000 meetri (B) kiiruisutamise võistlusimitatsioonil. De Koning jt., 2005.

Seega, oluline tunnusjoon kiiruisutamise tehnikas on madal kehaasend ning väiksed nurgad põlve- ja puusaliigeses. Ehkki selline asend on kiireks edasiliikumiseks parim võimalikest, seab selle hoidmine erinevad füsioloogilised mehhanismid tugeva pinge alla. Madalast asendist põhjustatud lihasesisene pinge puusa- ja põlvesirutaja lihastes pärsib tugevalt verevoolutuse intensiivsust neis (Foster jt., 1999; Rundell, 1996). Millised füsioloogilised mõjutused sellega kaasnevad, sellest järgnevatel peatükkides.

4. Aeroobne töövõime kiiruisutamises

Kõrge maksimaalne hapnikutarbimisvõime on vaieldamatult oluline parameeter kiiruisutaja sooritusvõimes (van Ingen Schenau jt., 1983a; Nemoto jt. 1988). Samas uuringud, kus see näitaja on määratud kas otseselt kiiruisutajale iseloomuliku liigutustegevuse foonil või viimast simuleerides, näitavad selgelt, et maksimaalse hapnikutarbimisvõime näidud jäävad sel juhul oluliselt madalamaks kui näiteks joostes või veloergomeetrilisel testil (Foster jt., 1999; Rundell, 1996; van Ingen Schenau jt., 1983a).

Hapnikulae määramine vahetult kiiruisurajal on tehniliselt küllaltki komplitseeritud ettevõtmine, mistõttu pärineb valdav osa sellealastest teadmistest testidest, mis on läbi viidud laboris, liikurrajal rulluisutades. Hindamiseks rull- ja kiiruisutamise vahelisi seoseid, viis Rundell (1996) läbi võrdlusanalüüsi ning leidis, et hapnikutarbimise näitajad jäävad kiiruisutades on tugevas seoses madalas, kiiruisutamisele iseloomulikus asendis rulluisutamisele. See annab ka aluse viimati mainitud moel saadud tulemusi kanda üle kiiruisutamisele. Rundell (1996) leidis, et madalas asendis (nurk põlveliigeses 107°) liikurrajal rulluisutades on maksimaalne hapnikutarbimise tase, väljendatuna suhtelise näiduna, oluliselt madalam kui joostes (vastavalt $57,2$ ja $64,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$).

Sarnaselt eelmainitud uurimusele leidsid Foster jt. (1999) ühel ja samal eliittasemel uisutajatest moodustatud rühmal olulise erinevuse madalas asendis rulluisutamisel (nurk põlveliigeses 109°) ja veloergomeetril sõitmisel saadud näitude vahel. Hapnikulagi küündis uisutades $55,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ja veloergomeetril $62,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Kõik see kinnitab varasemalt (van Ingen Schenau jt., 1983a) otseselt kiiruisutamisel ($59,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ja velorgomeetril ($64,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) saadud tulemusi.

Nii Rundell (1996) kui Foster jt. (1999) leidsid oma uuringuis olulisi erinevusi, võrreldes madala ja kõrge kehaasendiga rulluisutamist. Maksimaalse hapnikutarbimise näidud olid Rundelli uurimuses vastavalt $57,2$ ja $62,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ning Fosteri jt. töös $55,7$ ja $61,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. See andis mõlemale uurimisrühmale alust arvata, et kiiruisutamisel täheldatavad madalamad tasemed hapnikutarbimises on põhjustatud mitte millestki muust kui iseloomulikust madalas asendis sõitmisest.

Nagu Rundell (1996) ja Foster jt. (1999) järeldasid, võib kiir- ja rulluisutamisel täheldatud erinevate maksimaalsete hapnikutarbimise tasemete põhjuseks olla erinevused kahe ala tehnikas. Kiiruisutamises, kus suure liikumiskiiruse tõttu on peamiseks takistuseks õhutakistus ning jää ja uisutera kokkupuutel tekkiv hõõrdetakistus on suhteliselt väike (de Boer jt., 1987; de Koning jt., 1992), on suurema liikumiskiiruse tagamiseks oluline kehaasend

võimalikult madalale viia. Seevastu rulluisutamisel, kus lisaks õhutakistusele on oluline osa ka uisurataste ja maapinna kokkupuutel tekkival takistusjõul, on kiirused väiksemad (de Boer jt., 1987) ning sedavõrd madala asendi hoidmine ei ole põhjendatud. De Boer jt. (1987) täheldasidki oluliselt madalamat sõiduasendit kiiruisutamises (nurk põlveliigeses $112,9^\circ$) võrreldes rulluisutamisega ($118,1^\circ$).

Samasugust madalamat hapnikulage võrreldes teiste tavapäraste liikumisviisidega, on täheldatud ka madalas asendis kiiruisutamist imiteerival kõnnil (Rundell & Pripstein, 1995), mis tõi endaga kaasa oluliselt madalama maksimaalse hapnikutarbimise taseme kui veloergomeetril sõitmine ($4,13$ ja $4,43 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Kuna madalas asendis kõnni füsioloogiline toime on küllaltki sarnane kiiruisutamisel täheldatuga, kasutatakse sarnast liikumisviisi laialdaselt ka kiiruisutajate treeningus.

Nemoto jt. (1988) leidsid oma tipp- ja mõnevõrra madalamal tasemel Jaapani kiiruisutajatega läbiviidud uuringu tulemusel, et erinevus maksimaalses hapnikutarbimise võimes esines küll absoluutühikutes väljendatuna (vastavalt $4,27 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ tipp- ja $3,91 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ nõrgema tasemega uisutajatel), kuid mitte suhtarvuna kehakaalu kilogrammi kohta. Sama tõdesid ka van Ingen Schenau jt. (1983a) oma töös, kus absoluutnäituses oli erinevus ($4,4$ ja $3,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), suhtnäitajates aga mitte. Huvipakkuv on de Koningu jt. (1994) longitudinaalses uuringus täheldatu. Nimelt suurenes parimatel kiiruisutajatel 16-17. eluaastast kuni 20-21. eluaastani oluliselt maksimaalne hapnikutarbimisvõime absoluutühikutes (vastavalt $4,68 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ja $5,10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$), samas kui kilogrammi kehakaalu kohta tooduna olulist edenemist ei nähtud (vastavalt $60,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ja $61,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Tulemused näitasid, et maksimaalne hapnikutarbimise tase suhtelistes ühikutes jõuab umbes 17. eluaastaks teatud piirini ning sealt edasi suureneb hapnikulagi vaid absoluutühikutes. Kuna kiiruisutamisel moodustab suurema osa takistavatest jõududest õhutakistus, mis on sõltumatu keha massist (di Prampero jt., 1976), ongi ehk õigem väljendada hapnikutarbimist absoluutühikutes.

Vastupidavusaladel kriitilise tähtsusega aeroobse võimekuse heaks indikaatoriks on nn. anaeroobne lävi. Tavaliselt loetakse selleks piiriks laktaadisisaldust veres 4 mmol/l . Fikseeritud anaeroobse läve meetodika kasutamine praktikas ei pruugi aga olla kõige täpsem, kuna see võib anaeroobselt hästi treenituil alahinnata ning aeroobselt hästi treenituil ülehinnata vastupidavuslikku võimekust. Seetõttu kasutatakse tippspordis sageli individuaalse anaeroobse läve meetodikaid, või määratakse nn. maksimaalne laktaadi püsitase (*maximal lactate steady state*) veres. Seda defineeritakse kui kõrgeimat konstantse intensiivsusega tööl täheldatavat laktaadi kontsentratsiooni veres, kus laktaadi produktsioon ja elimineerimine on veel suhtelises tasakaalus.

Beneke & Duvillard (1996) uurisid maksimaalseid laktaadi püsitasemeid veres erinevatel spordialadel ning märkasid, et kiiruisutamises olid vastavad näidud oluliselt kõrgemad kui pingutusel velo- või sõudeergomeetril (vastavalt 6,6; 5,4 ja 3,1 mmol·l⁻¹). Kõige tõenäolisemalt on nimetatud erinevused põhjustatud igale alale ainuomasest motoorsest liigutusmustrist, samuti sellest kui suur hulk lihasmassi sellesse mustrisse aktiivselt kaasatud on (Rundell & Pripstein, 1995; Beneke & Duvillard, 1996). Erinevalt suurt hulka lihasmassi haaravast sõudmisest teevad kiiruisutamises põhilise osa tööst ära jalalihased. Tõsi, ka jalgrattasõidus on koormuse põhiraskus enamjaolt samadel lihasrühmadel, kuid liigutusmuster erineb siiski oluliselt. Jalgrattasõidus istutakse sadulas ja töö on dünaamilise iseloomuga, kiiruisutamises tingib aga kiireks edasiliikumiseks tarviliku madala asendi hoidmine selle, et väga suur osakaal on staatilisel lihastööl. See toob kaasa suured lihasesisesed pinged. Verevoolutus, järelkult ka hapniku juurdevool reielihastesse on seetõttu oluliselt pärssitud (Foster jt., 1999; Rundell, 1996).

Sarnast reaktsiooni submaksimaalsetel kiirustel on täheldatud lühiraja kiiruisutajatel madalas asendis rulluisutamise võrdlemisel jooksu ja kõrges asendis rulluisutamisega (Rundell, 1996). Umbes 50 ml·kg⁻¹·min⁻¹ hapnikutarbimise taseme juures oli madalas asendis uisutades laktaadi kontsentratsioon veres enam kui kaks korda kõrgem kui kõrges asendis liikudes. Samasuguseid tulemusi on märgatud ka madalas asendis kõnni võrdlemisel veloergomeetril sõiduga (Rundell & Pripstein, 1995). Kui hapnikutarbimine testi käigus ulatus 86 protsendini maksimaalsest tasemest, oli madalas asendis kõnni puhul laktaadi kontsentratsioon veres 53% kõrgem rattatestil täheldatud näidust.

Kõrge maksimaalne laktaadi püsitase kiiruisutamises viitab sellele, et kiiruisutamisele iseloomuliku kehaasendi hoidmisega kaasnevad sellised kohanemismehhanismid sportlase organismis, mis ka kõrge laktaadi produktsiooni korral tagavad veel efektiivselt toimiva laktaadi eemaldamise organismist. Järelkult suudavad uisutajad ka kõrge intensiivsusega tööl kasutada efektiivselt veel aeroobseid mehhanisme.

5. Anaeroobne töövõime kiiruisutamises

Arvestades kiiruisutamisel täheldatud madalamaid hapnikutarbimise näituseid, on Rundell (1996) ning Foster jt. (1999) uurinud hüpoteesi, mis väidab, et kiiruisutamise ajal on verevool reielihastesse piiratud. Kiireks edasiliikumiseks vajalik madal-istuv asend ning pikk libisemisfaas viivad reie nelipealihase staatilisse kontraktsiooni, mille tõttu verevool tööd tegevatesse lihastesse (iseäranis külgmisse pakslihasesse, *m. vastus lateralis*'esse) võib olla puht füüsikaliselt takistatud ning hapniku kättesaadavus seetõttu väheneda. Eeltoodust põhjustatuna ei pruugi lihastel olla võimalik ära kasutada oma maksimaalset aeroobset võimekust ning võib suureneada anaeroobselt tehtud töö osakaal.

Vähenenud verevoolu põhjuseks võib olla ka staatilise pingutusega kaasnev väiksem südame minutimaht. Foster jt. (1999) leidsid kiiruisutajatel maksimaalsel pingutusel nii madalas kui kõrges asendis rulluisutades oluliselt väiksema südame minuti- ja löögimahu kui veloergomeetril sõites. Varasemalt on sama põhimõtet kinnitanud ka Lewis jt. (1985), kes võrdlesid staatilist ja dünaamilist reielihaste tööd. Lisaks täheldasid Foster jt. (1999) kiiruisutajatel suuremat südame löögisagedust nii madalas kui kõrges asendis rulluisutades veloergomeetril sõitmisega võrreldes, mis arvatavalt on kompensatoorseks mehhanismiks suurendamiseks staatilisest asendist põhjustatud südame minutimahu langust. Väiksem südame minutimaht staatilisel pingutusel ei suuda tagada adekvaatset verevoolutust koormust kandvates lihastes ning seetõttu lihaste hapnikuga varustus väheneb, mis pärsib aeroobse energiatootmise kasutamist.

Kiiruisutamise ajal suurenenud laktaadi kontsentratsioon veres ja lihastes ning vähenenud hapnikuvool töötavatesse lihastesse kurnavad organismi rohkem kui paljudel teistel suurema aeroobse tähtsusega spordialadel. Kõige suurema koormuse osaks langeb staatilises pingutuses olev külgmise pakslihas, mille töö hapnikuvaeguses muutub oluliselt anaeroobsemaks kui see oleks dünaamilise pingutuse käigus. On leitud, et laktaadi kuhjumine veres on tugevalt seotud hapniku juurdevooluga külgmisse pakslihasesse ning kui viimane on langenud 30% ulatuses, laktaadi produktsioon intensiivistub (Foster jt., 1999). Lisaks leiti samas uuringus, et ühel ja kahel jalal sooritatud staatilise testi käigus sõltus külgmise pakslihase hapnikuga küllastumatus 30-sekundilise staatilise pingutuse käigus otseselt nurgast põlveliigeses ning oli samade nurkade puhul oluliselt suurem juhul, kui pingutus sooritati ühel jalal. Kuna kiiruisutamisel on vajalik hoida madalat asendit ning suhteliselt väikest nurka põlveliigeses, on paratamatu, et eesmistel reielihastel lasuv koormus on oluliselt suurem kui teistel tsükliilistel spordialadel. Lisaks toimub kogu libisemisfaas korraka ühel jalal, mis vastavalt Fosteri jt. (1999) poolt leitudle pärsib veelgi hapniku juurdevoolu lihastesse.

Madal asend kiirusutamisel vähendab oluliselt tuuletakistust ning suurendab äratõuke võimsust (de Koning jt., 2005; Foster jt., 1999), kuid samas kiirendab reielihaste, eelkõige külgmise pakslihase, hapnikuga küllastumatust ning seetõttu lokaalset lihasväsimust. Väsimuse tekkides ei suuda uisutajad enam algselt madalat asendit säilitada ning alateadlikult ja progresseeruvalt nurk põlveliigeses suureneb (de Koning jt., 2005). See suurendab hapniku juurdevoolu lihasesse ning leevendab mõnevõrra raskeid anaeroobseid olusid. Nurk põlveliigeses suureneb vaid teatud piirini, mistõttu on põhjust arvata, et kiirusutajad jõuavad dünaamilise tasakaaluni väsimusega kaasneva kehaasendi korrigeerimise ja saavutusvajaduse vahel. Staatilistel pingutustel on täheldatud (Foster jt., 1999), et lihase väsimise ulatus on tugevas seoses tema poolt genereeritava jõuga. Seega on nurga suuremine põlveliigeses enne äratõuget justkui kohanemisprotsess, säilitamaks optimaalset äratõuke jõudu ja edasiliikumise kiirust kogu distantssi jaoks. Kuigi nimetatud nurga suurendamisega püütakse säilitada edasiliikumise kiirust, toimub reaalselt siiski vastupidine, kiiruse progresseeruv langus (de Koning jt., 2005). Selle põhjuseks võib olla distantssi algfaasis madalana hoitud kehaasendist põhjustatud kuhjunud laktaat ning hiljem suuresti esimesest tingitud ebaratsionaalsemaks muutunud tõukeasend.

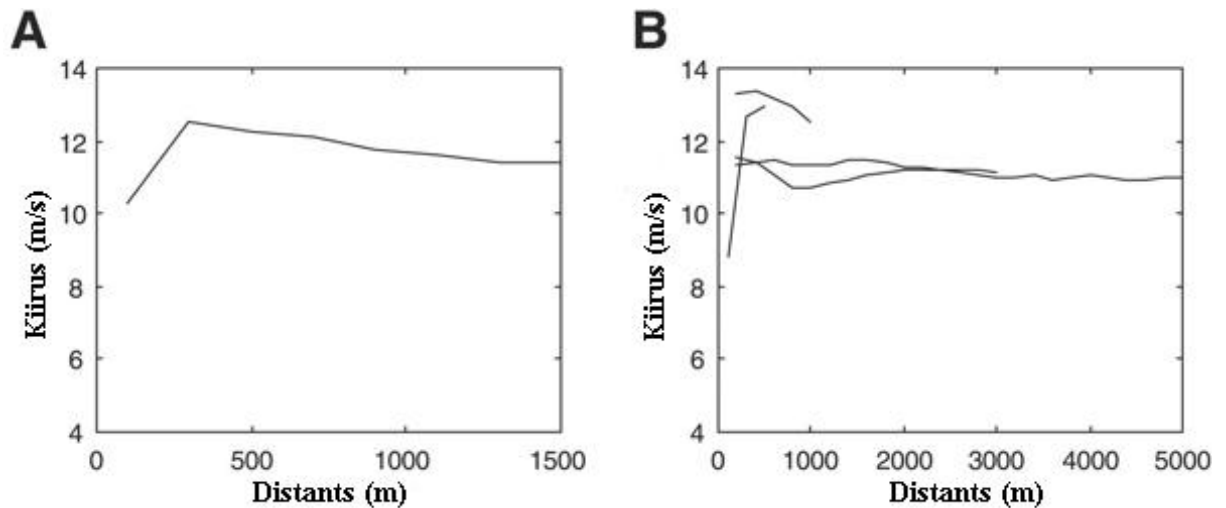
Palju on spekulieritud teemal, missugune energia taastootmismehhanism on kiirusutamises prevaleeriv: aeroobne või anaeroobne. Selge on, et see sõltub suuresti sõidetavast distantstist, selle kestusest. On avaldatud mitmeid uurimusi, milles on täheldatud üllatavalt suurt aeroobse energia osakaalu lühikestel maksimaalsetel pingutustel. Medbø jt. (1999), kes kasutasid oma uuringus keskmise treenitusega mehi, leidsid, et 12,5 sekundit kestval maksimaalsel pingutusel veloergomeetril oli aeroobsete protsesside osakaal 31%. Serresse jt. (1988) täheldasid oma uuringus, samuti veloergomeetrit kasutades ja vaatlusalustena teiste seas kiirusutajaid kaasates, et aeroobsete protsesside osakaal 30-sekundilisel maksimaalsel pingutusel oli 28%. Sarnast mustrit on täheldatud ka jooksjatel, kes läbides 200 m veidi üle kahekümne sekundi, kasutasid selleks 29% ulatuses aeroobselt toodetud energiat (Spencer ja Gustin, 2001). Eri autorite poolt koostatud 30 uurimistööd, mis analüüsisid jooksjate, ratturite ja sõudjate tulemusi, andsid Gustinile (2001) aluse väita, et maksimaalse pingutuse kestus, kus energiat saadakse võrdselt nii anaeroobsetest kui aeroobsetest mehhanismidest, on 75 sekundit.

Veloergomeetri ja liikurrajal jooksmise kasutamine ei ole kõige objektiivseim viis kiirusutajate testimiseks. Kuna uisutamisel täheldatud suhteliselt väikene nurk põlveliigeses ning staatiline asend libisemisfaasi ajal vähendavad hapniku juurdevoolu lihasesse ning suurendavad laktaadi produktsiooni intensiivsust, võib energia tootmine kiirusutamisel olla

anaeroobsem kui samasuguse kestusega pingutustel teistel spordialadel. Nii ongi maksimaalsetel kiirustel uisutades täheldatud, et pingutuse kestus, kus aeroobsete ja anaeroobsete mehhanismide osakaal on võrdne, jääb 85 sekundi juurde (de Koning jt., 2005). Selline tulemus annab põhjust väita, et kiiruisutajate füsioloogiliste näitajate analüüsimisel ei saa kasutada teiste spordialade vastavaid parameetreid, vaid tuleb läheneda alaspetsiifiliselt, arvestades kiiruisutamise iseärasusi.

Levinud seisukoha järgi alustatakse lühemaid kiiruisutamise distantse, 500 ja 1000 meetrit (joonis 4), võimalikult kiirelt ning püütakse maksimaalset tempot hoida lõpuni. 1500 meetri distantstil viiakse stardikiirendusega tempo peaaegu maksimaalseni, misjärel kiirus progresseeruvalt langeb. Pikematel distantssidel (3000 ja 5000 meetrit) toimub stardikiirendus kuni submaksimaalse kiiruseni, mille järel sõidetakse konstantse tempoga peaaegu lõpuni. Viimasel paarisajal meetril toimub tavaliselt mõningane kiiruse kasv ning sooritatakse lõpuspurt. Selline tegutsemine annab põhjust arvata, et kiiruisutajad jätavad pikemate distantsside keskel alateadlikult kasutamata väikese anaeroobse energiavaru, mis siis lõpus realiseeritakse. Sellist spontaanset käitumist on täheldatud ka veloergomeetrilisel testil kiiruisutajatel ning maanteejalgratturitel, kes distantssi lõppfaasis suutsid sõidukiirust veel tõsta (Foster jt., 2003, 2004). Leiti, et suurenenud kiirus tuli anaeroobsete varude arvelt. Lisaks märkasid de Koning jt. (2005) tippasemel kiiruisutajatel 1500 meetri võistlussimulatsioonil, et nurk põlveliigeses suurenes progresseeruvalt kogu distantssi vältel (joonis 3 A). Samas täheldati, et viimase kahesaja meetri jooksul suutsid uisutajad nurka põlveliigeses taas vähendada ning veidi kiirust tõsta, mistõttu on põhjust arvata, et ka selles uuringus jätsid sportlased osa anaeroobse energia varudest distantssi lõpetamiseks. Selline energiaressursside jaotamine näitab, kui olulised on anaeroobsed protsessid ka pikematel kiiruisutamise distantssidel.

Kuna energia anaeroobne taastootmine organismis on erinevate füsioloogiliste põhjuste tõttu piiratud mahuga, on püütud leida, millal saavutavad anaeroobsed protsessid oma maksimaalse mahtuvuse. Kui üldine teadmine ütleb, et anaeroobne kapatsiteet ammendub ca 2 minutisel maksimaalsel pingutusel, siis de Koning jt. (2004) väidavad, et selleks võib kuluda oluliselt rohkem aega. Nad uurisid tippasemel kiiruisutajatel energia tootmist võistlusimitatsioonil eri distantssidel, 500 meetrist 5000 meetrini, ning leidsid, et kaks minutit, mis kulus 1500 meetri läbimiseks, ei ole anaeroobse mahtuvuse mõõtmiseks küllaldane. Kuna 5000 meetri distantssil võis märgata edasist anaeroobset energiaproduktiooni kasvu, viitab see, et anaeroobne mahtuvus ei pruugi ka sellise kestusega pingutusel olla veel täielikult ammendunud.



Joonis 4. Kiirused 1500 meetri (A) ning 500, 1000, 3000 ja 5000 meetri (B) kiirusutamise võistlusimitatsioonil. De Koning jt., 2005.

Kiirusutamisel kasutusel olev madal staatiline asend piirab hapniku juurdevoolu lihastesse ning pärsib energia tootmist aeroobseid mehhanisme kasutades, mistõttu suureneb oluliselt anaeroobselt toodetud energia osakaal. Kuigi pikematel distantsidel sõites on uisutaja kehaasend veidi kõrgem kui sprindidistantsidel, annavad ülalkirjeldatud uurimused alust järeldada, et pärsitud verevool tööd tegevatesse lihastesse on siiski ka seal limiteerivaks teguriks käivitamiseks anaeroobseid protsesse organismis. Seetõttu on anaeroobselt toodetud energia osatähtsus märkimisväärne ka kestavusdistantsidel.

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöö peamiseks eesmärgiks oli kaardistada tipptasemel kiiruisutamiseks vajalikud antropomeetrilised, biomehhaanilised ja füsioloogilised parameetrid. Kuna kiiruisutamine on spordialana väga palju arenenud alates oma sünnist 19. sajandi lõpus, on ka tippkiiruisutaja mudel aja jooksul muutunud. Kiiruste kasvuga on muutunud aina olulisemaks perfektse tehnika valdamine ning sobivad antropomeetrilised ja füsioloogilised näitajad.

Kui 20. sajandi alguses kutsuti spordiala uisujooksuks, on tänasel päeval asi jooksust kaugel. Uisutaja peab leidma täpse asendi jääl õigete nurkade abil põlve- ning puusaliigeses, et saavutada optimaalne äratõuge, ent samas tagada piisav verevoolutus reie eesmistesse lihastesse.

Kuigi uisutajate antropomeetrilistele näitajatele keskendunud uurimuste põhjal ei ole võimalik võtta ühtset seisukohta edukaks kiiruisutamiseks vajalike antropomeetriliste näitajate osas, võivad suhteliselt lühem reieosa ning suhteliselt suurem kehamass olla kiiruisutamise sooritusele soosivateks teguriteks. Võimalik, et uue klappuisu võimaldatud suuremate võimsuste ning suurenenud kiiruste tõttu on tänapäevaste kiiruisutajate jõunäitajad ning seega kehamassid suuremad kui varem. Kahjuks ei leidnud käesoleva uurimuse autor teaduslikke artikleid, mis seda oletust ka kinnitaks.

Kiiruisutamisel, kus lühima, 500 meetri distantssi kestus on veidi üle 34 sekundi ja pikima, 10000 meetri kestus alla 13 minuti, on aeroobsete protsesside poolt toodetud energia osa vaieldamatult tähtis. Uuringud on näidanud, et kõrge maksimaalne hapnikutarbimise võime on kiiruisutamise sooritust soosiv faktor. Ka kõrged maksimaalsed laktaadi püsitasemed viitavad, et kiiruisutamisel suudab uisutaja organism edukalt eemaldada laktaati kõrge intensiivsusega töö juures, seejuures jäädes aeroobse ainevahetuse piiridesse. Vastupidiselt eelmainitule, põhjustavad mitmed kiiruisutamise eripärad tugeva nihke ainevahetuse tasakaalus anaeroobse energia taastootmise poole. Kiiruisutamisel täheldatud madalad istuvad asendid põhjustavad hapniku juurdevoolu piiramise reie eesmistesse lihastesse, mistõttu aeroobsete protsesside töö on takistatud ning suureneb anaeroobselt toodetud energia osakaal kogu ainevahetusest. Kindlasti on energia taastootmise meetod kiiruisutamise distantssi pikkusest, kuid antud töö autor tõdeb, et tõenäoliselt peavad tipptasemel kiiruisutajal olema kõrgel tasemel nii aeroobne kui anaeroobne töövõime, et sooritus uisutamise eripärade tõttu ei kannataks.

Eesti kiiruisutajate madalam tase tipptasemel uisutajatega võrreldes on ilmselt põhjustatud asjaolust, et pärast kiiruisutamise nn. taassündi on alaga tegeletud meil alla kümne aasta.

Hetkel ei ole Eestis veel piisavalt häid treeningtingimusi ega oskusi maailmatasemele jõudmiseks. Pidev töö kiiruisutamise arendamisel annab alust loota, et ehk paranevad ka Eestis tingimused kiiruisutamise harrastamiseks ning suurenevad teadmised treeningmetoodikatest ning ala iseärasustest. Käesoleva töö autor usub, et antud uurimusest võib olla kasu eesti noortel kiiruisutajatel, et paremini mõista kiiruisutamise olemust ning seeläbi edukamalt planeerida oma treeninguid.

Kasutatud kirjandus

1. Beneke R, Duvillard SP. Determination of maximal lactate-steady state in selected sports events. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1996; 28: 241-246.
2. de Boer RW, Vos E, Hutter W, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Physiological and biomechanical comparison of roller skating and speed skating on ice. *European Journal of Applied Physiology* 1987; 56: 562-569.
3. de Koning JJ, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Ice friction during speed skating. *Journal of Biomechanics* 1992; 25: 565-571.
4. de Koning JJ, Bakker FC, de Groot G, van Ingen Schenau GJ. Longitudinal development of young talented speed skaters: physiological and anthropometrical aspects. *Journal of Applied Physiology* 1994; 77: 2311-2317.
5. de Koning JJ, Hettinga FJ, Foster C, Lampen J, Bobbert MF. Can aerobic capacity be fully utilized in two minutes of supra-maximal speed skating exercise? *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2004; 36: S13-S14.
6. de Koning JJ, Foster C, Lampen J, Hettinga F, Bobbert MF. Experimental evaluation of the power balance model of speed skating. *Journal of Applied Physiology* 2005; 98: 227-233.
7. di Prampero PE, Cortili G, Mognoni P, Saibene F. Energy cost of speed skating and efficiency of work against air resistance. *Journal of Applied Physiology* 1976; 40: 584-591.
8. Formenti F, Minetti AE. Human locomotion on ice: the evolution of ice-skating energetics through history. *The Journal of Experimental Biology* 2007; 210: 1825-1833.
9. Foster C, Rundell KW, Snyder AC, Stray-Gundersen J, Kemkers G, Thometz N, Broker J, Knapp E. Evidence for restricted muscle blood flow during speed skating. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1999; 31: 1433-1440.
10. Foster C, de Koning JJ, Hettinga F, Lampen J, la Clair KL, Dodge C, Bobbert M, Porcari JP. Pattern of energy expenditure during simulated competition. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2003; 35: 826-831.

11. Foster C, de Koning JJ, Hettinga F, Lampen J, Dodge C, Bobbert M, Porcari JP. Effect of competitive distance on energy expenditure during simulated competition. *International Journal of Sports Medicine* 2004; 25: 198-204.
12. Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine* 2001; 31: 725-741.
13. Houdijk H, de Koning JJ, de Groot G, Bobbert MF, van Ingen Schenau GJ. Push-off mechanics in speed skating with conventional skates and klapskates. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000a; 32: 635-641.
14. Houdijk H, Heijnsdijk EAM, de Koning JJ, de Groot G, Bobbert MF. Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klapskates. *European Journal of Applied Physiology* 2000b; 83: 283-288.
15. Lewis SF, Snell PG, Taylor WF, Hamra M, Graham RM, Pettinger WA, Blomqvist CG. Role of muscle mass and mode of contraction in circulatory responses to exercise. *Journal of Applied Physiology* 1985; 58: 146-151.
16. Medbø JJ, Gramvik P, Jebens E. Aerobic and anaerobic energy release during 10 and 30 s bicycle sprints. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* 1999; 4: 122-146.
17. Nemoto I, Iwaoka K, Funato K, Yoshioka N, Miyashita M. Aerobic threshold, anaerobic threshold, and maximal oxygen uptake of Japanese speed-skaters. *International Journal of Sports Medicine* 1988; 9: 433-437.
18. Serresse O, Lortie G, Bouchard C, Boulay MR. Estimation of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine* 1988; 9: 456-460.
19. Spencer MR, Gastin PB. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2001; 33: 157-162.
20. Rundell KW, Pripstein LP. Physiological responses of speed skaters to treadmill low walking and cycle ergometry. *International Journal of Sports Medicine* 1995; 16: 304-308.
21. Rundell KW. Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill in-line skating. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1996; 28: 120-127.
22. van Ingen Schenau GJ. The influence of air friction in speed skating. *Journal of Biomechanics* 1982; 15: 449-458.

23. van Ingen Schenau GJ, de Groot G, Hollander AP. Some technical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating. *European Journal of Applied Physiology* 1983a; 50: 343-354.
24. van Ingen Schenau GJ, de Groot G. Differences in oxygen consumption and external power between male and female speed skaters during supramaximal cycling. *European Journal of Applied Physiology* 1983b; 51: 337-345.
25. van Ingen Schenau GJ, de Groot G, de Boer RW. The control of speed in elite female speed skaters. *Journal of Biomechanics* 1985; 18: 91-96.
26. van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, Rozendal RH. The unique action of bi-articular muscles in complex movements. *Journal of Anatomy* 1987; 155: 1-5.
27. van Ingen Schenau GJ, Bakker FC, de Groot G, de Koning JJ. Supramaximal cycle tests do not detect seasonal progression in performance in groups of elite speed skaters. *European Journal of Applied Physiology* 1992; 64: 292-297.
28. van Ingen Schenau GJ, de Groot G, Scheurs AW, Meester H, de Koning JJ. A new skate allowing powerful plantar flexions improves performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1996; 28: 531-535.

Physiological and biomechanical characteristics in speed skating

Summary

Current research paper focuses on anthropometrical, biomechanical and physiological variables of elite speed skaters with the purpose of educating young Estonian speed skaters and helping them to improve their training methods.

It was concluded from this paper that although there are some differences between elite and well trained speed skaters, anthropometrical characteristics do not have a significant role in performance in this sport.

The author deduced from different articles about biomechanical data of speed skating that the low body posture as well as small knee and trunk angles observed in this sport is important to maximize the power derived from the push-off.

It has been proved that maximal oxygen uptake is an important factor in speed skating. High maximal lactate steady state values in speed skating further support this idea. Contrary, low skating position leads to restricted blood flow to the working muscles, thus limiting oxygen uptake and increasing the importance of anaerobically produced energy. The author concludes that both, aerobic and anaerobic energy production seem to be necessary for performance in speed skating.