

**AEROBISEN KUNNON VAIKUTUS TOISTUVAAN SPRINTTILUISTELUKYKYYN,  
SIMULOIDUN JÄÄKIEKKO-OTTELUN AIKAISEEN LIIKKUMISEEN SEKÄ  
OTTELUN JÄLKEISEEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN PITKÄAIKAISEEN  
PALAUTUMISEEN**

Walteri Viitanen

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2022

Työn ohjaajat: Juha Ahtiainen ja Jussi Mikkola

## TIIVISTELMÄ

Viitanen, W. 2022. Aerobisen kunnan vaikutus toistuvaan sprinttiluistelukykyyn, simuloitun jääkiekko-ottelun aikaiseen liikkumiseen sekä ottelun jälkeiseen fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaiseen palautumiseen. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 76 s., 2 liitettä.

Joukkuepalloilulajeissa vaaditaan kykyä toistaa lyhyitä maksimaalisia työjaksoja, mikä edellyttää sekä aerobista että anaerobista energiantuottokapasiteettia. Viime vuosina aerobisen kunnan merkitystä on voimakkaasti painotettu palloilulajeissa, koska sillä uskotaan olevan hyvin keskeinen vaikutus otteluiden aikaiseen fyysiseen suorituskykyyn sekä palautumisen tehokkuuteen. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia aerobisen kunnan vaikutusta jääkiekkoilijoiden toistuvaan sprinttiluistelukykyyn, simuloitun jääkiekko-ottelun aikaiseen liikkumiseen sekä fyysisen suorituskyvyn palautumiseen ottelun jälkeen.

Tutkimukseen rekrytoitiin 19 jääkiekkoilijaa alle 20-vuotiaiden korkeimmalta kansalliselta sarjatasolta, U20 SM-Sarjasta. Tutkittavien  $VO_2\max$ , maksimiyöteho sekä laktaattikynnykset määritettiin polkupyöraergometrillä suoritettuna suoralla maksimaalisella hapenottokykytestillä. Otanta jaettiin mediaanijaolla korkeamman ja alhaisemman aerobisen kunnan ryhmiin kehonpainoon suhteutetun maksimiyötehon perusteella. Ryhmien välisiä eroja tutkittiin toistuvassa sprinttikyvyyssä, simuloitun jääkiekko-ottelun aikaisessa liikkumisessa sekä fyysisen suorituskyvyn palautumisessa ottelun jälkeen. Toistuva sprinttikykytesti koostui viidestä 30 m maksimaalisesta luistelusprintistä, jotka suoritettiin 30 s palautuksilla. Simuloitun ottelun aikaista liikkumista tutkittiin Wisehockey-lähipaikannusjärjestelmällä, ja fyysistä suorituskykyä mitattiin toistuvan sprinttikykytestin keskiajalla ja nopeimmalla ajalla, isometrisen jalkaprässin maksimivoimalla sekä esikevennyshypyn nousukorkeudella. Fyysiset suorituskykytestit toteutettiin neljästi (lähtötasotestit sekä ottelun jälkeiset testit välittömästi sekä 18 h ja 51 h ottelun jälkeen).

Ryhmien välillä ei havaittu eroja toistuvassa sprinttikyvyyssä, simuloitun jääkiekko-ottelun aikaisessa liikkumisessa eikä fyysisen suorituskyvyn palautumisessa. Aerobinen kunto ei ollut yhteydessä toistuvaan sprinttikykyyn eikä ottelun aikaiseen luistelumatkaan tai korkeatehoisen luistelun määrään. Tutkimuksen keskeinen löydös oli myös se, että fyysisen suorituskyvyn palautuminen jääkiekko-ottelun jälkeen vie noin kaksi vuorokautta. Aerobisen kunnan erojen ollessa vähäisiä, aerobinen kunto ei tämän tutkimuksen mukaan erottele yksilöitä toistuvassa sprinttikyvyyssä, jääkiekko-ottelun aikaisessa fyysisessä suorituskyvyssä tai suorituskyvyn palautumisessa ottelun jälkeen.

Asiasanat: energia-aineenvaihdunta, aerobinen kapasiteetti, toistuva sprinttikyky, palautuminen, joukkuepalloilulajit, jääkiekko

## ABSTRACT

Viitanen, W. 2022. Significance of aerobic fitness for repeated sprint skating, skating performance during a simulated ice hockey match and post-match performance recovery. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Science of Sport Coaching and Fitness Testing, Master's thesis, 76 pp., 2 appendices.

In ball games, the ability to frequently repeat maximal sprints (repeated sprint ability, RSA) is essential, necessitating both high aerobic and anaerobic capacity. In recent years, the importance of aerobic fitness for physical match performance and long-term performance recovery has been strongly emphasized by sports coaches. Thus, the aim of this study was to examine the significance of aerobic fitness for repeated sprint skating, skating performance during a simulated ice hockey match, and post-match performance recovery.

Nineteen U20 male ice hockey players from the highest national level of youth ice hockey were recruited. The subjects completed an incremental maximal oxygen uptake test with cycle ergometer to determine  $VO_{2max}$ , maximum power output, and lactate thresholds. Using median split, the subjects were divided into higher and lower groups of aerobic fitness based on their relative maximum power output in the graded  $VO_{2max}$  test. Between-group differences were then examined in repeated sprint skating test, skating during a simulated ice hockey match, and in the rapidity of physical performance recovery after the match. The RSA test consisted of five maximal 30m sprints interspersed with 30 seconds of recovery. Skating during the simulated match was monitored with Wisehockey local positioning system, and physical performance variables included the fastest and mean times of the RSA test, maximum strength in isometric leg press and countermovement jump height. The physical performance tests were repeated four times in total, including baseline testing and post-match testing immediately, 18 hours, and 51 hours after the match.

No between-group differences were found in RSA test performance, skating distances and intensities recorded during the simulated match, nor in the rapidity of physical performance recovery after the match. In addition, no statistically significant correlations were found between aerobic fitness variables and repeated sprint ability or between aerobic fitness variables and skating distances and the amount of high-intensity skating during the match. A novel finding of the present study was also that it takes approximately two days for physical performance to recover back to baseline after an ice hockey match. To conclude, according to this study, aerobic fitness does not play a crucial role in repeated sprint ability, physical match performance, or in the rapidity of performance recovery when the differences between individuals in aerobic fitness levels are only minor.

Key words: energy metabolism, aerobic capacity, repeated sprint ability, recovery, ball games, ice hockey

## KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
LK1	1. laktaattikynnys
LK2	2. laktaattikynnys
MVC	maximal voluntary contraction, maksimaalinen tahdonalainen lihassupistus
PCr	fosfokreatiini
1 RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi
RSA	repeated sprint ability, toistuva sprinttikyky
VO <sub>2</sub> max	maksimaalinen hapenottokyky
VO <sub>2</sub> peak	hapenkulutuksen huippuarvo

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 AEROBINEN KUNTO .....	3
2.1 Aerobisen kunnan fysiologinen tausta .....	3
2.2 Aerobisen kunnan merkitys joukkuepalloilulajeissa .....	6
2.2.1 Aerobinen kapasiteetti ja toistuva sprinttikyky .....	7
2.2.2 Aerobinen kunto ja pelaajien liikkuminen otteluiden aikana .....	12
3 PALAUTUMINEN JOUKKUEPALLOILULAJEISSA .....	15
3.1 Pitkäaikaisen palautumisen fysiologinen tausta .....	15
3.2 Fyysisen suorituskyvyn palautuminen otteluiden jälkeen .....	17
3.2.1 Vertikaalihypyt .....	18
3.2.2 Sprintit .....	19
3.2.3 Maksimivoima .....	21
3.2.4 Fyysisen kuntotason vaikutus suorituskyvyn palautumiseen .....	23
4 JÄÄKIEKON FYYSISET VAATIMUKSET .....	26
4.1 Jääkiekko-ottelun fyysinen kuormittavuus .....	26
4.2 Jääkiekkoilijoiden aerobinen kuntotaso kansainvälisellä huipulla .....	30
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT .....	32
6 TUTKIMUSMENETELMÄT .....	34
6.1 Tutkittavat.....	34
6.2 Tutkimusasetelma.....	34
6.3 Mittaukset .....	36

6.3.1 Suora maksimaalinen hapenottokykytesti .....	36
6.3.2 RSA-testi .....	37
6.3.3 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit.....	38
6.3.4 Ottelusimulaatio .....	40
6.3.5 Muu kerätty data.....	44
6.4 Tilastolliset menetelmät.....	44
7 TULOKSET .....	45
7.1 Suorat maksimaaliset hapenottokykytestit .....	45
7.2 Fyysinen suorituskyky toistetuissa mittauksissa .....	45
7.3 Simuloitu ottelu .....	47
7.4 Palautuminen simuloidusta ottelusta .....	50
8 POHDINTA.....	53
LÄHTEET .....	65
LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Teknisten ja taktisten taitojen laadukas toteuttaminen urheilulajien kilpailutilanteissa edellyttää useimmiten taustalleen riittävää fyysistä kuntotasoja, jonka yksi olennainen osatekijä on kestävyys (Bangsbo 2015). Kestävyysuomituskyvyn kannalta keskeistä on etenkin aerobinen kunto eli elimistön kyky kuljettaa happea ja käyttää sitä energiantuotossa fyysisen kuormituksen aikana (Armstrong & McNarry 2016; Basset & Howley 2000). Aerobisella eli hapellisella energiantuotolla on keskeinen merkitys myös maksimaalisissa ja lyhyissä suorituksissa, sillä esimerkiksi keskimatkan juoksussa valtaosa energiasta tuotetaan aerobisesti (Gastin 2001). Joukkuepallolajeissa urheilijoilta vaaditaan kykyä toistaa lyhyitä ja maksimaalisia työkaksoja lyhyehköillä palautuksilla koko ottelun ajan, mikä edellyttää sekä aerobista että anaerobista energiantuotokapasiteettia (Girard ym. 2011; Phomsoupha ym. 2018). Aerobisen energia-aineenvaihdunnan tehokkuuden merkitys intervallityyppisissä lajeissa korostuu etenkin intensiivisten työkaksojen välisenä aikana palautuessa (Spencer ym. 2005; Tomlin & Wenger 2001).

Jääkiekossa pelaajan kyky suorittaa toistuvia sprinttejä on hyvin keskeistä, ja esimerkiksi NHL:n runkosarjaottelun aikana pelaajien onkin havaittu suorittavan keskimäärin jopa seitsemän korkeatehoista luistelupyrähdystä minuutissa (Lignell ym. 2018). Toistuvan sprinttikyvyn ja erityisesti lihasten välittömän energianlähteen, fosfokreatiinin, palautumisen on osoitettu olevan riippuvaista kudosten hapensaannista (Balsom ym. 1994a; Quistorff ym. 1993). Tästä huolimatta tutkimusnäyttö esimerkiksi maksimaalisen hapenottoyvyn (aerobinen kapasiteetti,  $VO_2\text{max}$ ) ja toistuvan sprinttikyvyn välisestä yhteydestä on edelleen kiistanalaista (Bishop ym. 2003; Carey ym. 2007; Dardouri ym. 2014).

Aerobisen kunnan merkitystä on toistuvan sprinttikyvyn ohella tutkittu melko runsaasti myös pelaajien liikkumisaktiivisuudessa palloilulajien otteluiden aikana. Aerobista kestävyyttä mittaavien kenttätestien tulokset ovatkin korreloineet melko vahvasti pelaajien liikkumisen määrän ja intensiteetin kanssa eri palloilulajien otteluiden aikana (Black ym. 2017; Dal Pupo ym. 2020; Rebelo ym. 2014; Redkva ym. 2018). Jääkiekossakin aerobisen kunnan on

osoitettu olevan yhteydessä ottelun aikaiseen korkeatehoisen luistelun määrään lajin korkeimmalla sarjatasolla (Lignell ym. 2018), mutta kaiken kaikkiaan aihetta on tutkittu jääkiekkoilijoilla erittäin vähän. Lisäksi palloilijoilla tehdyissä tutkimuksissa on aerobisen kunnan osalta tutkittu lähinnä aerobisen kapasiteetin merkitystä toistuvassa sprinttikyvyyssä ja otteluiden aikaisessa liikkumisessa, kun taas submaksimaalisen aerobisen kunnan merkitystä ei ole juurikaan tutkittu.

Palautuminen voidaan määritellä aikaisemman suorituskykytason saavuttamisena tai sen ylittämisenä tietyn kuormituksen jälkeen, minkä taustalla on monitahoinen, useiden elinjärjestelmien fysiologinen vaste kuormituksen aiheuttamiin muutoksiin elimistön tasapainotilassa eli homeostaasissa (Bishop ym. 2008; Stanley ym. 2013). Joukkuepalloilulajeissa etenkin kilpailukauden ottelurytmi asettaa korkeat vaatimukset palautumiselle, sillä esimerkiksi jääkiekon korkeimmalla sarjatasolla pelataan pelkästään runkosarjan aikana 82 ottelua, mikä tarkoittaa noin 3–4 ottelua per viikko joukkueen harjoitusten lisäksi (Brocherie ym. 2018; Neeld 2018). Tutkimuksissa onkin havaittu, että joukkuepalloilijoiden fyysinen suorituskyky ei välttämättä palaudu vielä kolmenkaan vuorokauden jälkeen ottelusta (Ispirlidis ym. 2008; Rhodes ym. 2019; Thomas ym. 2017). Palloilulajien valmentajat painottavat usein vahvasti yksilön aerobisen kunnan keskeistä merkitystä nopean palautumisen mahdollistamisessa harjoitusten ja otteluiden välillä. Toistaiseksi suora tutkimusnäyttö korkean aerobisen kuntotason ja nopean palautumiskyvyn välisestä yhteydestä on kuitenkin hyvin vähäistä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia aerobisen kunnan vaikutusta jääkiekkoilijoiden toistuvaan sprinttiluistelukykyyn sekä pelaajien liikkumiseen simuloidun jääkiekko-ottelun aikana. Lisäksi tutkimuksessa halutaan selvittää, vaikuttaa aerobinen kunto fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaiseen palautumiseen ottelun jälkeisinä päivinä.

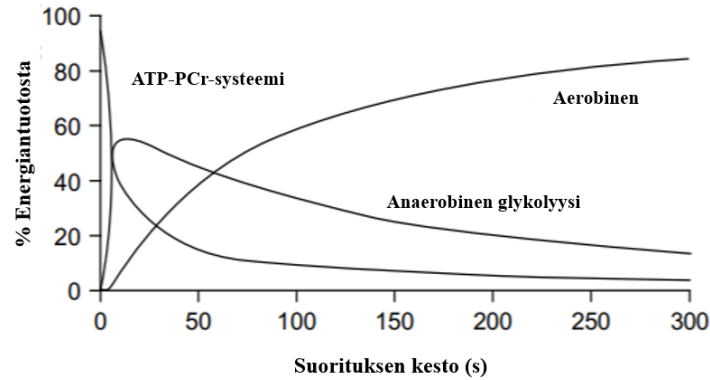


## 2 AEROBINEN KUNTO

Suorituskyky urheilussa koostuu lukuisista osa-alueista, kuten teknisistä, taktisista, fysiologisista, psykologisista ja sosiaalisista tekijöistä. Fyysisen kunnan merkitys menestykselle vaihtelee huomattavasti eri urheilulajien kesken, ja esimerkiksi palloilulajeissa korkeatasoinen tekninen ja taktinen kyvykkyys voivat osaltaan kompensoida heikkoa fyysistä kuntotaso. Teknisten ja taktisten taitojen laadukas toteuttaminen kilpailutilanteissa vaatii kuitenkin useimmiten taustalleen riittävää fyysistä kuntotaso, jonka yksi olennainen osatekijä on kestävyys. (Bangsbo 2015.) Kestävyysuorituskyky koostuu maksimaalisesta aerobisesta energiantuottokyvystä ( $VO_2max$ ), kyvystä työskennellä pitkäaikaisesti lähellä  $VO_2max$ -tehoa, suorituksen taloudellisuudesta sekä hermolihasjärjestelmän tehontuottokyvystä (Basset & Howley 2000; Joyner & Coyle 2008; Paavolainen ym. 1999). Aerobisella kunnolla tarkoitetaan hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä happeuttaa sekä kuljettaa verta työskenteleville lihaksille ja lihasten kykyä hyödyntää happea energiantuottoon fyysisessä kuormituksessa (Armstrong & McNarry 2016; Williams ym. 2017).

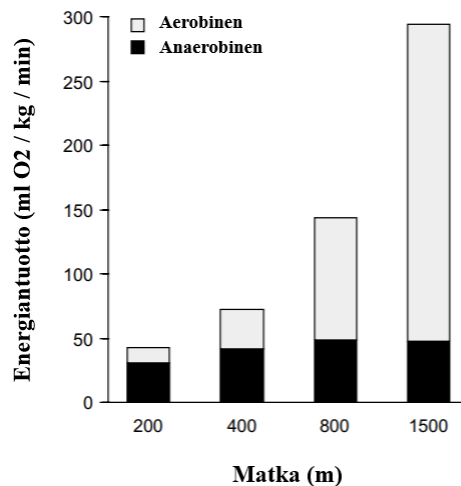
### 2.1 Aerobisen kunnan fysiologinen tausta

*Energia-aineenvaihdunta.* Lihaskoivon tekemäänsä työhön energiaa ATP:n (adenosiinitrifosfaatti) muodossa. Lihaksen vapaat ATP-varastot ovat vähäiset, minkä vuoksi yhdistettä tulee jatkuvasti muodostaa uudelleen. Tätä varten ihmisellä on olemassa kolme erillistä ja toisiinsa linkittyntä energiantuottoreittiä (kuva 1). Niistä kaksi nopeinta ovat anaerobisia eli ne toimivat ilman happea, ja niihin kuuluvat ATP-PCr-systeemi eli ATP:n muodostaminen fosfokreatiinista (PCr) sekä anaerobinen glykolyysi, jossa ATP:a muodostetaan lihasglykokeenistä. Anaerobisten energiantuottotapojen kapasiteetti on niiden tehokkuudesta huolimatta kuitenkin hyvin rajallinen. Kolmas energiantuottotapa (oksidatiivinen fosforylaatio) muodostaa ATP:a hapen avulla pääasiallisesti hiilihydraateista ja rasvoista. Aerobinen energiantuotto on anaerobista energiantuottoa hitaampaa, mutta sen etuna on tuotetun ATP:n määrä ja energiantuottokapasiteetti. (Gastin 2001.)



KUVA 1. Energiantuottoreittien suhteellinen osuus kokonaisenergiantuotosta eri kestoisissa maksimaalisissa suorituksissa (mukailtu Gastin 2001).

Aerobisen energia-aineenvaihdunnan suhteellisesta hitaudesta huolimatta hapen avulla tuotetaan energiaa jo 6 s kestoisessa maksimaalisessa suorituksessa (Gastin 2001). Hapellisen energiantuottosysteemin merkitys kasvaa suorituksen keston pidentyessä, ja esimerkiksi 800 m juoksussa sen osuudeksi kokonaisenergiantuotosta on arvioitu noin 60–70 % (Hill 1999; Spencer & Gastin 2001). Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton arvioitu osuus kokonaisenergiantuotosta 200–1500 metrin juoksussa on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton osuus kokonaisenergiantuotosta simuloituissa 200–1500 metrin juoksussa. Osuus kokonaisenergiantuotosta on arvioitu suorituksissa kertyneen happivajeen perusteella. (Mukailtu Spencer & Gastin 2001.)

*Maksimaalista hapenottookykyä rajoittavat tekijät.* Maksimaalista hapenottookykyä ( $VO_2\max$ ) eli aerobista kapasiteettia pidetään aerobisen kunnan kultaisena standardina, ja se tarkoittaa kehon maksimaalista kapasiteettia hyödyntää happea energiantuottoon kuormituksessa (Basset & Howley 2000; Gaskill ym. 2001). Aerobiselle kapasiteetille on siis olemassa fysiologinen yläraja eli hapenkulutus ei kasva fyysisessä kuormituksessa loputtomasti työtehon noususta huolimatta. Hapen siirtyminen hengitettävästä ilmasta solujen mitokondrioiden käyttöön onkin monivaiheinen prosessi, jonka aikana useat tekijät voivat rajoittaa kehon kykyä käyttää happea. Sentraalisia fysiologisia rajoittavia tekijöitä ovat keuhkojen diffuusiokapasiteetti (hapen siirtyminen alveoleista keuhkokapillaareihin), sydämen maksimaalinen minuuttitilavuus (sydämen minuutin aikana pumppaama verimäärä) sekä veren hapenkuljetuskyky. Perifeeriset hapenkulutusta rajoittavat tekijät käsittävät puolestaan luurankolihasien ominaisuudet ja kyvyn käyttää happea. Maksimaalisessa koko kehoa kuormittavassa suorituksessa merenpinnan tasolla, perusterveen ihmisen maksimaalista hapenottookykyä rajoittaa ensisijaisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea lihaksille. (Basset & Howley 2000.) Giffordin ym. (2016) mukaan kuntotaso voi kuitenkin vaikuttaa asiaan siten, että esimerkiksi harjoittelemattomilla  $VO_2\max$ :a saattaa rajoittaa ennemminkin lihasten hapenkäyttökyky, kun taas korkean aerobisen kapasiteetin omaavilla  $VO_2\max$ :a näyttäisi rajoittavan verenkiertoelimistön hapenkuljetuskyky.

*Pitkäaikainen aerobinen kestävyys.* Aerobisen sekä anaerobisen kynnyksen tehot ovat pitkäaikaista aerobista kestävyyttä kuvaavia muuttujia, jotka määritetään perustuen veren laktaattipitoisuuksien tai hengityskaasujen muutoksiin eri suoritustehoilla (1. ja 2. laktaattikynnys tai 1. ja 2. ventilaatiokynnys) (Nummela 2017). Aerobisen kapasiteetin keskeinen merkitys kestävyydelle on ylärajan asettaminen oksidatiivisen fosforylaation avulla tapahtuvalle aerobiselle energia-aineenvaihdunnalle, mutta kyky työskennellä lähellä  $VO_2\max$ -tehoa sekä suorituksen taloudellisuus määrittävät kuitenkin kestävyyslajeissa hyvin olennaisesti suorituskykyä eli sitä nopeutta tai tehoa, jota kyetään ylläpitämään pitkäkestoisesti kilpailusuorituksessa (Basset & Howley 2000). Pitkäaikaisen aerobisen kestävyuden kehittyminen perustuu ennen kaikkea kestävyysharjoittelun aikaansaamiin adaptaatioihin harjoitetuissa lihaksissa (Holloszy & Coyle 1984).

*Hapenkulutuksen kinetiikka.* Hapenkulutuksen kinetiikalla tarkoitetaan hapenkulutuksen nousunopeutta fyysisen kuormituksen alkaessa. Nopea hapenkulutuksen kasvu mahdollistaa tehokkaan aerobisen energia-aineenvaihdunnan heti kuormituksen alussa, mikä säästää anaerobista kapasiteettia ja voi siten vähentää lihasväsymykseen yhdistettyjen aineenvaihduntatuotteiden, kuten vetyionien ja inorgaanisen fosfaatin kerääntymistä lihaksiin. (Burnley & Jones 2007.) Hapenkulutuksen kinetiikan onkin havaittu olevan tehokkaampaa kovemman harjoitustaustan ja korkeamman aerobisen kapasiteetin omaavilla urheilijoilla (Bosquet ym. 2007). Tehokkaan hapenkulutuksen kinetiikan edullisuudesta kestävyysuorituskyvyille on myös saatu näyttöä palloilulajeissa, sillä nuorilla jalkapalloilijoilla hapenkulutuksen kasvunopeuden havaittiin korreloivan merkitsevästi Yo-Yo IR1-kestävyysjuoksetestin tuloksen, jalkapallo-ottelun aikaisen korkeatehoisen juoksemisen sekä ottelun aikana liikutun matkan kanssa (Doncaster ym. 2016).

## **2.2 Aerobisen kunnan merkitys joukkuepalloilulajeissa**

Joukkuepalloilulajeille on tunnusomaista, että otteluiden aikana väsymys kehittyy progressiivisesti, mikä näkyy esimerkiksi liikkumisen määrän ja intensiteetin laskemisena otteluiden loppua kohti (Bueno ym. 2014; Lignell ym. 2018; Rampinini ym. 2009a; Rebelo ym. 2014; Vigh-Larsen ym. 2020). Lajeille tyypillistä on myös korkeatehoinen intervallikuormitus, jossa aerobisen energia-aineenvaihdunnan tehokkuuden merkitys korostuu etenkin intensiivisten työjaksojen välisenä aikana palautuessa (Spencer ym. 2005; Tomlin & Wenger 2001). Korkea aerobinen kapasiteetti voikin esimerkiksi nopeuttaa lyhytaikaista palautumista korkeatehoisten sprinttien välisenä aikana sekä auttaa siten vastustamaan väsymystä (Gharbi ym. 2015). Aerobisen kunnan keskeiseen merkitykseen palloilussa viittaa esimerkiksi Wisløffin ym. (1998) tutkimus, jossa Norjan jalkapallon pääsarjan voittaneen joukkueen pelaajat omasivat merkittävästi korkeamman aerobisen kapasiteetin verrattuna viimeiseksi sarjassa sijoittuneen joukkueen pelaajiin. Aerobisen kuntotason vaatimusten kasvusta ylemmillä sarjatasoilla on myös saatu näyttöä jääkiekossa: Vigh-Larsenin ym. (2019) tutkimuksessa korkeamman sarjatason jääkiekkoilijoiden suorituskyky oli merkittävästi parempi Yo-Yo IR1-testissä ja lisäksi heidän kuormittumisensa oli vähäisempää submaksimaalisessa Yo-Yo-testissä verrattuna alemman sarjatason pelaajiin. Keskeisintä aerobisen kunnan osalta palloilulajeissa lienee kuitenkin se, että siinä saavutetaan

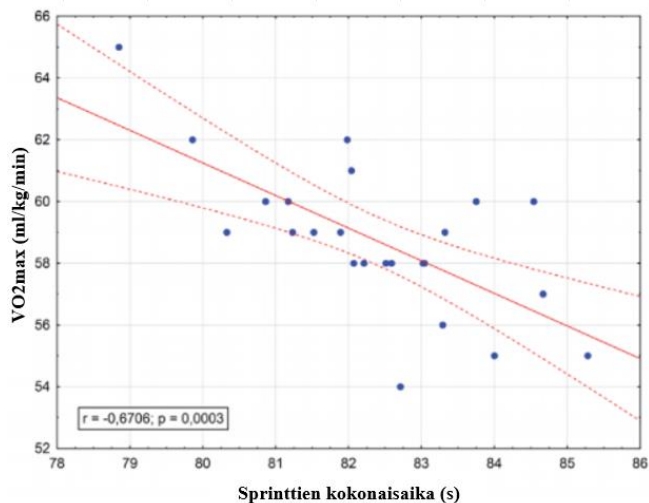
riittävä taso, joka ei rajoita fyysistä suorituskykyä ottelun aikana. Tähän viittaa esimerkiksi Haugenin ym. (2021) tuore pitkittäistutkimus, jossa jääkiekkoilijoiden kestävyuden ja ottelun aikaisen suorituskyvyn välillä havaittiin vain hienoinen yhteys ( $r = -0.1-0.3$ ).

### **2.2.1 Aerobinen kapasiteetti ja toistuva sprinttikyky**

Joukkuepallolajeiluissa urheilijoilta vaaditaan kykyä toistaa lyhytkestoisia ( $\leq 10$  s) sprinttejä maksimaalisella tai lähes maksimaalisella intensiteetillä ja lyhyillä, alle 60 s kestoisilla palautuksilla jopa 1–4 tunnin ajan. Tätä fyysistä ominaisuutta nimitetään toistuvaksi sprinttikyvyksi (RSA, repeated sprint ability), ja se edellyttää sekä aerobista että anaerobista energiantuottokapasiteettia. (Girard ym. 2011; Phomsoupha ym. 2018.) Aerobisen energia-aineenvaihdunnan tehokkuuden merkityksestä suorituskyvylle korkeatehoisissa intervallityyppisissä suorituksissa on oltu kiinnostuneita jo pitkän aikaa. Balsomin ym. (1994b) tutkimus antoi viitettä siitä, että kudosten hapensaannin tehostuminen erytropoietiinipistosten seurauksena olisi edullista toistuvalla sprinttikyvylle lisääntyneen aerobisen energiantuoton sekä tehokkaamman fosfokreatiinin uudismuodostuksen johdosta. Toistuvan sprinttikyvyn riippuvuutta aerobisen energia-aineenvaihdunnan tehokkuudesta puoltaa myös Balsomin ym. (1994a) toinen tutkimus, jossa tutkittavien suorituskyvyn osoitettiin heikentyvän polkupyöräergometrillä suoritettavassa RSA-testissä merkittävästi, kun testi suoritettiin hypoksisissa oloissa verrattuna testin suorittamiseen normaalissa happiosapaineessa. Lisäksi lihasten välittömän energianlähteen, fosfokreatiinin, uudismuodostusprosessin on osoitettu olevan riippuvainen hapensaannista (Quistorff ym. 1993). Hyvän aerobisen kunnon onkin ehdotettu nopeuttavan palautumista intensiivisestä intervallikuormituksesta muun muassa tehokkaamman aerobisen energiantuoton sekä tehostuneen laktaatin poiston ja fosfokreatiinin uudismuodostuksen johdosta (Tomlin & Wenger 2001). Näistä mainituista tutkimuslöydöksistä huolimatta aerobisen kapasiteetin ( $VO_2\max$ ) merkitys toistuvalla sprinttikyvylle on kuitenkin edelleen kiistanalainen (esimerkiksi Aziz ym. 2007; Bishop ym. 2003; Carey ym. 2007; Dardouri ym. 2014), ja siksi kyseisten muuttujien välistä yhteyttä tuleekin edelleen tutkia eri lajien urheilijoilla toteutettavilla lajinomaisilla RSA-testeillä.

Carey ym. (2007) tutkivat aerobisen kapasiteetin yhteyttä suorituskyydyn naisjäähkiekkoilijoilla lajinomaisessa luistelutestissä. Testissä luisteltiin yhteensä viisi kertaa jääkiekkokaukalo ympäri maksimaalisella nopeudella, ja kierrosten välissä oli 30 s kestoinen palautus. Suorituskyydy luistelutestissä määritettiin väsymisindeksillä. Väsymisindeksin ja aerobisen kapasiteetin välinen korrelaatio ( $r = -0.42$ ) ei ollut tilastollisesti merkitsevä ja sen mukaan väsyminen intervallikuormituksessa selittäisi vain 17.8 % havaituista eroista aerobisessa kapasiteetissa. (Carey ym. 2007.) Myöhemmin McNeely ym. (2010) tutkivat aerobisen kapasiteetin yhteyttä toistuvaan sprinttikyydyn Reed Repeat Sprint-luistelutestissä (6 x 91.44 m / 300 jalkaa, 30 s palautuksilla) yliopistojääkiekkoilijoilla. Tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot aerobisen kapasiteetin ja testin aikaisen suorituskyydyn heikkenemisen välillä ( $r = -0.47$ ) sekä aerobisen kapasiteetin ja tutkittavien heikoimman sprinttiajan välillä ( $r = -0.49$ ). Lisäksi testin jälkeisen laktaatin poistumisnopeuden ja testin aikaisen suorituskyydyn heikkenemisen välillä oli merkitsevä korrelaatio ( $r = -0.49$ ). Tulosten mukaan aerobinen kunto ja laktaatin poistumisen tehokkuus ovat yhteydessä toistuvaan sprinttikyydyn jääkiekossa. (McNeely ym. 2010.)

Stanula ym. (2014) tutkivat myös aerobisen kapasiteetin ja toistuvan sprinttiluistelukyvyyn välistä yhteyttä Puolan jääkiekkomaajoukkueen pelaajilla. Tutkimuksessa pelaajat suorittivat kuusi 89 metrin maksimaalista luistelupyrähdystä 30 s kestoilla palautuksilla. Pelaajien maksimaalisen hapenotto- ja RSA-testin väsymisindeksin välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys ( $r = -0.58$ ), jonka mukaan väsyminen kyseisessä RSA-testissä vastaisi 34 prosenttisesti havaitusta vaihtelusta pelaajien aerobisessa kapasiteetissa. Tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys myös pelaajien maksimaalisen hapenotto- ja RSA-testin sprinttien kokonaisajan välillä ( $r = -0.67$ ), mikä on havainnollistettu kuvassa 3. (Stanula ym. 2014.)



KUVA 3. Maksimaalisen hapenottoyvyn ( $VO_2\max$ ) ja kuuden 89 metrin maksimaalisen luisteluspriintin kokonaisajan hajontakuvio (mukailtu Stanula ym. 2014).

Aerobisen kapasiteetin ja toistuvan sprinttiluistelukyvyyn välillä on havaittu yhteys myös Petersonin ym. (2015) tutkimuksessa, jossa yliopistojääkiekkoilijat suorittivat sekä suoran hapenottoyvyn testin että RSA-testin lajinomaisesti luistellen. Tutkimuksessa pelaajien suorituskyvyyn heikkeneminen kahdeksan maksimaalisen luistelupyrähdyksen loppupuoliskojen aikana korreloi merkitsevästi  $VO_2\text{peak}$ :n kanssa ( $r = -0.31$ ). Samassa tutkimuksessa havaittiin kuitenkin vahvempi korrelaatio sprinttiluistelutestin aikaisen suorituskyvyyn heikkenemisen ja lajinomaisessa hapenottoyvkytestissä suoritettujen kuormaportaiden lukumäärän välillä ( $r = -0.46$ ), minkä vuoksi tutkijat ehdottivatkin, että suoritettujen kuormaportaiden lukumäärä lajinomaisessa hapenottoyvkytestissä saattaa paremmin selittää eroja toistuvassa sprinttikyvyyssä pelkkään aerobiseen kapasiteettiin verrattuna. (Peterson ym. 2015.)

Toistuvan sprinttiluistelukyvyyn ja aerobisen kapasiteetin ( $VO_2\text{peak}$ ) välistä riippuvuutta tutkittiin myös Loweryn ym. (2018) tutkimuksessa luistellen suoritettulla hapenottoyvyn testillä sekä samalla toistuvalla sprinttiluistelutestillä kuin Petersonin ym. (2015) tutkimuksessa. Suorituskyvyyn heikkeneminen kahdeksan luisteluspriintin loppupuoliskojen aikana oli tässäkin tutkimuksessa merkitsevästi yhteydessä aerobiseen kapasiteettiin ( $r = -0.31$ ). Huomionarvoista tässä tutkimuksessa oli kuitenkin se, että tutkittavien toisen ventilaatiokynnyksen teho havaittiin olevan vahvemmin yhteydessä toistuvaan

sprinttikiikyyn, sillä toisen ventilaatiokynnyksen teho korreloi merkitsevästi suoritettujen luisteluspinttien alkupuoliskon väliaikojen ( $r = -0.35$ ), loppupuoliskon väliaikojen ( $r = -0.58$ ) sekä kokonaisaikojen ( $r = -0.42$ ) heikkenemisen kanssa. (Lowery ym. 2018.)

Jääkiekkoilijoilla tehtyjen tutkimusten lisäksi aerobisen kapasiteetin yhteyttä toistuvaan sprinttikiikyyn on tutkittu myös muiden joukkuepallolajien urheilijoilla ja erityisesti jalkapalloilijoilla. Tutkimuksissa käytettyjen RSA-testien suoritustavoissa onkin tutkittavien lajitaustan seurauksena selkeitä eroja, sillä osa testeistä on suoritettu juosten, osa polkupyöräergometrillä, ja joihinkin RSA-testeihin on sisällytetty myös suunnanmuutoksia. Aerobisen kapasiteetin ja RSA:n välistä yhteyttä joukkuepallolajien urheilijoilla selvittäneiden tutkimusten tulokset on koottu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Aerobisen kapasiteetin ja toistuvaa sprinttikiikyä (RSA) mittaavien testien testimuuttujien välinen yhteys pääosin joukkuepallolijoilla tehdyissä tutkimuksissa. Tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot ( $p < 0.05$ ) lihavoitu.

Tutkimus	Tutkittavien laji	Aer. kapasiteetin ja RSA:n välinen yhteys
McMahon & Wenger (1998)	Palloilijoita	VO <sub>2</sub> max ja keskitehon lasku, <b><math>r = -0.49</math></b>
		VO <sub>2</sub> max ja huipputehon lasku, <b><math>r = -0.62</math></b>
Wadley & Rossignol (1998)	Austr. jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, EM
		VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, EM
Aziz ym. (2000)	Maahockey	VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, <b><math>r = -0.35</math></b>
	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, <b><math>r = -0.32</math></b>
Bishop ym. (2003)	Jääkiekko	VO <sub>2</sub> peak ja tehty työ, EM
		VO <sub>2</sub> peak ja tehon lasku, EM
Dupont ym. (2005)	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b><math>r = -0.71</math></b>
Bishop & Edge (2006)	Palloilijoita	VO <sub>2</sub> max ja tehdyn työn lasku, <b><math>r = -0.50</math></b>



<b>Tutkimus</b>	<b>Tutkittavien laji</b>	<b>Aer. kapasiteetin ja RSA:n välinen yhteys</b>
Edge ym. (2006)	Naisurheilijoita	VO <sub>2</sub> peak ja tehty työ, EM VO <sub>2</sub> peak ja tehty suhteellinen työ, EM VO <sub>2</sub> peak ja tehdyn työn lasku, EM
Aziz ym. (2007)	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja nopein aika, EM VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, EM VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, EM
Meckel ym. (2009)	Jalkapallo	Testi 1) VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.60</b> Testi 2) VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, EM
Rampinini ym. (2009b)	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja keskiaika, <b>r = -0.45</b> VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.65</b>
Dardouri ym. (2014)	Palloilijoita	VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, r = EM VO <sub>2</sub> max ja nopein aika, r = EM VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, r = EM
Gharbi ym. (2015)	Palloilijoita	VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.57</b>
Sanders ym. (2017)	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.77</b>
Daneshfar ym. (2018)	Käsipallo	Testi 1) VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, <b>r = -0.57</b> Testi 1) VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.64</b> Testi 2) VO <sub>2</sub> max ja kokonaisaika, <b>r = -0.76</b> Testi 2) VO <sub>2</sub> max ja väsymisindeksi, <b>r = -0.53</b>
Archiza ym. 2020	Jalkapallo	VO <sub>2</sub> max ja nopein aika, <b>r = -0.60</b> VO <sub>2</sub> max ja keskiaika, <b>r = -0.61</b>

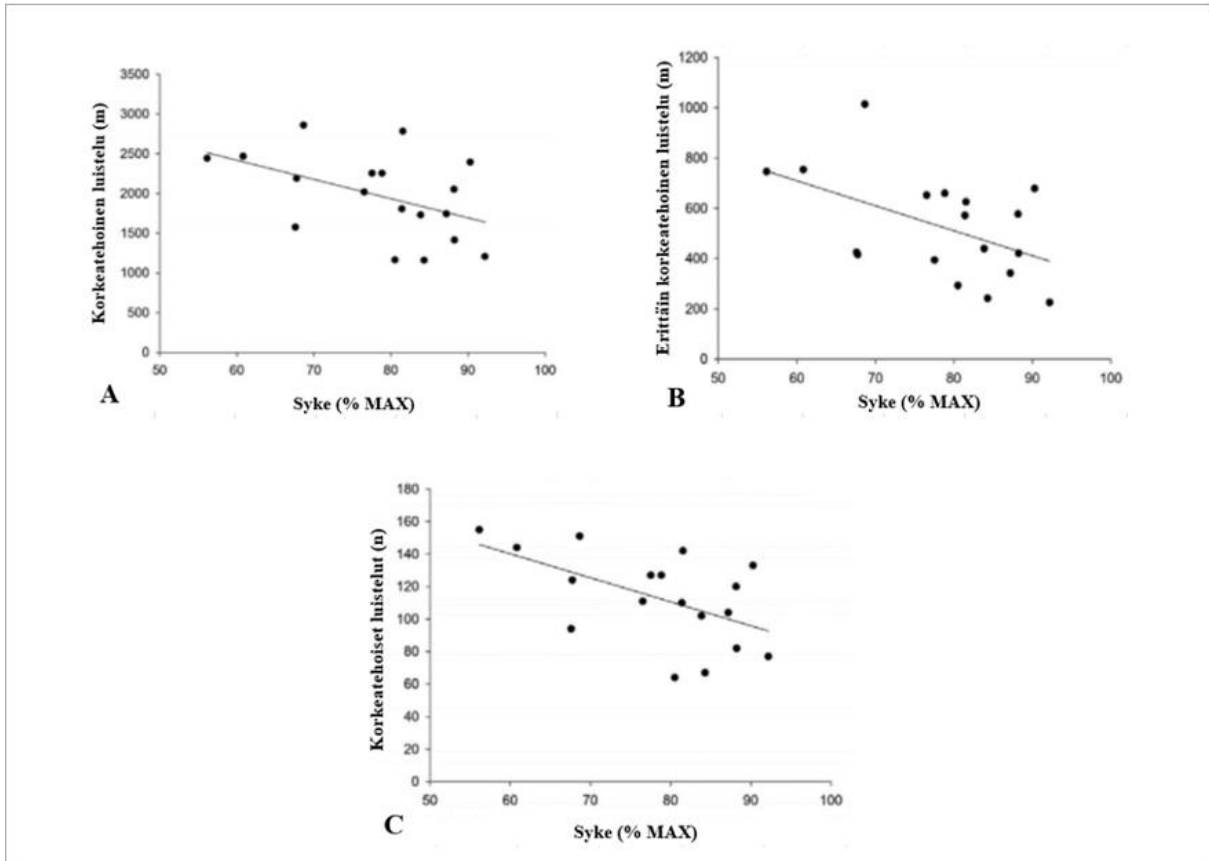
r = korrelaatiokerroin; EM = ei tilastollisesti merkitsevä

Aerobisen kunnan merkitystä toistuvalla sprinttikyvylle on myös tutkittu vertailemalla paremman ja heikomman aerobisen kunnan omaavien yksilöiden suorituskykyä RSA-testissä. Rodríguez-Fernández ym. (2019) jakoivat 45 nuorta jalkapalloilijaa kahteen ryhmään aerobisen kapasiteetin perusteella: HAF-ryhmä (high aerobic fitness, n = 9, VO<sub>2</sub>max > 60 ml/kg/min) ja LAF-ryhmä (low aerobic fitness, n = 36, VO<sub>2</sub>max < 60 ml/kg/min). Tutkittavien toistuvaa sprinttikykyä mitattiin kahdeksalla 30 m sprintillä, jotka suoritettiin 25

s palautuksilla. Määritetyt RSA-testimuuttujat olivat nopein aika, keskiaika, kokonaisaika ja väsymisindeksi. Huolimatta HAF-ryhmän paremmasta suorituskyvystä suorassa hapenottokyvyn testissä ja kahdessa erilaisessa kestävyysjuoksu- ja sprinttikyvyn testissä, ryhmien suorituskyvyn välillä ei ollut eroja toistuvassa sprinttikyvyyssä. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että suoran hapenottokykytestin huippunopeus oli LAF-ryhmän tutkittavilla merkitsevästi yhteydessä RSA-testin keskiaikaan ( $r = -0.6$ ) ja väsymisindeksiin ( $r = -0.4$ ), kun taas HAF-ryhmässä merkitsevää yhteyttä  $VO_2\text{max}$ -testin huippunopeuden ja toistuvan sprinttikyvyn välillä ei löydetty. Tutkimus antoi täten viitettä siitä, että toistuva sprinttikyky edellyttää riittävän korkeaa aerobista kapasiteettia, minkä jälkeen sen kehittymisestä ei ole enää lisähyötyä toistuvan sprinttikyvyn näkökulmasta. (Rodríguez-Fernández ym. 2019.)

### **2.2.2 Aerobinen kunto ja pelaajien liikkuminen otteluiden aikana**

Aerobisen kunnan merkitystä korostetaan palloilulajeissa hyvin paljon, mutta toistaiseksi kyseisen fyysisen ominaisuuden merkitystä pelaajien otteluiden aikaisen liikkumisaktiivisuuden osalta on tutkittu verrattain niukasti etenkin jääkiekossa. Lignell ym. (2018) saivat kuitenkin tutkimuksessaan vahvaa viitettä hyvän aerobisen kunnan edullisuudesta suorituskyvylle jääkiekossa. Tutkimuksessa mitattiin NHL-jääkiekkoilijoiden liikkumista sarjaottelun aikana ja sitä vertailtiin pelaajien kuormittumiseen luistellen suoritettussa submaksimaalisessa Yo-Yo IR1-testissä. Pelaajien suhteellisen sykkeen (% maksimisykkeestä) testin päättyessä havaittiin olevan merkitsevästi yhteydessä korkeatehoisesti ( $> 17.0$  km/h) ja erittäin korkeatehoisesti ( $> 21.0$  km/h) luisteltuun matkaan ( $r = -0.47$  ja  $r = -0.50$ ) sekä korkeatehoisten luistelupyrähdysten määrään ( $r = -0.55$ ) (kuva 4). Lisäksi pelaajien  $VO_2\text{max}$ :n havaittiin olevan yhteydessä korkeatehoisesti luisteltuun matkaan ottelun aikana ( $r = 0.54$ ) sekä suhteelliseen sykkeeseen submaksimaalisen Yo-Yo-testin päättyessä ( $r = -0.85$ ). Tutkimuksen tulokset puoltavat aerobisen kunnan tärkeää merkitystä jääkiekossa vaihtojen aikaisen ja vaihtojen välisen palautumisen kannalta. (Lignell ym. 2018.)



KUVA 4. Submaksimaalisen Yo-Yo IR1-testin päättymishetken sykkeen (% MAX) yhteys korkeatehoisesti (A) ja erittäin korkeatehoisesti (B) luisteltuun matkaan sekä korkeatehoisten luistelupyrähdysten lukumäärään (C) NHL-ottelun aikana (mukailtu Lignell ym. 2018).

Aerobisen kapasiteetin ja joukkuepalloilijoiden otteluiden aikaisen aktiivisuuden välistä yhteyttä selvittäneitä tutkimuksia on hyvin vähän. Narazaki ym. (2009) ovat kuitenkin tutkineet muuttujien välistä yhteyttä 2. divisioonan NCAA-koripalloilijoilla. Tutkimuksessa havaittiin vahva korrelaatio koripalloilijoiden  $VO_2\max$ :n sekä harjoitusottelun aikaisen liikkumisen (juoksemisen ja hyppimisen määrä) välillä ( $r_{\text{naiset}} = 0.94$  ja  $r_{\text{miehet}} = 0.96$ ). Lisäksi pelaajien  $VO_2\max$  oli yhteydessä ottelun aikaiseen hapenkulutukseen ( $r = 0.67$ ). Toisaalta Rebelon ym. (2014) tutkimuksessa nuorilla jalkapalloilijoilla ei löydetty merkitsevää yhteyttä aerobisen kapasiteetin ja sarjaotteluiden aikaisen liikkumisen välillä. Aerobista kuntoa mittaavien kenttätestien tuloksien yhteyttä liikkumisaktiivisuuteen otteluissa on kuitenkin tutkittu hieman runsaammin (Castagna ym. 2010; Dal Pupo ym. 2020; Rebelo ym. 2014; Redkva ym. 2018), ja niiden tutkimukset puoltavat aerobisen kunnan tärkeyttä palloilulajeissa (taulukko 2). Lisäksi Johnstonin ym. (2015) rugby leaguen pelaajilla tehdyssä tutkimuksessa

Yo-Yo IR1-testissä paremman suorituskyvyn omaan ryhmään pelaajat liikkivat merkittävästi pidempiä matkoja alhaisempaan ryhmään verrattuna suurilla juoksunopeuksilla ( $\geq 5.1$  m/s ja  $\geq 7.1$  m/s).

TAULUKKO 2. Aerobista kestävyyttä mittaavien kenttätestien tulosten yhteys otteluiden aikaiseen liikkumiseen palloilijoilla tehdyissä tutkimuksissa.

<b>Liikkuminen otteluiden aikana</b>	<b>Suorituskyky kenttätesteissä</b>		
<b>Black ym. (2017)</b>	<b>Yo-Yo IR1</b>		
Korkeatehoinen juoksumatka (m, > 4,15 m/s)	r = 0.49		
<b>Castagna ym. (2010)</b>	<b>Yo-Yo IR1</b>	<b>MSFT</b>	<b>Hoff</b>
Kokonaismatka (m)		r = 0.62	
Korkeatehoinen juoksumatka (m, > 13 km/h)	r = 0.73	r = 0.75	
Sprinttijuoksumatka (m, > 18 km/h)	r = 0.76	r = 0.72	r = 0.70
<b>Rebelo ym. (2014)</b>	<b>Yo-Yo IR1</b>	<b>Yo-Yo IE2</b>	
Korkeatehoinen juoksumatka (m, > 13 km/h)	r = 0.56	r = 0.57	
Sprinttijuoksumatka (m, > 18 km/h)	r = 0.63		
Sprinttijuoksu ottelun lopussa (% ajasta)	r = 0.63		
<b>Redkva ym. (2018)</b>	<b>YET</b>		
Kokonaismatka (m)	r = 0.72		
Korkeatehoiset pyrähdykset (15.9–24 km/h)	r = 0.78		
Sprintit (> 24 km/h)	r = 0.88		
<b>Dal Pupo ym. (2020)</b>	<b>FIET</b>	<b>MST</b>	
Kokonaismatka (m/min)	r = 0.85		
Korkeatehoinen juoksu (18.1–25 km/h) (% kokonaismatkasta)	r = 0.60	r = -0.70	
Sprinttijuoksu (% kokonaismatkasta) (> 25.1 km/h)		r = -0.69	

r = korrelaatiokerroin; Yo-Yo IR1 = juostu matka Yo-Yo IR1-testissä; MSFT = juostu matka Multistage Fitness-testissä; Hoff = edetty matka Hoffin testissä; Yo-Yo IE2 = juostu matka Yo-Yo IE2-testissä; YET = juostu matka Yo-Yo Endurance-testissä; FIET = huippunopeus Futsal intermittent endurance-testissä; MST = väsymisindeksi Maximal shuttle run-testissä

### **3 PALAUTUMINEN JOUKKUEPALLOILULAJEISSA**

Fyysinen kuormitus aiheuttaa stressiä, mistä seuraa lukuisten fysiologisten ja biokemiallisten prosessien tasapainotilan eli homeostaasin järkkäminen. Tämän seurauksena elimistössä käynnistyy useita adaptiivisia reaktioita homeostaasin palauttamiseksi, ja sen vuoksi riittävä palautumisaika kuormituksen jälkeen onkin hyvin keskeistä. (Skorski ym. 2019.) Palautuminen voidaan määritellä kyvykkyytenä saavuttaa tai ylittää aikaisempi suorituskkyky tietyn kuormituksen jälkeen, ja se voidaan jakaa välittömään, lyhytaikaiseen sekä pitkäaikaiseen palautumiseen. Välittömässä palautumisessa kyse on suorituksen aikana tapahtuvasta palautumisesta, ja lyhytaikainen palautuminen käsittää yksittäisten työjaksojen välisen palautumisen esimerkiksi intervallivetojen tai voimaharjoittelussa tehtävien sarjojen välisenä aikana. Pitkäaikainen palautuminen tarkoittaa puolestaan palautumista harjoitusten tai kilpailuiden välillä. (Bishop ym. 2008.) Palautumiseen vaikuttanee moninaiset tekijät, kuten ikä, sukupuoli, harjoitustausta, fyysinen kuntotaso, ympäristöolosuhteet, psykologiset tekijät sekä fyysisen kuormituksen ominaispiirteet. Tämän vuoksi palautumista tuleekin seurata useasta eri näkökulmasta. (Skorski ym. 2019.)

#### **3.1 Pitkäaikaisen palautumisen fysiologinen tausta**

Kuormitustapa, intensiteetti ja kesto ovat kaikki keskeisiä tekijöitä fyysisen suorituksen jälkeisen palautumisen kannalta, sillä ne pitkälti määrittävät palautumiseen vaadittavan ajan. Etenkin kuormitustapa vaikuttaa keskeisesti siihen, mitkä fysiologiset elinjärjestelmät kuormittuvat suorituksessa. (Skorski ym. 2019.) Urheilijan palautumista ja kuormittuneisuutta olisikin hyvä seurata myös fysiologisilla mittauksilla, sillä etenkin joukkuepalloilulajeissa on havaittu, että fyysinen suorituskkyky voi palautua ennalleen siitä huolimatta, että esimerkiksi lihasten fysiologinen palautumisprosessi olisi vielä kesken (Doeven ym. 2018; Johnston ym. 2015). Palautumisen osalta tulee huomioida, että fyysisissä kuormitustavoissa on eroja eri urheilulajien välillä, jolloin myös eri elinjärjestelmien kuormittumisessa ja siten palautumiseen vaadittavassa ajassa on eroja (Doeven ym. 2018; Skorski ym. 2019). Palautumisen monitahoisuuden vuoksi ja palautumista edesauttavien menetelmien selvittämiseksi onkin keskeistä tunnistaa pääasialliset mekanismit, jotka ovat

joukkuepalloilulajeissa ottelun jälkeisen heikentyneen suorituskyvyn taustalla (Nédélec ym. 2012).

Joukkuepalloilulajeissa glykogeeni on hyvin keskeinen energianlähde, minkä vuoksi pitkäaikaisen palautumisen kannalta suuri merkitys onkin lihaksen glykogeenivarastojen uudismuodostuksella (Nédélec ym. 2012; Åkermark 1996). Glykogeenivarastojen ehtyminen voi heikentää suorituskykyä yksittäisissä ja toistuvissa sprinteissä, ja niiden palautuminen esimerkiksi jalkapallo-ottelun jälkeen vie keskimäärin noin 2–3 vuorokautta (Jacobs ym. 1982; Krstrup ym. 2006; Krstrup ym. 2011). Jalkapalloilijoilla on myös osoitettu, että vaikka hiilihydraattia nautittaisiin runsaasti ottelun jälkeisinä päivinä (9.5 g/kg/vrk), ovat lihasten glykogeenivarastot vielä vuorokaudenkin jälkeen ottelusta merkittävästi alhaisemmat kuin ennen ottelua (Krstrup ym. 2011). Runsas hiilihydraatin nauttiminen ottelun jälkeen tehostaa kuitenkin merkittävästi glykogeenisynteesiä ja suorituskyvyn palautumista, mistä hyvä esimerkki on Åkermarkin ym. (1996) jääkiekkoilijoilla toteuttama tutkimus, jossa vastus lateralis-lihaksen glykogeenipitoisuus oli merkitsevästi yhteydessä muun muassa pidempään luisteltuun matkaan ottelun aikana sekä suurempiin keskinopeuksiin ottelun kolmannessa erässä. Lihasten glykogeenivarastojen uudismuodostuksen keskeiseen asemaan jääkiekkoilijan ottelun jälkeisessä palautumisessa viittaa myös Vigh-Larsenin ym. (2020) tutkimus, jossa tutkittavien vastus lateralis-lihaksen glykogeenipitoisuuden havaittiin alenevan keskimäärin jopa 53 % simuloitun jääkiekko-ottelun seurauksena.

Glykogeenivarastojen uudismuodostuksen ohella myös nestetasapainon saavuttaminen on oleellista pitkäaikaisen palautumisen näkökulmasta, sillä jo yli 2 %:n nestehukka (kehonpainosta) on epäedullista aerobisen kestävyys suorituskyvyn kannalta (ACSM 2007). Joukkuepalloilulajeissa hikoilun ja siten nesteen menetyksen määrä onkin todella runsasta, minkä taustalla on muun muassa pitkäkestoinen ja intensiivinen fyysinen kuormitus otteluissa sekä suojarusteet (Davis ym. 2016; Armstrong ym. 2010). Joukkuepalloilulajien osalta yli 2 %:n nestehukka on yleisintä jalkapallossa, mutta loppujen lopuksi muissa lajeissa nestetasapainon järkkyminen on verrattain vähäistä huolimatta runsaasta hikoilun määrästä (Nuccio ym. 2017). Nestetasapainon palautuminen on myös useimmiten suhteellisen nopea prosessi (noin 6 h), mikäli nesteytys toteutetaan suositusten mukaisesti (Skorski ym. 2019).

Pitkäaikaisessa palautumisessa olennaista on myös hermolihasjärjestelmän palautuminen. Joukkuepalloilulajeissa kehon eri kudoksiin, kuten lihaksiin kohdistuu monenlaista mekaanista kuormitusta, joka aiheuttaakin muun muassa kudosten mikroaurioita (Verheul ym. 2020). Erityisesti suunnanmuutokset, kiihdytykset ja jarrutukset ovat omiaan aiheuttamaan lihasvaurioita (Nédélec ym. 2012; Young ym. 2012), joiden takia lihasten maksimaalinen voimantuottokyky voikin heikentyä (Minett ym. 2014). Luurankolihasvoimantuottokyvyn onkin osoitettu heikentyneen joukkuepalloilulajeissa otteluiden jälkeen, ja sen taustalla voi olla perifeeristen lihasvaurioiden lisäksi myös sentraalinen eli keskushermostoperäinen väsymys (Duffield ym. 2012; Rampinini ym. 2011). Hermolihasjärjestelmän palautuminen voi viedä pidempään kuin fyysisen suorituskyvyn palautuminen, ja esimerkiksi lihasvaurioihin viittaavan veren kreatiinikinaasipitoisuuden on havaittu palautuneen ottelua edeltäneelle tasolle vasta 5 vuorokautta ottelun jälkeen eliittijalkapalloilijoilla (Ispirlidis ym. 2008).

Monitahoisen palautumisprosessin kannalta keskeinen merkitys on autonomisella hermostolla, joka säätelee esimerkiksi rauhasen eritystoimintaa sekä sileän lihaskudoksen ja sydänlihaksen tonusta. Sydämen autonomisen säätelyn palautuminen kuormitusta edeltävälle tasolle kuvastaa verenkiertoelimistön homeostaasin saavuttamista, mikä on keskeinen osatekijä kokonaisvaltaisessa fyysisestä kuormituksesta palautumisessa. Korkean intensiteetin aerobisen suorituksen (syke > 90 % max ja hapenkulutus > 82 % VO<sub>2</sub>max) jälkeen autonomisen hermoston modulaation palautuminen vie usein vähintään 48 tuntia. (Stanley ym. 2013.) Intensiiviset kuormitusjaksot saattavatkin perifeerisen lihasväsymyksen aiheuttamisen ohella vaikuttaa negatiivisesti muun muassa autonomisen hermoston herkkyyteen, mikä voi näkyä esimerkiksi maksimisykkeen alenemisena maksimaalisessa suorituksessa vielä kolmenkin vuorokauden palautumisajan jälkeen (Skorski ym. 2015; Skorski ym. 2019).

### **3.2 Fyysisen suorituskyvyn palautuminen otteluiden jälkeen**

Fyysinen suorituskyky on urheilussa oleellinen tekijä palautumisen seurannassa (Skorski ym. 2019). Fyysisen suorituskyvyn ja fysiologisen palautumisen aikaikkunat eroavat kuitenkin

usein toisistaan, minkä vuoksi Doeven ym. (2018) suosittelivatkin fysiologisen palautumisen seurantaan suorituskyvyn tarkkailun ohella, jotta ylläpitäminen ja kehittäminen voidaan ennaltaehkäistä. Tutkimuskirjallisuus joukkuepallolajien otteluiden jälkeisestä suorituskyvyn palautumisesta on keskittynyt hyvin vahvasti jalkapalloilijoilla tehtyihin tutkimuksiin. Tavanomaisia fyysisen suorituskyvyn palautumisessa käytettyjä mittareita joukkuepallolajien tutkimuksissa ovat muun muassa vertikaalihyppy, sprintit ja maksimivoima.

### 3.2.1 Vertikaalihyppy

Vertikaalihyppyjen nousukorkeuden käyttöä palautumisen seurannassa on jokseenkin kyseenalaistettu, ja esimerkiksi Rowell ym. (2017) ovat osoittaneet, että hypyn lentoajan suhde voimantuottoaikaan on herkempi mittari palautumiseen kuin pelkkä hypyn nousukorkeus. Tästä huolimatta esikevennyshypyn nousukorkeus on kuitenkin yksi eniten käytetyimmistä fyysisen suorituskyvyn palautumisen mittareista joukkuepallolajeissa (Doeven ym. 2018). Taulukossa 3 on esitetty esikevennyshypyn nousukorkeuden muutoksia eri pallolajien otteluiden jälkeen.

TAULUKKO 3. Esikevennyshypyn nousukorkeuden (cm) muutokset eri joukkuepallolajien otteluiden jälkeen. Tulokset ilmoitettu keskiarvoina.

Laji	Ref	Post 0 h	Post 2 h	Post 12 h	Post 24 h	Post 36 h	Post 48 h	Post 60 h	Post 72 h
Jalkapallo <sup>1</sup>	EA				EA↓		EA↓		PAL
Rugby League <sup>2</sup>	33.6	32.0	PAL						
Jalkapallo <sup>3</sup>	43.8				40.8		PAL		
					↓				
Käsipallo <sup>4</sup>	45.1				41.1		PAL		
					↓				
Jalkapallo <sup>5</sup>	39.9				36.9		37.3		37.4
					↓		↓		↓
Rugby Union <sup>6</sup>	EA			EA↓		EA↓		PAL	
Koripallo <sup>7</sup>	49.6	48.2			45.2		46.9		
					↓		↓		



Laji	Ref	Post 0 h	Post 2 h	Post 12 h	Post 24 h	Post 36 h	Post 48 h	Post 60 h	Post 72 h
Jalkapallo <sup>8#</sup>	38.8	34			36.8		36.9		37.3
					↓		↓		↓
Gaelilainen jalkapallo <sup>9</sup>	EA	EA↓			EA↓		PAL		

<sup>1</sup> = Ispirlidis ym. 2008; <sup>2</sup> = Duffield ym. 2012; <sup>3</sup> = Silva ym. 2013; <sup>4</sup> = Chatzinikolaou ym. 2014; <sup>5</sup> = Nédélec ym. 2014; <sup>6</sup> = West ym. 2014; <sup>7</sup> = Pliauga ym. 2015; <sup>8</sup> = Thomas ym. 2017; <sup>9</sup> = Daly ym. 2020; Ref = esikevennyshypyn nousukorkeuden referenssi eli vertailuarvo; Post = esikevennyshypyn nousukorkeus ottelun jälkeisinä ajankohtina; EA = tarkkaa arvoa ei annettu; ↓ = merkitsevästi alhaisempi verrattuna Ref; PAL = palautunut Ref-arvoa vastaavalle tasolle; # = jalkapallo-ottelua simuloiva kuormitus

Taulukkoon 3 koottujen tutkimusten tuloksista voidaan havaita, että hermolihasjärjestelmän suorituskyky esikevennyshypyssä palautuu otteluiden jälkeen keskimäärin noin 2–3 vuorokauden aikana. Toisaalta tutkimukset myös osoittavat, että palautumiseen vaadittava aika vaihtelee, ja esimerkiksi Nédélec ym. (2014) ammattilaisjalkapalloilijoilla tehdyssä tutkimuksessa havaittiinkin, että hermolihasjärjestelmän suorituskyky ei välttämättä palaudu vielä kolmenkaan vuorokauden jälkeen ottelusta. Lisäksi samassa tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä yhteys esikevennyshypyn (post 24 h) nousukorkeuden muutoksen ja ottelun aikaisten jyrkkien suunnanmuutosten lukumäärän välillä ( $r = -0.55$ ). Kyseinen tutkimus antaakin siten viitettä myös siitä, että ottelun jälkeisen hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn heikkenemisen taustalla ovat todennäköisesti suunnanmuutosten aiheuttamat lihasten mikroauriot. (Nédélec ym. 2014.)

### 3.2.2 Sprintit

Vertikaalihypyjen ohella myös lyhyehköt sprintit ovat yleisesti käytetty mittari fyysisen suorituskyvyn palautumisen seurannassa palloilulajien otteluiden jälkeen. Lyhyiden sprinttien ja toistuvien sprinttien testaaminen palautumisen seurannassa onkin perusteltua, sillä ne ovat hyvin keskeisiä, palloilulajien otteluihin sisältyviä suorituksia (Nédélec ym. 2012). Erityisesti yksittäisiä sprinttejä on käytetty suorituskyvyn palautumisen tutkimisessa palloilulajien otteluiden jälkeen, ja myös näissä tutkimuksissa jalkapallotutkimukset ovat vahvasti

edustettuina. Sprinttiaikojen heikkenemistä ja palautumista eri joukkuepalloilulajien otteluiden jälkeen selvittäneiden tutkimusten päälöydöksiä on koottu taulukkoon 4.

TAULUKKO 4. Eripituisten sprinttimatkojen aikojen (s) muutokset eri joukkuepalloilulajien otteluiden jälkeen. Tulokset ilmoitettu keskiarvoina.

Laji	Matka (m)	Ref (s)	Post 0 h	Post 24 h	Post 48 h	Post 72 h
Jalkapallo <sup>1</sup>	20	EA		EA↑	EA↑	EA↑
Jalkapallo <sup>2</sup>	20	EA	EA↑	EA↑	EA↑	EA↑
Jalkapallo <sup>3</sup>	20 + 20	6.75	6.94↑	6.83↑	<b>PAL</b>	
Jalkapallo <sup>4</sup>	5	1.01	<b>PAL</b>			
	30	4.20	<b>PAL</b>			
Käsipallo <sup>5</sup>	10	1.92		2.01↑	<b>PAL</b>	
Koripallo <sup>6</sup>	10	1.70	1.74↑	1.82↑	1.78↑	
Jalkapallo <sup>7#</sup>	10	1.87	1.92↑	<b>PAL</b>		
	20	3.15	3.26↑	<b>PAL</b>		

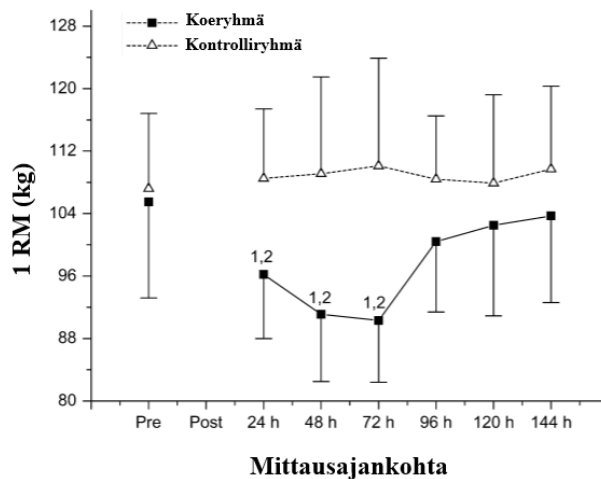
<sup>1</sup> = Ispirlidis ym. 2008; <sup>2</sup> = Fatouros ym. 2010; <sup>3</sup> = Rampinini ym. 2011; <sup>4</sup> = Silva ym. 2013; <sup>5</sup> = Chatzinikolaou ym. 2014; <sup>6</sup> = Pliauga ym. 2015; <sup>7</sup> = Thomas ym. 2017; Ref = sprinttiajan referenssi- eli vertailuarvo; Post = sprinttiaika ottelun jälkeisinä ajankohtina; EA = tarkkaa arvoa ei annettu; ↑ = merkitsevästi pidempi aika verrattuna Ref; PAL = palautunut Ref-arvoa vastaavalle tasolle; # = jalkapallo-ottelua simuloiva kuormitus

Taulukkoon 4 kootut tutkimuslöydökset antavat lisää vahvistusta sille, että hermolihajärjestelmän suorituskyky ei välttämättä palaudu ottelua edeltävälle tasolle vielä kolmenkaan vuorokauden jälkeen ottelusta. Toisaalta tutkimustulokset myös havainnollistavat sitä, että otteluiden fyysinen kuormittavuus vaihtelee runsaasti, sillä sprinttiajat eivät välttämättä heikkene ollenkaan otteluiden jälkeen tai ne voivat palautua lähtötasolle jo yhden vuorokauden kuluttua ottelusta. Yksittäisiin sprintteihin verrattuna palloilulajien otteluiden jälkeistä toistuvan sprinttikyvyn pitkäaikaista palautumista on tutkittu hyvin niukasti. Yksittäiset tutkimukset, joissa RSA-testeillä on mitattu palautumista, ovat jälleen jalkapalloilijoilla toteutettuja tutkimuksia. Krstrup ym. (2011) tutkivat toistuvan sprinttikyvyn palautumista 72 tuntia jalkapallo-ottelun jälkeen tanskalaisilla 1. ja 2.

divisioonan jalkapalloilijoilla. RSA-testi koostui kolmesta 30 metrin sprintistä, jotka suoritettiin 25 s aktiivisilla palautuksilla. Sprinttien keskiaika 72 tuntia ottelun jälkeen ei eronnut kontrollitestin sprinttien keskiajoista. Jamurtaksen ym. (2015) tutkimuksessa sub-eliittitason jalkapalloilijoiden toistuvaa sprinttikykä testattiin ennen ottelua sekä 2, 12, 36 ja 60 h ottelun jälkeen. Testi koostui viidestä 30 metrin sprintistä, jotka suoritettiin 25 s palautuksilla. Kaksi ja 12 tuntia ottelun jälkeen sprinttien keskiajat olivat noin 4 % ja 5 % pidempiä kuin ennen ottelua. 36 tuntia ottelun jälkeen tehdyissä mittauksissa RSA:ssa ei enää havaittu eroja ottelua edeltäneisiin mittauksiin verrattuna. (Jamurtas ym. 2015.)

### 3.2.3 Maksimivoima

Otteluiden jälkeistä palautumista voidaan tutkia myös maksimaalista tahdonalaista voimantuottoa mittaamalla. Ispirlidis ym. (2008) ovat osoittaneet, että eliittijalkapalloilijoilla jalkakyykyn yhden toiston maksimin (1 RM) palautuminen voi viedä jopa 96 tuntia ottelun jälkeen (havainnollistettu kuvassa 5). Maksimivoiman palautumista otteluiden jälkeen on tutkittu etenkin jalkapalloilijoilla melko runsaasti. Voiman palautumista eri palloilulajien otteluiden jälkeen selvittäneiden tutkimusten tuloksia on koottu taulukkoon 5.



KUVA 5. Kyykyn 1 RM-tulos ennen jalkapallo-ottelua (pre) sekä 24, 48, 72, 96, 120 ja 144 tuntia ottelun jälkeen. Koeryhmä = ottelussa pelanneet pelaajat (n = 14); Kontrolliryhmä = ottelun aikana levänneet pelaajat (n = 10); 1 p < 0.05 tilastollisesti merkitsevä ero pre-mittaukseen verrattuna; 2 p < 0.05 tilastollisesti merkitsevä ero kontrolliryhmään verrattuna. (Mukailtu Ispirlidis ym. 2008.)

TAULUKKO 5. Voimantuoton prosentuaaliset muutokset eri palloilulajien otteluiden jälkeen ottelua edeltäneeseen kontrollimittaukseen verrattuna.

Laji	Suoritus	Post 0 h	Post 24 h	Post 48 h	Post 72 h
Jalkapallo <sup>1</sup>	Isometrinen polven ojennus	-9 %	-8 %	<b>PAL</b>	
Käsipallo <sup>2</sup>	Jalkaprässi 1 RM		-7 %	<b>PAL</b>	
	Penkkipunnerrus 1 RM		-7 %	<b>PAL</b>	
Jalkapallo <sup>3#</sup>	Isometrinen polven ojennus	-17 %	EA↓	EA↓	-3 %
Jalkapallo <sup>4</sup>	Isometrinen polven koukistus	-17 %	-5 %	<b>PAL</b>	
Jalkapallo <sup>5</sup>	Isometrinen polven koukistus		-8 %	-7 %	<b>PAL</b>
Jalkapallo <sup>6#</sup>	Isokineettinen polven koukistus <sup>a</sup>	-17 %	-19 %	-16 %	-16 %
	Isokineettinen polven koukistus <sup>b</sup>	-14 %	-19 %	-19 %	-12 %
	Isokineettinen polven koukistus <sup>c</sup>	-16 %	-24 %	-19 %	-12 %
Jalkapallo <sup>7</sup>	Nordic Hamstring Curl	-12 %		-6 %	<b>PAL</b>

<sup>1</sup> = Krstrup ym. 2011; <sup>2</sup> = Chatzinikolaou ym. 2014; <sup>3</sup> = Thomas ym. 2017; <sup>4</sup> = Wollin ym. 2017; <sup>5</sup> = Wollin ym. 2018; <sup>6</sup> = Rhodes ym. 2019; <sup>7</sup> = Bueno ym. 2021; # = jalkapallo-ottelua simuloiva kuormitus; Post = voimatasen muutos ottelun jälkeisinä ajankohtina verrattuna ottelua edeltäneeseen voimatasoon; EA = tarkkaa arvoa ei annettu; PAL = palautunut ottelua edeltänyttä kontrollimittaukseen vastaavalle tasolle; <sup>abc</sup> = kulmanopeus a) 60°/s, b) 150°/s ja c) 300°/s; # = jalkapallo-ottelua simuloiva kuormitus

### 3.2.4 Fyysisen kuntotason vaikutus suorituskyvyn palautumiseen

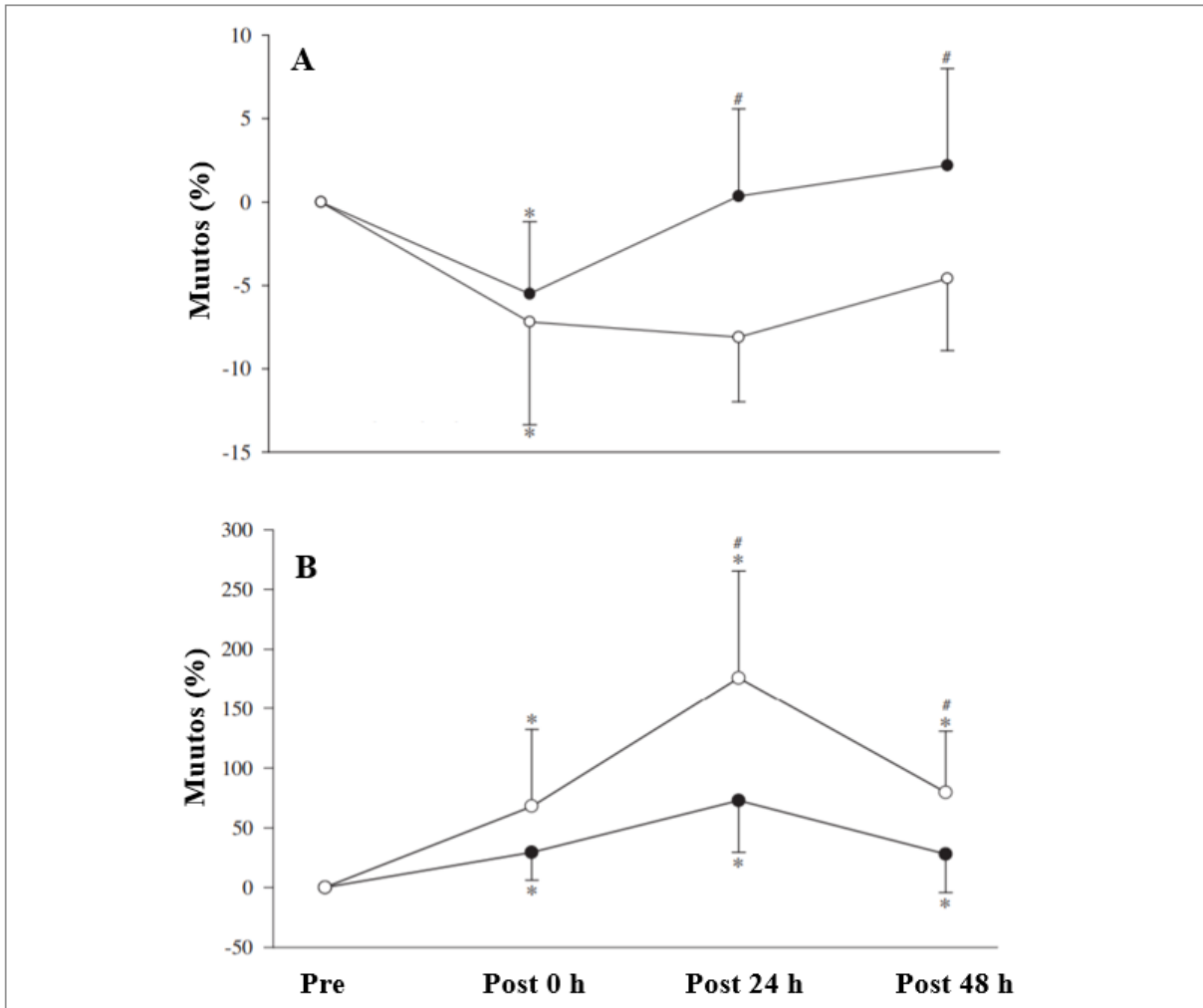
Joukkuepalloilulajien valmentajien keskuudessa hyvin yleinen uskomus on, että hyvä fyysinen kunto nopeuttaa pitkäaikaista palautumista otteluiden ja harjoitusten välillä. Muuttujien välistä riippuvuutta ei ole kuitenkaan tieteellisesti juurikaan tutkittu urheilijoilla. Nédélec ym. (2012) ovat kirjallisuuskatsauksessaan ehdottaneet, että kyseinen aihe voisi olla potentiaalinen tutkittava asia tulevaisuudessa. Pitkäaikaiseen palautumiseen joukkuepalloilulajeissa merkittävästi vaikuttava tekijä on etenkin yksilöllinen kuormittuminen ottelun aikana, mistä hyvä esimerkki on ammattilaisjalkapalloilijoilla havaittu ottelun jälkeisten päivien suorituskyvyn heikkenemisen merkitsevä korrelaatio ottelun aikaisten suunnanmuutosten ja sprinttien lukumäärään (Nédélec ym. 2014).

Palloilulajien otteluiden jälkeisen pitkäaikaisen palautumisen tutkimuskirjallisuudessa on toistaiseksi ollut pitkälti spekulatiota fyysisen kunnan vaikutuksesta palautumiseen. Rampinin ym. (2011) tutkimuksessa fyysisen suorituskyvyn palautuminen kesti ammattilaisjalkapalloilijoilla kaksi vuorokautta, kun taas Ascensãon ym. (2008) tutkimuksessa sub-eliittitason jalkapalloilijoilla samojen suorituskykymerkkereiden (sprintit ja maksimivoima) palautuminen vei kolme vuorokautta. Otteluiden intensiteetti tutkimuksissa oli hyvin samantasoinen pelaajien suhteellisen keskisykkeen perusteella arvioituina. Ascensãon ym. (2008) tutkimuksessa ei kuitenkaan mitattu pelaajien liikkumisen määrää. Rampinin ym. (2011) mukaan nämä tulokset voivatkin viitata siihen, että korkeammalla tasolla pelaavien jalkapalloilijoiden paremman kuntotason vuoksi ottelun jälkeinen väsymys on heillä vähäisempää ja palautuminen nopeampaa verrattuna alemman sarjatason pelaajiin.

Doevenin ym. (2018) mukaan urheilijan fyysinen kuntotaso vaikuttaa nimenomaan kuormittumisen määrään otteluiden aikana. Korkeatasoisen aerobisen kunnan omaavat yksilöt sietävätkin fyysistä kuormitusta hyvin, mikä näkyy esimerkiksi vähäisempänä sydämen parasympaattisen säätelyn alenemisena kuormituksen jälkeen sekä parasympaattisen säätelyn nopeampana palautumisena verrattuna alhaisemman aerobisen kunnan omaaviin yksilöihin (Stanley ym. 2013). Fyysisen kunnan ja pitkäaikaisen palautumisprosessin nopeuden yhteyttä tulee ehdottomasti tutkia tulevaisuudessa, jotta voidaan selvittää, perustuuko palautumisen

tehokkuus pitkälti kuormittumisen määrään ottelussa, vai voisivatko esimerkiksi hyvät aerobiset kestävyysominaisuudet todella tehostaa itse kroonista palautumisprosessia.

Aerobisen kunnan edullisesta vaikutuksesta pitkäaikaisessa palautumisessa on saatu viitteitä yksittäisissä tutkimuksissa. Hunkin ym. (2014) havaitsivat pitkittäistutkimuksessaan eliittitason australialaisen jalkapallon pelaajilla kuuden minuutin kestävyysjuoksu-testin tuloksen olevan negatiivisesti yhteydessä kilpailukauden otteluita edeltäneisiin veren kreatiinikinaasipitoisuuksiin. Havaitun yhteyden tulkittiinkin viittaavan tehokkaampaan lihasvaurioiden palautumiseen kauden aikana korkeamman aerobisen kuntotason omaavilla pelaajilla (Hunkin ym. 2014). Myöhemmin Johnstonin ym. (2015) tutkimuksessa saatiin lisää viitettä aerobisen kuntotason merkityksestä pitkäaikaisessa palautumisessa nuorilla rugby leaguen pelaajilla. Tutkimuksessa pelaajat jaettiin kahteen ryhmään Yo-Yo IR1 -testissä juostun matkan perusteella. Pidemmän matkan testissä juosseen ryhmän pelaajat juoksivat myös kahden mitatun ottelun aikana pidempiä matkoja suurilla nopeuksilla. Huolimatta otteluiden aikaisesta suuremmasta ulkoisesta kuormituksesta verrattuna alhaisemman aerobisen kunnan ryhmään, nämä pelaajat myös palautuivat nopeammin ottelusta esikevennyshypyn huipputehon perusteella. Suorituskyvyn tehokkaamman palautumisen lisäksi korkeamman aerobisen kunnan ryhmällä veren kreatiinikinaasipitoisuudet olivat merkitsevästi alhaisempia 24 ja 48 tuntia otteluiden jälkeen. Tulokset on havainnollistettu kuvassa 6. Tutkimus puoltaa aerobisen kunnan keskeistä merkitystä palloilulajeissa niin fyysisen suorituskyvyn kuin myös pitkäaikaisen palautumisen näkökulmasta. (Johnston ym. 2015.)



KUVA 6. Muutokset esikevennyshypyn huipputehossa (A) sekä veren kreatiiniinaasipitoisuudessa (B) rugbyottelun seurauksena. Mustat pallot = korkeamman aerobisen kunnan ryhmä; valkoiset pallot = alhaisemman aerobisen kunnan ryhmä; \* tilastollisesti merkitsevä ero pre-arvoon verrattuna; # tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä. (Mukaiitu Johnston ym. 2015.)

## 4 JÄÄKIEKON FYYSISET VAATIMUKSET

Jääkiekko asettaa pelaajille hyvin moninaisia fyysisiä vaatimuksia. Lajin korkeimmalla sarjatasolla (NHL) runkosarja koostuu yhteensä 82 ottelusta, jotka pelataan noin 185 päivän aikana. Runkosarjan jälkeen otteluita voi vielä kertyä pudotuspeleissä jopa 28 kpl lisää noin 60 päivän aikana. (Neeld 2018.) Kilpailukaudella NHL-pelaajien tyypillinen viikko voi sisältää ainakin esimerkiksi 3–4 ottelua, 2–3 jääharjoitusta sekä 1–2 fysiikkaharjoitusta (Brocherie ym. 2018). Pelkkä arjen harjoitus- ja ottelurytmi jo itsessään asettaa siis hyvin kovat vaatimukset esimerkiksi pitkäaikaiselle palautumiselle. Kuormitusfysiologisesta näkökulmasta jääkiekossa tarvitaan kaikkien eri energiantuottosysteemien tehokkuutta, ja toisaalta fyysinen suorituskyky jääkiekossa rakentuu useiden fyysisten ominaisuuksien, kuten aerobisen ja anaerobisen kestävyuden, voiman- ja tehontuoton sekä nopeuden varaan (Montgomery 1988; Neeld 2018).

### 4.1 Jääkiekko-ottelun fyysinen kuormittavuus

Jääkiekko-ottelu koostuu lyhyehköistä intervallityyppistä työjaksoista eli vaihdoista, joita toistetaan 60 minuutin tehokkaan peliajan verran. Tunnusomaista lajin fyysiselle kuormitukselle on se, että yksittäisten työjaksojen kestot vaihtelevat: esimerkiksi vuoden 2019 U20-MM-kisoissa vaihdon keskimääräinen kesto oli puolustajilla  $40,1 \pm 21,8$  s ja hyökkääjillä  $39,4 \pm 21,5$  s. (Douglas & Kennedy 2019.) NHL-hyökkääjillä vaihtoja on havaittu kertyvän otteluissa keskimäärin noin  $6,8 \pm 1,1$  kpl per erä, ja niiden keskimääräinen kesto on ollut noin 45,5 s (Peterson ym. 2015). Maajoukkueottelussa pelaajien keskimääräiseksi vaihtojen määräksi on havaittu noin 7,4 kpl per erä, ja niissä aktiivista peliaikaa on ollut keskimäärin 44 s. Jääkiekko-otteluiden kuormittavuutta tarkasteltaessa on syytä huomioida pelaajien väliset erot aktiivisessa peliajassa ja liikkumisessa. Lignellin ym. (2018) tutkimuksessa NHL-pelaajien peliaika runkosarjaottelussa oli keskimäärin  $17,3 \pm 1,1$  min, mutta tutkittujen pelaajien peliaika vaihteli välillä 9,5–25,5 min. Vastaavasti pelaajien liikkuma matka ottelun aikana oli keskimäärin  $4606 \pm 219$  m, mutta siinäkin havaittiin huomattavasti hajontaa yksittäisten pelaajien välillä, muuttujan vaihteluvälin ollessa 2260–6749 m (Lignell ym. 2018).



Jääkiekossa liikkumisen intensiteetti vaihtelee ottelun ja vaihtojen aikana huomattavasti. Tutkimuskirjallisuudessa liikkumisen intensiteetti jaetaan usein seuraaviin nopeusalueisiin: erittäin hidas (1,0-10,9 km/h), hidas (11,0-13,9 km/h), kohtalainen (14,0-16,9 km/h), nopea (17,0-20,9 km/h, erittäin nopea (21,0-24,0 km/h) ja sprinttinopeus (> 24 km/h), ja korkeatehoiseksi liikkumiseksi lasketaan luistelu kolmella suurimmalla nopeusalueella (Douglas & Kennedy 2019; Lignell ym. 2018). Erikoistilanteet eli lähinnä yli- ja alivoimatilanteet vaikuttavat merkittävästi liikkumisen määrän jakautumiseen eri nopeusalueilla (Douglas & Kennedy 2019). Jääkiekko voidaan luokitella korkeatehoiseksi intervallilajiksi, sillä eliittitason jääkiekko-ottelussa on havaittu, että noin puolet kaikesta liikkumisesta tapahtuu korkeatehoisesti, ja tästä keskimäärin jopa neljännes tapahtuu sprinttinopeuksilla. Toisaalta lajin intensiteetin vaihtelua kuvastaa se, että samassa ottelussa jopa noin kolmannes liikkumisesta voi tapahtua erittäin hitailla nopeuksilla, mutta vastavuoroisesti pelaajat suorittavat keskimäärin neljästä kymmeneen noin 15–16 m pituista korkeatehoista luistelupyrähdystä minuutissa. Korkeatehoisen liikkumisen määrä onkin muihin joukkuepalloilulajeihin nähden jääkiekossa suurempaa, ja fyysisen suorituskyvyn näkökulmasta lajissa vaaditaan ennen kaikkea kyvykkyyttä toistaa korkeatehoisia työkaksia ja palautua tehokkaasti niiden välillä. (Lignell ym. 2018.)

Jääkiekossa myös pelipaikka vaikuttaa ottelun kuormituksen ominaispiirteisiin. Suhteessa peliaikaan puolustajat kuitenkin liikkuvat vähemmän kuin hyökkääjät (Allard ym. 2022). Puolustajat liikkuvatkin otteluissa merkitsevästi enemmän hitailla ja kohtalaisilla nopeusalueilla verrattuna hyökkääjiin, kun taas hyökkääjät liikkuvat enemmän erittäin nopealla nopeusalueella sekä sprinttinopeuksilla (Douglas & Kennedy 2019). Yksittäisessä NHL-ottelussa on havaittu, että puolustajien luistelumatka on merkitsevästi suurempi kuin hyökkääjien (5445 vs. 4237 m), mikä kuitenkin selittyy pitkälti puolustajien suuremmilla peliajoilla. Hyökkääjien luistelun keskinopeus samassa ottelussa olikin merkitsevästi suurempi kuin puolustajien (283 vs. 247 m/min), ja lisäksi peliaikaan nähden hyökkääjät luistelivat jopa 54 % enemmän korkeatehoisesti. Hyökkääjien luistelemat matkat sprinttinopeuksilla ja erittäin suurilla nopeuksilla olivat merkitsevästi pidemmät kuin puolustajilla, kun taas puolustajilla liikuttu matkat olivat hyökkääjiä pidemmät kaikilla muilla nopeusalueilla. (Lignell ym. 2018.) Pelipaikat eroavat toisistaan myös työn ja palautuksen suhteen osalta. Tasakentällisin vaihtojen aikaisen työ-palautus-suhteen on havaittu olevan

puolustajilla noin 1:2 ja hyökkääjillä noin 1:1.3, kun taas koko ottelun aikaisen työ-palautus-suhteen on havaittu olevan puolustajilla noin 1:3.1 ja hyökkääjillä noin 1:4.1 (Jackson ym. 2016). Puolan U20-maajoukkueen pelaajilla havaittiinkin neljässä ottelussa tehdyissä mittauksissa, että puolustajilla keskimääräiset vaihtojen lukumäärät olivat 1., 2. ja 3. erässä 7,6; 8,2 ja 9,3, kun taas hyökkääjillä vastaavat lukumäärät olivat 6,3; 6,5 ja 8,3 (Stanula ym. 2016).

Tutkimukset viittaavat melko vahvasti siihen, että jääkiekko-ottelu aiheuttaa pelaajille selkeää väsymystä ottelun edetessä. NHL-ottelussa esimerkiksi keskimääräisen sprinttiluistelunopeuden on havaittu olevan suurempaa 1. ja 2. erässä verrattuna 3. erään sekä jatko aikaan (Lignell ym. 2018). Samansuuntaisia havaintoja on tehty myös aikuisten maajoukkueottelussa, jossa sprinttien lukumäärä oli 3. erässä merkittävästi alhaisempi verrattuna 1. ja 2. erään (Brocherie ym. 2018). Nuorten maajoukkueotteluissa havaittiin puolestaan, että luistelumatkat erittäin suurilla nopeuksilla alenivat puolustajilla merkitsevästi 3. erässä verrattuna 1. erään, ja lisäksi luistelumatkat sprinttinopeuksilla alenivat pelipaikasta riippumatta 3. erässä verrattuna 1. erään (Douglas & Kennedy 2019). Simuloidussa jääkiekko-ottelussa Tanskan U20-maajoukkueen pelaajilla myös kiihdytysten ja jarrutusten lukumäärät laskivat 9 ja 10 % 2. ja 3. erässä 1. erään nähden (Vigh-Larsen 2020). Tuoreessa Allardin ym. (2022) tutkimuksessa seurattiin puolestaan AHL-joukkueen pelaajien liikkumiskuormaa kauden kaikissa 76 ottelussa inertiamittausteknologiaa hyödyntäen. Koko kauden ajalta ja yhteensä 50 pelaajalta kerätty data osoitti, että liikkumiskuorma on merkitsevästi suurin 1. erässä muihin eriin verrattuna, ja toisaalta 3. erän liikkumiskuorma on merkitsevästi alhaisempi 1. ja 2. erään verrattuna (Allard ym. 2022). Kaiken kaikkiaan tutkimusnäyttö on siis melko yhdenmukaista liikkumisen intensiteetin alenemisesta jääkiekko-otteluiden edetessä. Huomioitavaa on kuitenkin se, että väsymyksen lisäksi liikkumisen intensiteetin alenemista voivat selittää myös esimerkiksi taktiset tekijät (Douglas & Kennedy 2019).

Jääkiekko-ottelun fysiologista kuormitusta arvioidaan tutkimuksissa usein sykemittauksilla. Stanula ym. (2016) tutkivat jääkiekko-otteluiden kuormittavuutta Puolan U20-maajoukkueen pelaajilla hyödyntäen suorien hapenottokykytestien ventilaatiokynnyksiä. Otteluiden intensiteetti jaettiin matalaan (syke alle 1. ventilaatiokynnyksen), kohtalaiseen (syke ventilaatiokynnysten välissä) ja korkeaan alueeseen (syke yli 2. ventilaatiokynnyksen).

Tutkimuksessa havaittiin sekä hyökkääjien että puolustajien viettävän otteluissa eniten aikaa matalalla intensiteetillä. Hyökkääjät viettivät kuitenkin ensimmäisessä ja toisessa erässä merkitsevästi enemmän aikaa matalalla intensiteetillä puolustajiin verrattuna (61 % vs. 44 % ja 59 % vs. 47 %), kun taas puolustajien aika korkealla intensiteetillä oli jokaisessa erässä korkeampi kuin hyökkääjien (31 % vs. 18 %, 29 % vs. 20 % ja 30 % vs. 20 %). (Stanula ym. 2016.)

Jääkiekko-ottelun on tutkimuksissa osoitettu kuormittavan huomattavasti aerobista energiantuottoa ja verenkiertoelimistöä. Vigh-Larsenin ym. (2020) tutkimuksessa pelaajien keski- ja huippusyke jäällä ollessa olivat simuloidussa ottelussa keskimäärin 84 % ja 97 % maksimisykkeestä, ja lisäksi pelaajien syke oli yli 85 % maksimisykkeestä keskimäärin 22,5 minuutin ajan 24 minuutin aktiivisesta peliajasta. Jackson ym. (2017) havaitsivat myös yliopistojääkiekkoilijoilla, että pelin aikana keskisykkeet olivat hyökkääjillä ja puolustajilla 96 % ja 92 % maksimista, ja vastaavasti huippusykkeet olivat hyökkääjillä noin 100 % ja puolustajilla 96 % maksimisykkeestä. Naisjääkiekkoilijoilla on tehty samankaltaisia löydöksiä, vaihtojen aikaisten keski- ja huippusykkeiden ollessa 92 % ja 96 % maksimista (Jackson ym. 2016). Korkeiden sykkeiden taustalla jääkiekon lyhyehköissä ja paljon matalatehoista liikkumistakin sisältävissä vaihdoissa ovatkin mahdollisesti esimerkiksi korkea sympaattisen hermoston aktiivisuustaso, kohonneet veren katekoliamiinipitoisuudet, kemo- ja mekanoreseptoreiden ärsytys, korkea aerobisen energia-aineenvaihdunnan tarve, vartalon lihasten isometrinen työ, varusteista aiheutuva lämpöstressi sekä emotionaaliset tekijät (Jackson ym. 2016; Montgomery 1988).

Fysiologista kuormitusta on jääkiekko-otteluissa tutkittu myös veren- ja lihasten laktaattipitoisuuksia mittaamalla. Anaerobisen glykolyysin merkittävästä roolista energiantuotossa jääkiekossa on saatu näyttöä esimerkiksi Vigh-Larsenin ym. (2020) tutkimuksessa, jossa lihaksen laktaattipitoisuuksien havaittiin viisinkertaistuvan ja kolminkertaistuvan ensimmäisessä ja toisessa erässä ottelua edeltäneisiin arvoihin verrattuna. Vastus lateralis-lihaksen pH-arvoissa havaittiin myös tilastollisesti merkitsevää alenemista ottelun aikana, mutta happamuuden kasvua ei kuitenkaan pidetty pääasiallisena väsymystä aiheuttavana mekanismina (Vigh-Larsen ym. 2020). Noonan (2010) on kuitenkin tutkimuksessaan osoittanut kuormituksen vaihtelevan luonteen jääkiekko-ottelun aikana, sillä

pelaajien veren laktaattipitoisuudet vaihtelivat ottelun aikana välillä 4,4–13,7 mmol/l. Tutkimuksessa korkeimmat laktaattipitoisuudet mitattiin alivoimatilanteen jälkeen (Noonan 2010). Anaerobisen energia-aineenvaihdunnan rooli on jääkiekossa tunnistettu jo kauan aikaa sitten, ja esimerkiksi Green ym. havaitsivat jo vuonna 1976 tekemässä tutkimuksessaan veren laktaattipitoisuuksien nousevan merkittävästi ottelun aikana. Kyseisessä tutkimuksessa merkittävä löydös oli myös se, että laktaattipitoisuudet nousivat etenkin ensimmäisessä ja toisessa erässä (keskiarvot 8,7 ja 7,3 mmol/l), minkä jälkeen niissä havaittiin alenemista kolmannessa erässä (4,9 mmol/l) (Green ym. 1976). Jääkiekko-ottelussa pelikatkot mahdollistavatkin lihaksen välittömän energianlähteen, fosfokreatiinin, uudismuodostusprosessin myös vaihtojen aikana sekä laktaattipitoisuuksien pysymisen melko kohtuullisina (Montgomery 1988).

#### **4.2 Jääkiekkoilijoiden aerobinen kuntotaso kansainvälisellä huipulla**

Fyysisten ominaisuuksien kehittämisen merkitys on jääkiekossa kasvanut vuosien saatossa pelin muuttuessa yhä nopeammaksi (Chiarlitti ym. 2021). Suomalaisessa jääkiekkovalmennuksessa erityisesti aerobisen kunnan merkitystä on painotettu viime vuosina hyvin voimakkaasti. Tutkimukset ovatkin osoittaneet, että esimerkiksi aerobisen kapasiteetin taso on huipputasoon pelaajilla suhteellisen korkea, sillä keskimääräinen  $VO_2\max$  on vaihdellut tutkimuksissa välillä 55–60 ml/kg/min (Lowery ym. 2018; McNeely ym. 2010; Peterson ym. 2015; Stanula ym. 2014; Stanula ym. 2016). Lisäksi Vigh-Larsenin ym. (2019) tutkimuksessa havaittiin, että Tanskan korkeimman sarjatasoon jääkiekkoilijoiden luistelema matka lajinomaisessa aerobista kestävyyttä mittaavassa Yo-Yo IR1-testissä oli merkittävästi pidempi verrattuna alemman sarjatasoon pelaajiin (2434 m vs. 1850 m). Riittävästä aerobisen kunnan muuttujien tasoista eri sarjatasoilla ei ole kuitenkaan juurikaan ollut tutkittua tietoa jääkiekossa ennen vuotta 2021.

Ferland ym. (2021) vertailivat yhteensä 162 pelaajaa sisältäneessä tutkimuksessa aerobisen kapasiteetin tasoja eri sarjatasojen (NHL, AHL, ECHL ja CHL), pelipaikkojen (puolustajat, keskushyökkääjät, laitahyökkääjät) sekä kausien (kaudet 2001–2003, 2006–2007 ja 2015–2017) välillä. Tutkimustulokset osoittivat, että aerobinen kapasiteetti ei eronnut pelipaikkojen

eikä kausien välillä, ja sarjatasojenkin osalta ainoastaan ECHL-pelaajien VO<sub>2</sub>max oli merkitsevästi alhaisempi kuin muiden sarjatasojen pelaajilla. Tutkimuksessa ei myöskään havaittu merkitseviä korrelaatioita pelaajien aerobisen kapasiteetin ja tilastojen (pelatut ottelut, tehopisteet, rangaistusminuutit ja plus-miinus-tilasto) välillä. Johtopäätöksenä tutkimuksessa oli, että Pohjois-Amerikassa jääkiekon eliittitasolla maksimaalisen hapenottokyvyn riittävä taso on  $55,9 \pm 5,2$  ml/kg/min. Kyseisen tason ylittämisen ei katsota olevan tarpeen, sillä se vaatisi merkittävää kestävyysharjoittelun priorisointia harjoittelussa, ja toisaalta jääkiekkoilijoiden harjoittelussa on hyvin tärkeää kehittää lajispesifejä taitoja sekä muita fyysisiä ominaisuuksia. (Ferland ym. 2021.)

## 5 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

Aerobisen kunnan merkitystä fyysiselle suorituskyvyllä palloilulajeissa on erittäin tärkeää tutkia, jotta palloilulajien valmentajat voivat kehittää urheilijoiden fyysisiä ominaisuuksia optimaalisemmin. Lisäksi tehokas palautuminen otteluiden ja harjoitusten välisenä aikana on palloilulajeissa hyvin keskeinen vaatimus, minkä vuoksi fyysisten ominaisuuksien vaikutusta pitkäaikaiseen palautumiseen tulee kartoittaa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia aerobisen kunnan vaikutusta jääkiekkoilijoiden toistuvaan sprinttiluistelukykyyn lajinomaisessa RSA-testissä sekä pelaajien liikkumiseen simuloitun jääkiekko-ottelun aikana. Lisäksi tutkimuksessa halutaan selvittää, vaikuttaa aerobinen kunto fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaiseen palautumiseen ottelun jälkeisinä päivinä.

### 1. Eroaako toistuva sprinttiluistelukyky aerobisen kunnan perusteella muodostettujen ryhmien välillä jääkiekkoilijoille lajinomaisessa RSA-testissä?

**Hypoteesi:** Kyllä.

Aerobisen kapasiteetin on osoitettu olevan yhteydessä vähäisempään väsymiseen toistuvien sprinttien aikana (Archiza ym. 2020; Lowery ym. 2018; McNeely ym. 2010; Peterson ym. 2015; Stanula ym. 2014). Lisäksi 1. ja 2. ventilaatiokynnysten tehojen ja suoran hapenotto-kykytestin suoritettujen kuormien lukumäärän on osoitettu olevan yhteydessä toistuvaan sprinttikykyyhin (Lowery ym. 2018; Peterson ym. 2015).

**Hypoteesi:** Ei.

Mikäli ryhmien väliset erot aerobisen kunnan muuttujissa ovat vähäisiä, ei aerobinen kunto välttämättä erottele ryhmiä toistuvan sprinttikyvyn osalta (Rodríguez-Fernández ym. 2019).

**2. Eroaako korkeatehoisen luistelun määrä aerobisen kunnan perusteella muodostettujen ryhmien välillä simuloidun jääkiekko-ottelun aikana?**

**Hypoteesi:** Kyllä.

Aerobisen kapasiteetin ja submaksimaalisen aerobisen kunnan on havaittu olevan yhteydessä suurempaan korkeatehoisen luistelun määrään NHL-ottelun aikana (Lignell ym. 2018). Lisäksi aerobisen kapasiteetin on havaittu olevan yhteydessä pelaajien aktiivisuuden koripallo-ottelussa (Narazaki ym. 2009). Useassa tutkimuksessa on myös löydetty yhteys aerobisen kestävyys suorituskyvyn sekä palloilulajien otteluiden aikaisen korkeatehoisen liikkumisen välillä (Black ym. 2017; Castagna ym. 2010; Dal Pupo ym. 2020; Rebelo ym. 2014; Redvka ym. 2018).

**3. Eroaako fyysisen suorituskyvyn pitkäaikainen palautuminen aerobisen kunnan perusteella muodostettujen ryhmien välillä simuloidun jääkiekko-ottelun jälkeisinä päivinä?**

**Hypoteesi:** Kyllä.

Hyvä aerobinen kunto voi vähentää väsymistä ja nopeuttaa palautumista joukkuepalloilulajeille tyypillisten toistuvien korkean intensiteetin työjaksojen aikana (Gharbi ym. 2015; Lowery ym. 2018). Paremman aerobisen kunnan omaavilla urheilijoilla aerobisen energiantuoton on havaittu olevan suurempaa ja anaerobisen energiantuoton määrän sekä lihasväsymystä aiheuttavien metaboliittien muodostuksen vähäisempää korkean intensiteetin kuormituksessa (Tomling & Wenger 2001). Korkea fyysinen kuntotaso vähentääkin mahdollisesti kuormittumisen määrää ottelun aikana, jolloin pitkäaikainen palautuminen ottelusta voi nopeutua verrattuna heikompi kuntoisiin yksilöihin (Doeven ym. 2018; Rampinini ym. 2011). Lisäksi Johnstonin ym. (2015) tutkimuksessa on saatu viitettä korkean aerobisen kuntotason edullisuudesta fyysisen suorituskyvyn palautumisessa.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

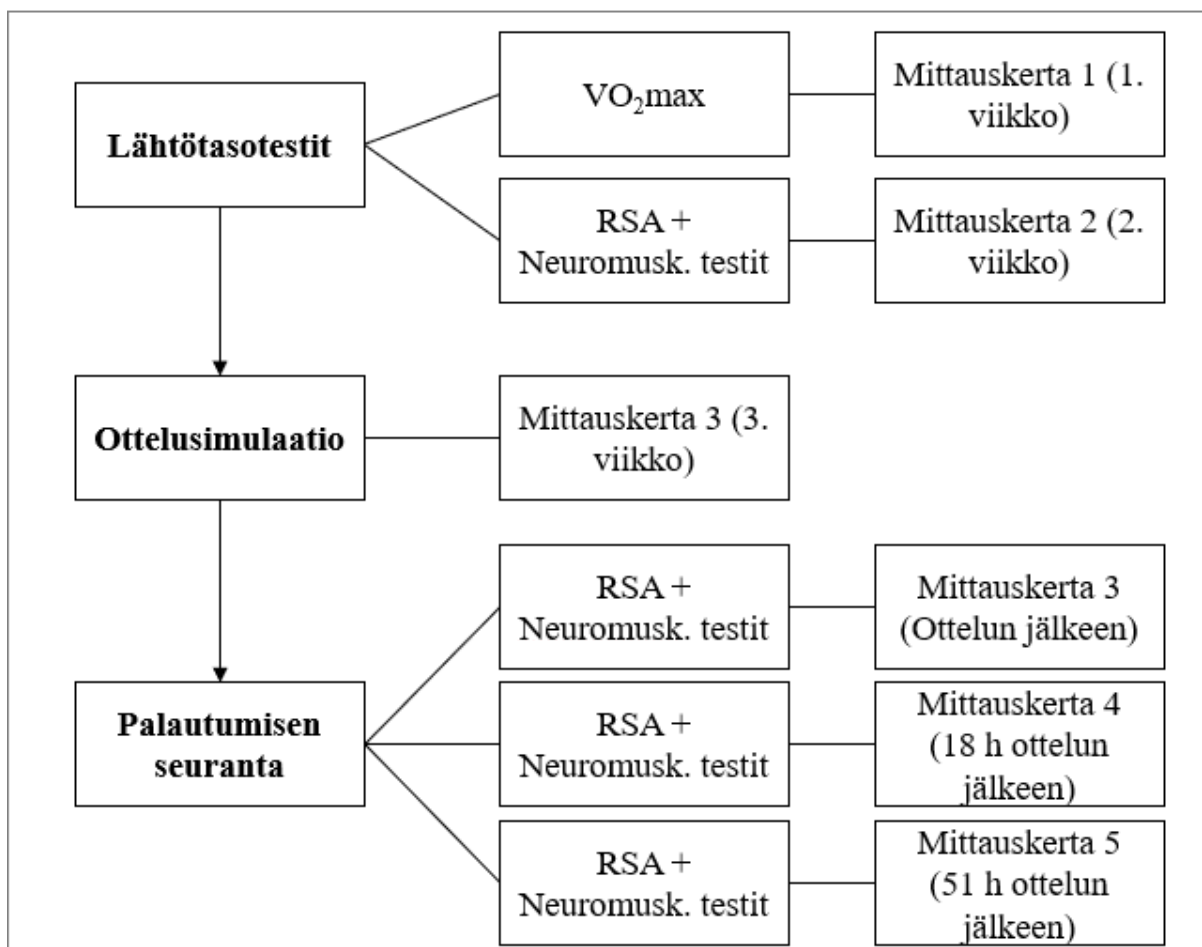
### 6.1 Tutkittavat

Tutkittavat olivat 16–20-vuotiaita jääkiekkoilijoita alle 20-vuotiaiden korkeimmalta kansalliselta sarjatasolta, U20 SM-Sarjasta (n = 19, ikä  $18 \pm 1$  vuotta, pituus  $1,84 \pm 0,09$  m, paino  $82,1 \pm 8,4$  kg ja BMI  $24,3 \pm 1,7$ ). Tutkittavia ohjeistettiin saapumaan mittauksiin levänneenä ja välttämään muuta raskasta fyysistä kuormitusta mittauksia edeltävinä päivinä. Lisäksi tutkittavia ohjeistettiin välttämään syömistä ja kofeiinia vähintään kaksi tuntia ennen mittauksia. Osallistuminen tutkimukseen oli vapaaehtoista ja tutkittavien terveydentila kartoitettiin erillisellä esitietolomakkeella (Liite 1). Tutkimukselle myönnettiin eettinen lausunto Jyväskylän yliopiston Eettiseltä toimikunnalta.

### 6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelmana oli poikittaistutkimus. Tutkimukseen sisältyi yhteensä viisi mittauskertaa jokaista tutkittavaa kohden. Ensimmäisellä kerralla tutkittavat suorittivat suoran maksimaalisen hapenottokyvyn testin. Toisella mittauskerralla mitattiin tutkittavien luistelukiihdytyskykyä ja toistuvaa sprinttikiikyä (RSA, repeated sprint ability) jääkiekkoilijoille lajinomaisella RSA-testillä. Lisäksi tällä mittauskerralla mitattiin tutkittavien hermolihasjärjestelmän suorituskykyä isometrisellä jalkaprässillä ja esikevennyshypyillä. Kolmannella mittauskerralla tutkittavat pelasivat simuloidun jääkiekko-ottelun. Välittömästi simuloidun ottelun jälkeen tutkittavien fyysisen suorituskyvyn heikkenemistä mitattiin RSA-testillä sekä isometrisellä jalkaprässillä ja esikevennyshypyillä. Kyseiset suorituskykytestit toistettiin vielä neljännellä ja viidennellä mittauskerralla tutkittavien fyysisen suorituskyvyn palautumisen mittaamiseksi. Mittauskerroilla 2–5 tutkittavat suorittivat standardoidun alkulämmittelyn, ja fyysisten suorituskykytestien järjestys oli vakioitu: 1. RSA-testi jäällä, 2. isometrinen jalkaprässi ja 3. esikevennyshyppy. Tutkimusasetelma on esitetty kuvassa 7.





KUVA 7. Tutkimusasetelma. VO<sub>2</sub>max = maksimaalinen hapenottokyky; RSA = toistuva sprinttiskyky; Neuromuskulaariset testit = isometrinen jalkaprässi ja esikevennyshyppy.

Tutkimuksessa keskeisimpänä muuttujana oli yksilöiden aerobinen kunto ja sen merkitys fyysiselle suorituskyvyille sekä suorituskyvyn pitkäaikaiselle palautumiselle. Otanta jaettiin ryhmiin tutkittavien suoran maksimaalisen hapenottokykytestin kehonpainoon suhteutetun maksimityötehon (W/kg) perusteella. Korkeamman aerobisen kunnan ja matalamman aerobisen kunnan ryhmät muodostettiin mediaanijakoa hyödyntäen. Jako tehtiin sekä absoluuttisesti (pelipaikkoja ei huomioitu, HIa- ja LOa-ryhmät) että pelipaikat huomioiden (HIb- ja LOb-ryhmät). Täten jälkimmäisessä ryhmäjaossa korkeamman aerobisen kunnan ryhmä muodostui korkeamman maksimityötehon omaavista puolustajista ja hyökkääjistä. Jälkimmäisessä ryhmäjaossa ryhmät haluttiin vakioda siten, että niissä oli täsmälleen sama määrä hyökkääjiä ja puolustajia. Tällä tavoin varmistettiin, että ryhmät ovat keskenään vertailukelpoisia, sillä jääkiekossa pelipaikat vaikuttavat ottelun aikaiseen liikkumiseen eli

ulkoiseen kuormitukseen ja siten myös ottelun jälkeiseen palautumiseen. Tutkimuksen lopullisessa otannassa hyökkääjien määrä oli 11, koska yksi hyökkääjä jäi pois tutkimuksesta joukkueen harjoitusottelussa tapahtuneen loukkaantumisen vuoksi. Tämän vuoksi yksi hyökkääjä jouduttiin poissulkemaan pelipaikat huomioidusta ryhmäjaosta, jotta sekä H1b- että LOb-ryhmissä hyökkääjien lukumäärä oli sama (5 hyökkääjää). Poissuljettavaksi hyökkääjäksi valittiin tutkittava, jonka suoran hapenottookykytestin maksimityöteho oli hyökkääjien maksimityötehon mediaani. Tutkimuksessa analysoitiin suoran maksimaalisen hapenottookykytestin maksimityötehon perusteella muodostettujen ryhmien välisiä eroja RSA-testimuuttujissa, simuloidun jääkiekko-ottelun aikaisissa liikkumismuuttujissa sekä fyysisen suorituskyvyn palautumisessa simuloidun ottelun jälkeen. Tämän lisäksi koko otannalla tutkittiin aerobista kuntoa kuvaavien muuttujien yhteyttä suorituskykyyn RSA-testissä sekä liikkumiseen simuloidun ottelun aikana.

### **6.3 Mittaukset**

#### **6.3.1 Suora maksimaalinen hapenottookykytesti**

Tutkittavien  $VO_2\max$  määritettiin ensimmäisellä mittauskerralla polkupyöräergometrilla suoritettussa testissä. Testiä ennen suoritettiin alkulämmittely, jossa poljettiin viiden minuutin ajan testin aloituskuormalla (70 W). Testi koostui kolmen minuutin kestoisista kuormaportaista, joita suoritettiin uupumukseen asti. Jokaisella kuormalla polkemistehoa nostettiin 30 W ja tutkittavat saivat itse valita polkemisfrekvenssin väliltä 60–80 rpm. Veren laktaattipitoisuus määritettiin alkulämmittelyn jälkeen sekä jokaisen kuorman välissä sormenpääverinäytteellä. Sormenpääverinäytteen ottamisen aikana tutkittavat jatkoivat polkemista. Testin aikana otetut sormenpääverinäytteet analysoitiin laktaattianalysaattorilla (Biosen S\_line Lab+ lactate analyzer, EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa). Testin aikana mitattiin jatkuvasti sykettä sekä hapenkulutusta. Sykettä mitattiin sykemittarilla (Polar V800, Polar Electro Oy, Kempele, Suomi). Jokaiselta kuormalta kirjattiin sykkeen keskiarvo viimeisen 15 sekunnin ajalta, ja lisäksi koko testin ajalta määritettiin maksimisyke. Tutkittavien hapenkulutusta ja kaasujenvaihtoa mitattiin testin aikana hengityskaasuanalysaattorilla (MasterScreen CPX, Jaeger, CareFusion Germany 234 GmbH,

Hoechberg, Saksa). Hengityskaasuanalysointilaitteet kalibroitiin ennen testejä valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ensimmäisellä mittauskerralla tutkittavat myös harjoittelivat maksimaalista voimantuottoa isometrisessä jalkaprässissä, jotta motorinen oppiminen ei vaikuttaisi tuloksiin tutkimuksen varsinaisissa voimamittauksissa.

Tutkittavien maksimaalinen hapenotto- ja voimantuotto määritettiin kahden korkeimman peräkkäisen 30 sekunnin jakson hapenkulutuksen keskiarvona. Mitatun  $VO_{2max}$ :n lisäksi suorasta testistä määritettiin myös tutkittavien maksimityöteho (W ja W/kg). Laktaattikynnykset 1 ja 2 määritettiin lineaarisovitemenetelmää käyttäen (Nummela & Peltonen 2018, 97). Ensimmäinen laktaattikynnys määritettiin teholle, jolla veren laktaattipitoisuus nousi 0,3 mmol/l alhaisimmasta testin aikana mitatusta laktaattipitoisuudesta. Toinen laktaattikynnys määritettiin kahden lineaarisoviteen avulla siten, että ensimmäinen lineaarisovite sijoitettiin ensimmäisen laktaattikynnyksen ja sitä seuraavan kuorman laktaattipitoisuuden välille ja toinen lineaarisovite sijoitettiin testin viimeisten kuormien laktaattipitoisuuksien välille, joilla pitoisuuden nousut olivat yli 0,8 mmol/l.

### **6.3.2 RSA-testi**

Tutkittavien toistuvaa sprinttikykkyä testattiin luistellen suoritettulla RSA-testillä. Testi koostui viidestä maksimaalisesta 30 m luisteluspintistä, jotka suoritettiin 30 s palautuksilla. Vakioidun alkulämmittelyn lisäksi tutkittavat suorittivat ennen RSA-testiä kaksi 30 m luistelukiihdytystä jäällä 80 %:lla ja 90 %:lla omasta maksiminopeudesta (tutkittavien itsenäinen arvio). Testin sprinttiajat mitattiin valokennoilla (Newtest) ja sprinttien lähtö tapahtui 70 cm ensimmäisen valokennon takaa. Lähtö tapahtui jokaisella mittauskerralla sama kylki edellä lähtösuuntaan päin. Valokennojen säteiden korkeudeksi asetettiin ensimmäisessä valokennossa 95 cm ja jälkimmäisessä valokennossa 105 cm, koska luisteluasento on lähtökiihdytyksessä matalampi kuin suorassa täysivauhtisessa luistelussa. Ajanottovirheiden minimoimiseksi tutkittavat suorittivat luisteluspintit ilman mailaa. Luisteluspinteistä määritettiin nopeimman sprintin aika sekä sprinttien keskiaika. Tulosten analysoinnissa käytettiin sprinttejä 1, 3 ja 4, koska simuloidun ottelun jälkeisessä RSA-testissä osalta

tutkittavista kaikkien sprinttien aikoja ei saatu talteen valokennolaitteiston häiriön vuoksi. RSA-testin suorittaminen on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. RSA-testin suorittaminen jääkiekkokaukalossa.

### 6.3.3 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit

Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä testattiin isometrisellä jalkaprässillä sekä esikevennyshypyillä. Isometrisessä jalkaprässissä tutkittavat suorittivat jokaisella mittauskerralla kaksi 3 s kestoista maksimaalista tahdonalaista supistusta (MVC, maximal voluntary contraction) 110 asteen polvikulmalla. Suoritusten välillä oli 30 s palautus. Tutkittavaa ohjeistettiin tuottamaan voimaa mahdollisimman paljon sekä mahdollisimman nopeasti. Komennot tutkittavalle olivat seuraavat: 1) ”Valmiina”: valmistautuminen maksimaaliseen supistukseen, 2) ”Nyt”: maksimaalisen ja mahdollisimman nopean

voimantuoton aloittaminen, 3) ”Paina, paina, paina!”: maksimaalinen voimantuotto sekä 4) ”Seis!”: voimantuoton lopettaminen. Voimasignaali muunnettiin digitaaliseksi A/D-muuntimella ja digitaalinen signaali tallennettiin sekä analysoitiin Signal 4.11-ohjelmistolla (Cambridge Electronic Design, Iso-Britannia). Voimasignaalit mitattiin taajuudella 1000 Hz. Suorituksista määritettiin maksimivoima 3 s supistuksen ajalta. Lopullisena tuloksena käytettiin jokaisen tutkittavan parasta suoritusta. Maksimaalisen tahdonalaisen supistuksen suorittaminen isometrisessä jalkaprässissä on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Maksimaalisen tahdonalaisen lihassupistuksen suorittaminen isometrisessä jalkaprässissä.

Isometrisen maksimivoiman lisäksi alaraajojen ojentajalihasten räjähtävää voimantuottoa mitattiin esikevennyshypyillä. Hypyssä tutkittavia ohjeistettiin keventämään nopeasti itse valitulle syvyydelle, hyppäämään mahdollisimman korkealle kädet lanteilla sekä tulemaan alas suurin jaloin. Hyppyjen lentoaika mitattiin kontaktimatolla, ja sen perusteella laskettiin hyppyjen nousukorkeus kaavalla  $h = g \times t^2 \times 8^{-1}$  ( $h$  = painopisteen nousukorkeus,  $g$  = putoamiskiihtyvyys  $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  ja  $t$  = hypyn lentoaika). Jokaisella mittauskerralla tutkittavilla oli esikevennyshypyssä kolme yritystä 30 s kestoisilla hyppyjen välisillä palautuksilla. Parhaimman hypyn nousukorkeutta käytettiin lopullisena tuloksena. Esikevennyshypyn suorittaminen kontaktimatolla on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Esikevennyshypyn suorittaminen kontaktimatolla.

#### 6.3.4 Ottelusimulaatio

Kolmannella mittauskerralla tutkittavat pelasivat simuloidun jääkiekko-ottelun. Tutkittavat jaettiin kahteen joukkueeseen, joissa molemmissa oli neljä puolustajaa ja kuusi hyökkääjää eli

kaksi täyttä kentällistä per joukkue sekä maalivahdit. Joukkuejako tehtiin siten, että joukkueiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa suoran maksimaalisen hapenottokykytestin maksimityötehossa (W/kg). Ottelussa pelattiin yhteensä kolme erää. Ensimmäisessä ja toisessa erässä pelattiin 12 min tehokasta peliaikaa (tehokas peliaika = pelikello pysäytetään pelikatkoilla) siten, että tutkittavat pelasivat molemmissa erissä kahdeksan 45 s kestoista tehokkaan peliajan vaihtoa. Kolmannessa erässä pelattiin 8 min tehokasta peliaikaa siten, että tutkittavat pelasivat kuusi 40 s kestoista tehokkaan peliajan vaihtoa. Tutkittavien aktiivinen peliaika ottelussa oli yhteensä 16 min. Koko ottelun ajan noudatettiin seuraavanlaista vaihtokiertoa: 1) 1. kentällisten vaihto, 2) 2. kentällisten vaihto ja 3) 60 s tauko. Tämän jälkeen vaihtokierto aloitettiin jälleen alusta. Pelaajien työ-palautus-suhde vaihteli ottelun aikana riippuen pelikatkojen määrästä, mutta suhde oli kuitenkin koko ottelun ajan välillä 1:2,5–1:3. Simuloituun otteluun varatun jäävuoron kesto oli vain 1h 40 min, ja siksi käytetyllä työ-palautus-suhteella tavoiteltiin kuormitusta, joka aiheuttaisi fyysisen suorituskyvyn alenemista ottelun jälkeen. Toisaalta vaihtojen välistä palautumisaikaa ei haluttu lyhentää enempää, jotta pelin intensiteetti pysyisi mahdollisimman korkealla ja olisi lähellä kilpailukauden otteluiden intensiteettiä. Intensiteetin säilymistä turvaamiseksi päädyttiin myös lyhyempään vaihtojen keston kolmannessa erässä. Ensimmäinen erätauco kesti 5 minuuttia ja toinen erätauco 10 min, koska toisen erätauon aikana suoritettiin jäänajo jäänhoitokoneella. Erätaucojen aikana tutkittavat istuivat paikallaan vaihtopenkillä.

Ottelun aikana mitattiin tutkittavien liikkumista, sykettä sekä veren laktaattipitoisuutta. Tutkittavien liikkumista (ulkoinen kuormitus) mitattiin automaattisella ja reaaliaikaisella Bitwisen Wisehockey-älykiekkojärjestelmällä. Järjestelmä käyttää Quuppa Intelligent Locating System -sisäpaikannuslaitteistoa, joka hyödyntää matalaenergistä Bluetooth-tekniikkaa (BLE) sekä radiosignaalin tulokulmaan perustuvaa laskentamenetelmää. Pelaajat ja jääkiekko ovat varustettu Bluetooth-paikannustageilla, joiden mittaustaajuudet ovat 25 Hz ja 100 Hz. Jäähallin katossa olevat Quupan BLE-majakat vastaanottavat tagien lähettämät radiosignaalit ja lähettävät kyseisen raakadatan palvelimelle, joka puolestaan käyttää Bitwisen ohjelmistoa tagien paikannukseen (interpolointi). Bitwisen omien algoritmien avulla paikannusdatasta saadaan informaatiota pelaajien liikkumisesta jääkiekkokaukalossa. Quupan sisäpaikannuslaitteiston on osoitettu olevan tarkka sekä luotettava menetelmä pelaajien liikkumisen mittaamiseen sisätiloissa pelattavissa joukkuepallolajeissa (Figueira ym. 2018).

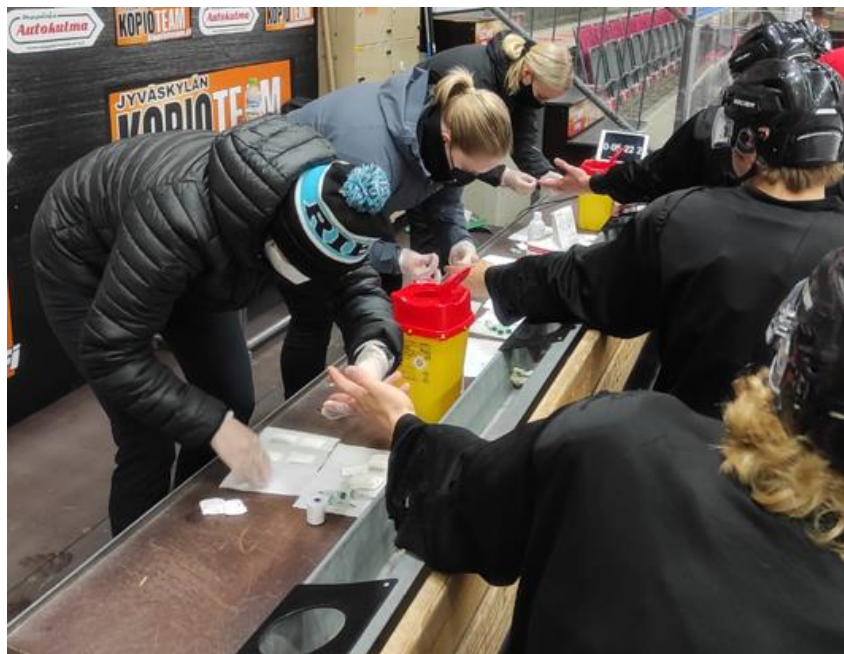
Simuloidun ottelun aikaisesta paikannusdatasta laskettiin Bitwisen Wisehockey-älykiekkojärjestelmän algoritmeilla seuraavat tutkittavien liikkumista kuvaavat muuttujat: luisteltu matka (m), keski- ja huippunopeus (km/h) sekä kiihdytysten ja jarrutusten lukumäärä jokaisesta erästä sekä koko ottelun ajalta. Lisäksi tutkittavien jokaisesta vaihdosta erikseen (yhteensä 22 kpl per tutkittava) saatiin Wisehockeyyn avulla edellä mainitut muuttujat sekä aika (s) seuraavilla nopeusalueilla: 1) 0 – 10 km/h, 2) 10 – 15 km/h, 3) 15 – 20 km/h ja 4) > 20 km/h. Kiihdytyksen kriteerinä Wisehockeyyn älykiekkojärjestelmässä on se, että pelaajan kiihtyvyys on yhtäjaksoisesti sekunnin ajan yli  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , ja vastaavasti jarrutuksen kriteerinä on, että pelaajan kiihtyvyys on sekunnin ajan alle  $-0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

Sykettä mitattiin koko ottelun ajan sykemittareilla siten, että jokaisesta erästä kerättiin erilliset mittausjaksot. Tutkittavilla oli päällään sykevyöt, jotka oli yhdistetty Firstbeatin syke seurantajärjestelmään (Firstbeat Sports, Firstbeat Technologies Oy, Jyväskylä, Suomi). Sykettä mitattiin simuloidussa ottelussa jatkuvasti eli sekä pelaajien jäällä ollessa että vaihtojen passiivisen palautumisen aikana vaihtopenkillä. Erien aikainen syke data analysoitiin jälkikäteen sekä absoluuttisina (krt/min) että suhteellisina arvoina (% MAX). Veren laktaattipitoisuus mitattiin jokaisen erän jälkeen yhden minuutin kuluttua erän viimeisen vaihdon päättymisestä. Ottelun aikana tutkittavat joivat vettä oman mielen mukaan, mutta nesteytystä seurattiin ja koko ottelun aikana juotu veden määrä kirjattiin ylös. Ottelun jälkeen tutkittavat arvioivat simuloidun ottelun aikaista kuormittumista sRPE:llä (session-RPE) asteikolla 0–10, jossa 0 on kevyin ja 10 on raskain (Haddad ym. 2017). Kuva 11 on tilannekuva simuloidusta ottelusta, ja kuvassa 12 on havainnollistettu laktaattinäytteen ottaminen jäähalliolosuhteissa simuloidun ottelun erätauoilla sekä RSA-testin jälkeen.





KUVA 11. Tilannekuva simuloidusta jääkiekko-ottelusta.



KUVA 12. Laktaattinäytteen ottaminen jäähalliolosuhteissa.

### 6.3.5 Muu kerätty data

Tutkittavat arvioivat nukkumismääräänsä tunteina simuloitua ottelua edeltävänä yönä sekä kahtena yönä simuloitun ottelun jälkeen. Lisäksi tutkittavien koettua palautumista mitattiin ottelun jälkeisinä kahtena aamuna tutkittavien subjektiivisilla arvioilla palautumisesta asteikolla 0–10, jossa 0 on huonoin mahdollinen palautuminen ja 10 on maksimaalinen palautuminen (Laurent ym. 2011). Tutkittavien energian- ja nesteensaantia seurattiin tutkimuksessa ruokapäiväkirjoilla neljän päivän ajan (ottelua edeltänyt päivä, simuloitun ottelun päivä sekä kaksi päivää ottelun jälkeen). Ruokapäiväkirjaan merkittiin kaikki syödyt ateriat ja juodut nesteet mahdollisimman tarkasti.

## 6.4 Tilastolliset menetelmät

Tutkimusaineiston tilastolliset analyysit toteutettiin SPSS for Windows (IBM SPSS Statistics 26) -ohjelmalla. Mitattujen muuttujien normaalijakautuneisuutta testattiin Shapiro-Wilkin testillä. Koko otannan toistettujen mittausten tulosten eroja testattiin normaalisti jakautuneiden muuttujien osalta toistomittausten varianssianalyysillä Bonferronin korjausta käyttäen, ja ei-normaalisti jakautuneiden muuttujien eroja testattiin Friedman-testillä Bonferronin korjausta käyttäen. Tutkimuksessa muodostettujen ryhmien välisiä eroja testattiin Mann-Whitney U-testillä, ja ryhmien sisäisiä muutoksia toistetuissa mittauksissa testattiin Friedman-testillä Bonferronin korjausta käyttäen. Eri muuttujien välisten yhteyksien tilastollista merkitsevyyttä testattiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Toistuvan sprinttikyvyn ja aerobisen kunnan muuttujien välistä yhteyttä tutkittiin Post 51 h -mittausten tuloksilla. Tutkimustulokset on esitetty keskiarvoina ja -hajontoina. Raja-arvoina tulosten tilastolliselle merkitsevyydelle on käytetty seuraavia p-arvoja:  $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$  ja  $p \leq 0.001$ .

## 7 TULOKSET

### 7.1 Suorat maksimaaliset hapenottokykytestit

Polkupyöraergometrillä suoritettujen suorien maksimaalisten hapenottokykytestien tulokset koko otannalla sekä aerobisen kunnan mukaan jaetuissa ryhmissä on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Suorien maksimaalisten hapenottokykytestien tulokset.

	<b>Max</b> <b>(W/kg)</b>	<b>VO<sub>2</sub>max</b> <b>(ml/kg/min)</b>	<b>LK<sub>2</sub></b> <b>(W/kg)</b>	<b>LK<sub>2</sub></b> <b>(%Max)</b>	<b>LK<sub>1</sub></b> <b>(W/kg)</b>	<b>LK<sub>1</sub></b> <b>(%Max)</b>
<b>Kaikki</b>	4,0 ± 0,3	50,4 ± 2,4	2,8 ± 0,2	70 ± 3,1	1,9 ± 0,2	47 ± 3,7
<b>HIa</b>	4,2 ± 0,2	51,4 ± 2,1	2,9 ± 0,2	70 ± 3,4	1,9 ± 0,2	46 ± 3,0
<b>LOa</b>	3,8 ± 0,1***	48,8 ± 2,0*	2,6 ± 0,1***	70 ± 3,1	1,8 ± 0,2	48 ± 4,5
<b>HIb</b>	4,2 ± 0,2	51,8 ± 1,9	2,9 ± 0,2	69 ± 3,8	2,0 ± 0,1	47 ± 2,8
<b>LOb</b>	3,8 ± 0,1***	48,7 ± 1,8*	2,6 ± 0,1*	70 ± 2,6	1,8 ± 0,2*	47 ± 4,9

Max = maksimityöteho; LK<sub>2</sub> = 2. Laktaattikynnys; LK<sub>1</sub> = 1. Laktaattikynnys; VO<sub>2</sub>max:n osalta n<sub>kaikki</sub> = 13, n<sub>HIa</sub> = 8, n<sub>LOa</sub> = 5, n<sub>HIb</sub> = 6 ja n<sub>LOb</sub> = 6, muissa muuttujissa n<sub>kaikki</sub> = 19, n<sub>HIa</sub> = 10, n<sub>LOa</sub> = 9, n<sub>HIb</sub> = 9 ja n<sub>LOb</sub> = 9, \* p < 0.05; \*\*\* p < 0.001 tilastollisesti merkitsevä ero korkeamman aerobisen kunnan ryhmään verrattuna

### 7.2 Fyysinen suorituskyky toistetuissa mittauksissa

Koko otannan (n = 19) fyysisten suorituskykytestien tulokset lähtötasotesteissä (viikko ennen simuloitua ottelua) ja välittömästi simuloidun ottelun jälkeen sekä 18 h ja 51 h simuloidun ottelun jälkeen suoritetuissa testeissä on esitetty taulukossa 7. Toistuvassa sprinttikyvyyssä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja korkeamman ja alhaisemman aerobisen kunnan ryhmien välillä (taulukko 8), ja toistuvan sprinttikyvyn sekä aerobisen kunnan muuttujien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita (taulukko 9).

TAULUKKO 7. Fyysisten suorituskykytestien tulokset lähtötasotesteissä, välittömästi simuloidun ottelun jälkeen (Post 0 h) sekä 18 h ja 51 h simuloidun ottelun jälkeen (Post 18 h ja Post 51 h).

	<b>Lähtötaso</b>	<b>Post 0 h</b>	<b>Post 18 h</b>	<b>Post 51 h</b>
<b>RSA-testi</b>				
Nopein aika (s)	4,43 ± 0,14	4,50 ± 0,13**	4,48 ± 0,15	4,46 ± 0,14
Keskiaika (s)	4,49 ± 0,13	4,57 ± 0,13***	4,57 ± 0,13**	4,52 ± 0,14
<b>Jalkaprässi</b>				
Maksimivoima (N)	4426 ± 982	4025 ± 1070	4085 ± 1103	4492 ± 1153
<b>Esikevennyshyppy</b>				
Nousukorkeus (cm)	42,0 ± 5,2	42,2 ± 5,0	41,4 ± 5,5	44,4 ± 4,9*

\* p < 0.05; \*\* p < 0.01; \*\*\* p < 0.001 tilastollisesti merkitsevä ero lähtötasotesteihin verrattuna

TAULUKKO 8. Toistuva sprinttikiiky neljällä eri testikerralla ryhmittäin.

<b>Lähtötaso</b>	<b>H1a</b>	<b>LOa</b>	<b>H1b</b>	<b>LOb</b>
Keskiaika (s)	4,50 ± 0,15	4,49 ± 0,12	4,46 ± 0,14	4,54 ± 0,13
<b>Post 0 h</b>				
Keskiaika (s)	4,56 ± 0,16	4,57 ± 0,10	4,52 ± 0,12	4,62 ± 0,13
<b>Post 18 h</b>				
Keskiaika (s)	4,58 ± 0,15	4,55 ± 0,12	4,53 ± 0,12	4,61 ± 0,15
<b>Post 51 h</b>				
Keskiaika (s)	4,50 ± 0,17	4,54 ± 0,10	4,46 ± 0,14	4,58 ± 0,12

H1a = korkeamman aerobisen kunnan ryhmä (n = 10); LOa = matalamman aerobisen kunnan ryhmä (n = 9); H1b = korkeamman aerobisen kunnan ryhmä, jossa pelipaikat huomioitu (n = 9); LOb = alhaisemman aerobisen kunnan ryhmä, jossa pelipaikat huomioitu (n = 9)

TAULUKKO 9. Toistuvan sprinttikyvyn ja aerobisen kunnon muuttujien väliset korrelaatiot.

	LK <sub>1</sub> (W/kg)	LK <sub>1</sub> (%MAX)	LK <sub>2</sub> (W/kg)	LK <sub>2</sub> (%MAX)	MAX W/kg	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
<b>Sprinttien</b>	r = -0.06	r = 0.16	r = -0.18	r = 0.08	r = -0.28	r = -0.48
<b>keskiaika (s)</b>	p = 0.80	p = 0.52	p = 0.45	p = 0.73	p = 0.25	p = 0.10

r = Pearsonin korrelaatiokerroin; n<sub>VO<sub>2</sub>max</sub> = 13, muissa muuttujissa n = 19

### 7.3 Simuloitu ottelu

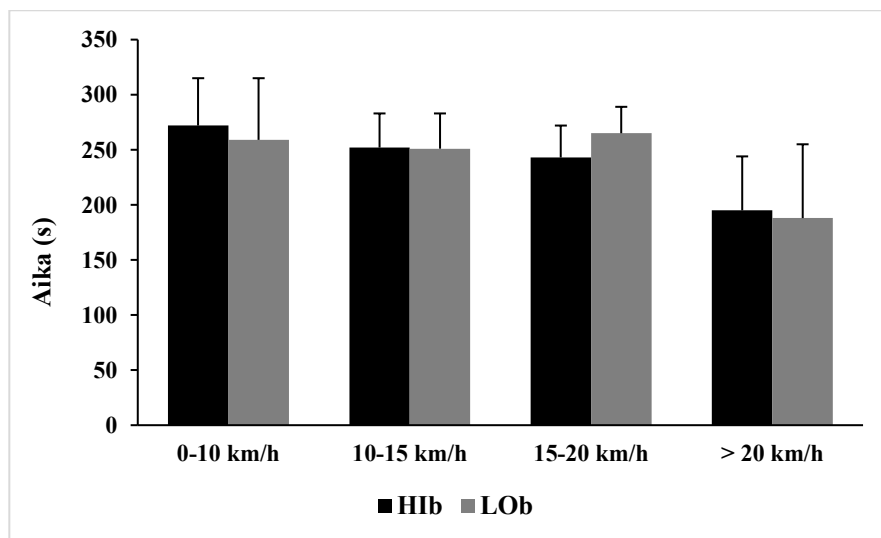
Simuloidun ottelun aikana Wisehockey-älykiekkojärjestelmällä mitattu pelaajien liikkumisdata on esitetty taulukossa 10. Liikkumisdata on eritelty jokaisesta erästä sekä koko ottelun ajalta. Aerobisen kunnon mukaan jaettujen ryhmien välillä löydettiin seuraavat tilastollisesti merkitsevät erot: alhaisemman aerobisen kunnon ryhmän luistelumatka ja keskinopeus toisessa erässä olivat suurempia verrattuna korkeamman aerobisen kunnon ryhmään, ja kolmannen erän huippunopeus oli suurempi korkeamman aerobisen kunnon ryhmässä verrattuna alhaisempaan aerobisen kunnon ryhmään ( $p \leq 0.05$ ). Ottelun aikana eri nopeusalueilla luistelluissa ajoissa ei löydetty tilastollisesti merkitseviä eroja aerobisen kunnon mukaan jaettujen ryhmien välillä (kuva 13).

TAULUKKO 10. Simuloidun jääkiekko-ottelun aikana pelaajien luistelemaat matkat, pelaajien keski- ja huippunopeudet sekä kiihdytysten ja jarrutusten lukumäärät aerobisen kunnon mukaan jaetuissa ryhmissä sekä koko otannalla.

<b>1. Erä</b>					
Ryhmä	Matka (m)	Keskinopeus (km/h)	Huippunopeus (km/h)	Kiihdytykset (n)	Jarrutukset (n)
H1b	1488 ± 129	14,9 ± 1,3	29,7 ± 2,2	20 ± 6	17 ± 5
LOb	1416 ± 106	14,2 ± 1,1	29,0 ± 2,7	17 ± 4	18 ± 6
Kaikki	1453 ± 117	14,5 ± 1,2	29,3 ± 2,4	19 ± 5	18 ± 5

<b>2. Erä</b>					
<b>Ryhmä</b>	<b>Matka (m)</b>	<b>Keskinopeus (km/h)</b>	<b>Huippunopeus (km/h)</b>	<b>Kiihdytykset (n)</b>	<b>Jarrutukset (n)</b>
H1b	1382 ± 148	13,8 ± 1,5	28,7 ± 2,6	20 ± 5	15 ± 3
LOb	1474 ± 147*	14,7 ± 1,5*	28,0 ± 2,4	17 ± 8	14 ± 3
Kaikki	1430 ± 147	14,3 ± 1,5	28,3 ± 2,4	18 ± 6	15 ± 3
<b>3. Erä</b>					
<b>Ryhmä</b>	<b>Matka (m)</b>	<b>Keskinopeus (km/h)</b>	<b>Huippunopeus (km/h)</b>	<b>Kiihdytykset (n)</b>	<b>Jarrutukset (n)</b>
H1b	917 ± 53	13,7 ± 0,8	29,4 ± 2,1	12 ± 3	11 ± 3
LOb	922 ± 103	13,8 ± 1,6	26,9 ± 2,2*	11 ± 4	9 ± 3
Kaikki	922 ± 78	13,8 ± 1,2	28,1 ± 2,4	12 ± 3	10 ± 3
<b>Ottelu</b>					
<b>Ryhmä</b>	<b>Matka (m)</b>	<b>Keskinopeus (km/h)</b>	<b>Huippunopeus (km/h)</b>	<b>Kiihdytykset (n)</b>	<b>Jarrutukset (n)</b>
H1b	3787 ± 264	14,2 ± 1,0	31,2 ± 2,1	52 ± 10	43 ± 7
LOb	3813 ± 313	14,3 ± 1,2	29,6 ± 1,8	45 ± 12	41 ± 9
Kaikki	3805 ± 274	14,2 ± 1,0	30,4 ± 2,0	49 ± 11	42 ± 8

\*  $p \leq 0.05$  tilastollisesti merkitsevä ero H1b-ryhmään verrattuna



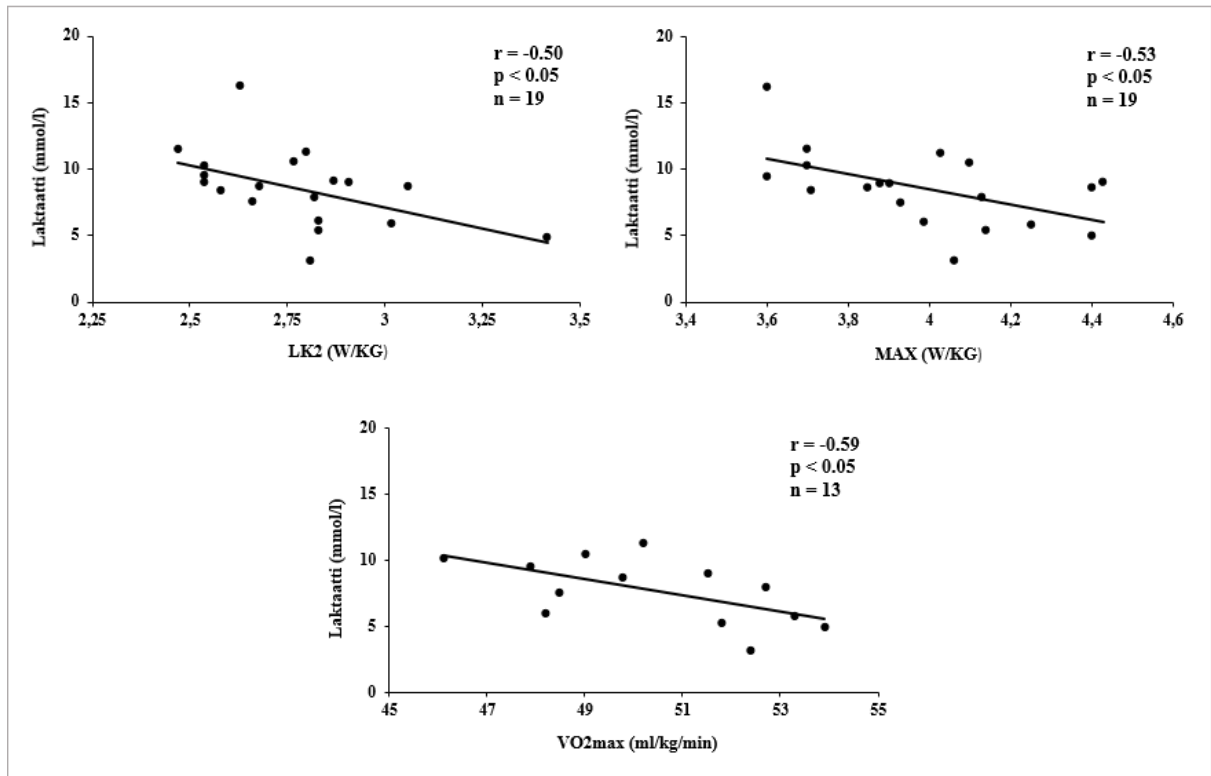
KUVA 13. Ottelun aikana luisteltu aika eri nopeusalueilla korkeamman aerobisen kunnon (H1b) ja alhaisemman aerobisen kunnon (LOb) ryhmissä.

Aerobisen kunnon mukaan jaettujen ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja simuloidun ottelun sisäistä kuormitusta kuvaavissa muuttujissa (syke, laktaatti ja sRPE). Sisäistä kuormitusta kuvaavat muuttujat ryhmittäin sekä koko otannalla on esitetty taulukossa 11. Aerobisen kunnon muuttujien korrelaatiot simuloidun ottelun aikaisiin liikkumismuuttujiin, keskisykkeisiin, veren laktaattipitoisuuksiin sekä ottelun koettuun kuormittavuuteen on esitetty liitteessä 2. Ottelun 2. erän jälkeisen laktaattipitoisuuden sekä suoran maksimaalisen hapenottokykytestin 2. laktaattikynnyksen tehon, maksimityötehon ja VO<sub>2</sub>max:n välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevät korrelaatiot ( $p < 0.05$ ). Korrelaatioiden hajontakuviot on esitetty kuvassa 14.

TAULUKKO 11. Simuloidun ottelun sisäistä kuormitusta kuvaavat muuttujat aerobisen kunnon mukaan jaetuissa ryhmissä sekä koko otannalla.

	<b>H1b</b>	<b>L0b</b>	<b>Kaikki</b>
<b>1. Erä</b>			
Syke (% MAX)	74 ± 5	73 ± 5	74 ± 5
Laktaatti (mmol/l)	8,2 ± 3,1	8,8 ± 3,1	8,3 ± 3,1
<b>2. Erä</b>			
Syke (% MAX)	78 ± 5	78 ± 6	78 ± 5
Laktaatti (mmol/l)	8,0 ± 2,3	9,7 ± 2,9	8,6 ± 2,9
<b>3. Erä</b>			
Syke (% MAX)	71 ± 5	71 ± 6	71 ± 5,5
Laktaatti (mmol/l)	6,8 ± 2,1	7,7 ± 3,9	7,1 ± 3,1
<b>Ottelu</b>			
sRPE (0–10)	5,4 ± 1,4	5,6 ± 1,4	5,6 ± 1,4

sRPE (session rating of perceived exertion) = koettu kuormittavuus



KUVA 14. Simuloidun ottelun 2. erän jälkeisen laktaattipitoisuuden sekä suoran maksimaalisen hapenottokykytestin 2. laktaattikynnyksen (W/kg), maksimityötehon (W/kg) ja VO<sub>2</sub>max:n hajontakuviot.

#### 7.4 Palautuminen simuloidusta ottelusta

Palautumisen taustamuuttujat eli aamupaino, ruokapäiväkirjoilla määritetyt energiansaanti ja energiaravintoaineiden saanti sekä arvioitu yöunen määrä ja koettu palautuminen simuloidun ottelun jälkeen on esitetty ryhmittäin taulukossa 12. Ainoa tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä löydettiin ottelupäivää edeltäneen yön unen määrässä, joka oli suurempi korkeamman aerobisen kunnan ryhmässä ( $p < 0.01$ ).

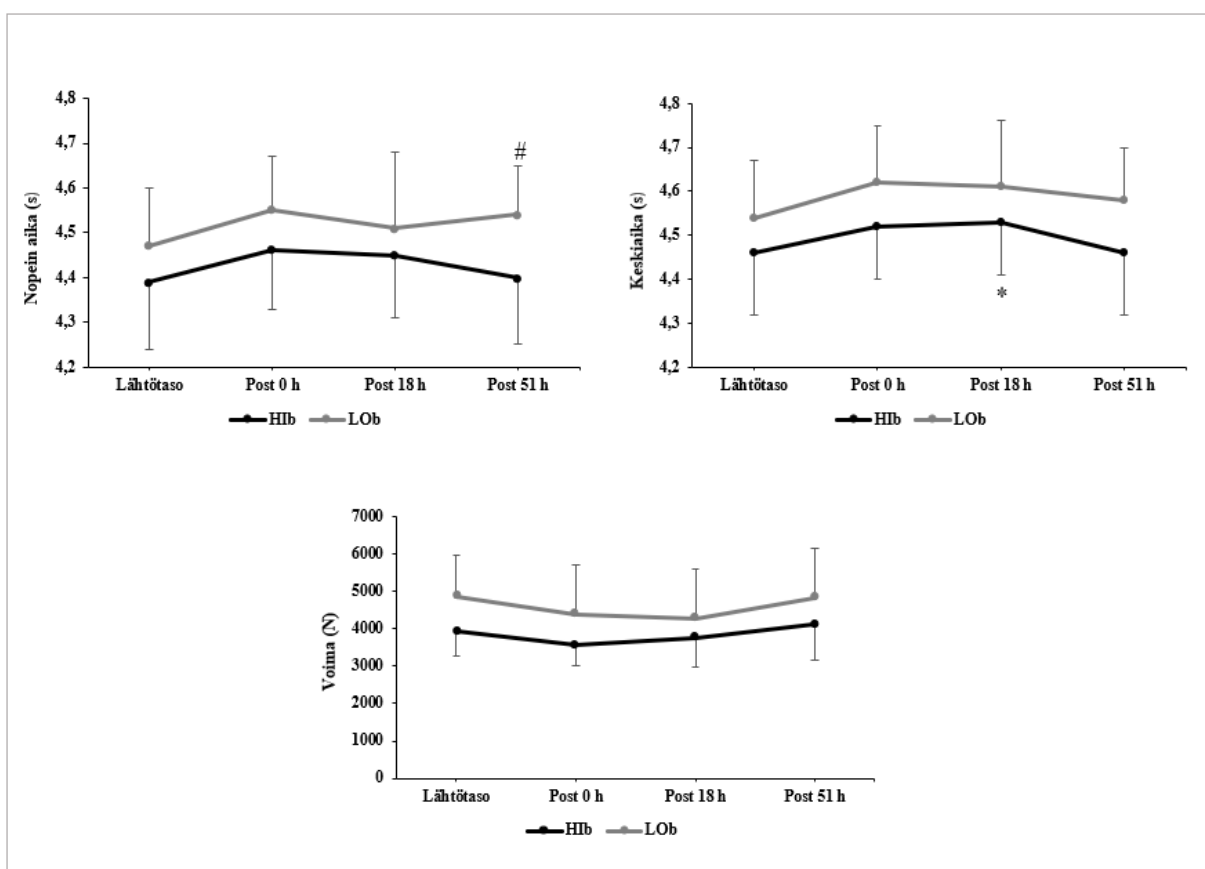


TAULUKKO 12. Tutkittavien aamupaino, energiansaanti, hiilihydraattien, rasvan ja proteiinin saanti sekä arvioitu yöunen määrä ja koettu palautuminen simuloidun ottelun ympärillä.

	Ottelupäivä	Palautumispäivä 1	Palautumispäivä 2
<b>Aamupaino</b>			
Hlb	79,5 ± 8,4	79,5 ± 8,4	79,6 ± 8,3
LOb	87,5 ± 8,1	87,3 ± 8,2	87,2 ± 8,0
<b>Energia (kcal/kg)</b>			
Hlb	57,8 ± 11,4	51,1 ± 9,4	23,2 ± 8,6
LOb	51,6 ± 6,3	53,2 ± 8,0	16,1 ± 5,6
<b>HH (g/kg)</b>			
Hlb	6,1 ± 1,4	5,8 ± 1,4	2,5 ± 1,0
LOb	5,7 ± 1,2	6,0 ± 1,1	1,8 ± 0,6
<b>Rasva (g/kg)</b>			
Hlb	2,3 ± 0,6	1,6 ± 0,4	0,8 ± 0,3
LOb	1,9 ± 0,4	1,9 ± 0,5	0,5 ± 0,3
<b>Proteiini (g/kg)</b>			
Hlb	2,9 ± 0,9	3,0 ± 0,8	1,3 ± 0,7
LOb	2,5 ± 0,4	2,6 ± 0,5	0,9 ± 0,4
<b>Uni (h)</b>			
Hlb	8,4 ± 0,3	8,4 ± 0,5	9,6 ± 0,5
LOb	7,8 ± 0,5**	8,2 ± 0,2	9,5 ± 0,7
<b>Koettu pal. (0–10)</b>			
Hlb		6 ± 1	8 ± 1
LOb		6 ± 1	8 ± 1

Uni = päivää edeltävän yön arvioitu unen määrä; \*\* p < 0.01 tilastollisesti merkitsevä ero Hlb-ryhmään verrattuna

Simuloidun ottelun jälkeisessä fyysisen suorituskyvyn palautumisessa ei havaittu eroja aerobisen kunnan mukaan muodostettujen ryhmien välillä. Toistuvan sprinttikykyytestin nopein aika oli merkitsevästi suurempi alhaisemmassa aerobisen kunnan ryhmässä 51 h ottelun jälkeen verrattuna korkeamman aerobisen kunnan ryhmään ( $p < 0.05$ ). Toistuvan sprinttikykyytestin nopeimman ajan ja keskiajan sekä isometrisen jalkaprässin maksimivoiman muutokset ottelun jälkeen lähtötasotesteihin verrattuna on havainnollistettu ryhmittäin kuvassa 15.



KUVA 15. Toistuvan sprinttikykyytestin nopeimman ajan ja keskiajan sekä isometrisen jalkaprässin maksimivoiman muutokset ottelun jälkeen lähtötasotesteihin verrattuna. #  $p < 0.05$  tilastollisesti merkitsevä ero H1b-ryhmään verrattuna; \*  $p < 0.05$  tilastollisesti merkitsevä ero lähtötasotesteihin verrattuna

## 8 POHDINTA

*Päätulokset.* Tutkimuksen päälöydöksiä olivat, että korkeamman ja alhaisemman aerobisen kunnan ryhmien välillä ei havaittu johdonmukaisia eroja toistuvassa sprinttiluistelukyvyssä, simuloidun jääkiekko-ottelun aikaisen luistelun määrässä ja intensiteetissä eikä myöskään fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaisessa palautumisessa ottelun jälkeen. Käytännön urheiluvalmennuksen sekä jääkiekkotutkimuksen näkökulmasta hyvin keskeinen tutkimuslöydös oli myös se, että fyysisen suorituskyvyn palautuminen jääkiekko-ottelun jälkeen vie noin kaksi vuorokautta.

*Aerobinen kunto ja toistuva sprinttikiiky.* Tutkimuksessa aerobisen kunnan muuttujina käytetyt polkupyöräergometrillä suoritettujen maksimaalisen hapenottookykytestin maksimityöteho ja laktaattikynnykset sekä  $VO_2\max$  eivät tämän tutkimuksen mukaan erottele jääkiekkoilijoita toistuvassa sprinttiluistelukyvyssä, eivätkä ole merkitsevästi yhteydessä toistuvaan sprinttikiikyyn käytetyssä viiden 30 m maksimaalisen luistelusprintin RSA-testissä. Vastaavanlaisia tuloksia on aikaisemmin saatu Careyn ym. (2007) naisjääkiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa, jossa tutkittavien kehonpainoon suhteutettu aerobinen kapasiteetti ( $50,3 \pm 3,4$  ml/kg/min) oli lähes sama kuin tämän tutkimuksen jääkiekkoilijoilla ( $50,4 \pm 2,4$  ml/kg/min). Toisaalta useissa jääkiekkoilijoilla tehdyissä tutkimuksissa on löydetty yhteys toistuvan sprinttikiivyn ja aerobisen kapasiteetin välillä (Lowery ym. 2018; McNeely ym. 2010; Peterson ym. 2015; Stanula ym. 2014). Kyseisten tutkimusten osalta on kuitenkin huomioitava käytetyt RSA-testiprotokollat, jotka ovat olleet selvästi kuormittavampia kuin tämän tutkimuksen RSA-testi. Loweryn ym. (2018) ja Petersonin ym. (2015) tutkimuksessa testi koostui kahdeksasta keskimäärin 23–25 s kestoisesta intervallista 90 s palautuksilla, ja McNeelyn ym. (2010) sekä Stanulan ym. (2014) tutkimuksessa testi koostui kuudesta noin 90 m luisteluedosta 30 s palautuksilla. Lisäksi käytetyt testiprotokollat sisälsivät suunnanmuutoksia, ja toisaalta huomioitavaa on myös se, että näissä tutkimuksissa tutkittavien keskimääräinen  $VO_2\max$  vaihteli välillä 55–59 ml/kg/min, ollen korkeampi kuin tämän tutkimuksen tutkittavilla.

Kaiken kaikkiaan tutkimusnäyttö toistuvan sprinttikyvyn ja aerobisen kunnan välisestä yhteydestä on kuitenkin edelleen hyvin ristiriitaista, ja siksi tämä tutkimus tukee aikaisempaa kokonaistutkimusnäyttöä aiheesta. Tässä tutkimuksessa otannan homogeenisuus aerobisen kunnan osalta voi hyvin olla potentiaalinen syy sille, että aerobisen kunnan muuttajat eivät erotelleet jääkiekkoilijoita toistuvassa sprinttikyvyyssä eivätkä olleet merkitsevästi yhteydessä toistuvaan sprinttikyvyyseen. Lisäksi käytetty RSA-testi oli todennäköisesti kuormitukseltaan liian kevyt merkitsevien yhteyksien saavuttamiseksi. Thébaultin ym. (2011) mukaan voikin esimerkiksi olla mahdollista, että aerobisen kapasiteetin merkitys suorituskyvyille toistuvissa korkeatehoisissa intervaleissa korostuu silloin, kun sprinttien lukumäärä on riittävän suuri, jolloin aerobisen energiantuoton osuus kokonaisenergiantuotosta kasvaa. Toisaalta aerobisten ominaisuuksien edullisuus toistuvalla sprinttikyvyyllä saattaa tulla esiin vasta silloin, kun yksittäisten työjaksojen kesto on riittävän pitkä, mitä puoltaisi esimerkiksi jääkiekkoilijoilla tehdyt tutkimukset (Lowery ym. 2018; McNeely ym. 2010; Peterson ym. 2015; Stanula ym. 2014), joissa intervallien kesto vaihteli noin 12 sekunnista 25 sekuntiin.

Tässä tutkimuksessa huomioitavaa on myös suorien maksimaalisten hapenottokykytestien suoritustapa, sillä aerobisen kunnan muuttajien ja toistuvan sprinttiluistelukyvyyn välinen korrelaatio olisi voinut muuttua, jos suorat testit olisi tehty tutkittaville polkupyöräergometrin sijaan lajinomaisesti luistellen. Pelaajien erot luistelutekniikassa ovat siten voineet vaikuttaa tutkittujen muuttajien välisiin korrelaatioihin. Lisäksi RSA-testit eivät onnistuneet kaikkien tutkittavien osalta teknisesti optimaalisesti, koska osa tutkittavista paransi sprinttiaikojaan viimeisissä sprinteissä vastoin ohjeistusta. Tämä on voinut osaltaan vaikuttaa aerobisen kunnan muuttajien ja toistuvan sprinttikyvyn välisiin korrelaatioihin, koska maksimaalisen yrityksen puuttuminen ensimmäisissä sprinteissä on voinut vaikuttaa yksittäisten tutkittavien testin aikaiseen väsymisprofiiliin.

Tutkimusnäyttö puoltaa aerobisen kunnan (etenkin  $VO_2\max$ ) sekä toistuvan sprinttikyvyn välillä vallitsevaa riippuvuutta. Toistaiseksi on kuitenkin epäselvää, kuinka keskeinen merkitys aerobisilla ominaisuuksilla on toistuvan sprinttikyvyn näkökulmasta. Valmennusopillisesti keskeistä onkin selvittää tulevaisuuden tutkimuksissa, millainen taso aerobisen kunnan muuttajille on riittävä tukemaan lyhytaikaista palautumista täysitehoisten työjaksojen välissä. Aerobisen kapasiteetin lisäksi myös submaksimaalisten

kestävyysominaisuuksien, kuten laktaattikynnysten, merkitystä toistuvalla sprinttikyvylle tulisi tutkia. Tämän tutkimuksen mukaan  $VO_2\text{max}$ :n sekä toistuvan sprinttikyvyn keskiajan välillä on havaittavissa riippuvuutta ( $r = -0.48$ ), mutta korrelaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tutkimukset ovatkin antaneet viitettä siitä, että toistuvan sprinttikyvyn kannalta aerobiselle kunnolle riittää tietty taso, jonka ylittäminen ei enää tuo lisähyötyä. Esimerkiksi Rodríguez-Fernándezin ym. (2019) jalkapalloilijoilla tehdyssä tutkimuksessa yli 60 ml/kg/min  $VO_2\text{max}$ :n omanneiden pelaajien toistuva sprinttikyky ei eronnut verrattuna pelaajiin, joiden  $VO_2\text{max}$  oli keskimäärin 54 ml/kg/min. Tutkimuksessa alhaisemman aerobisen kapasiteetin ryhmässä havaittiin kuitenkin merkitsevä yhteys toistuvan sprinttikyvyn ja maksimaalisen hapenottokyvyn välillä. Vastaavasti Hoffmanin (1997) tutkimuksessa sotilaiden suorituskyky 2000 m juoksussa korreloi merkitsevästi kolmen maksimaalisen 140 metrin sprintin väsymisindeksin kanssa, mutta otannan keskiarvoa korkeampi suorituskyky 2000 m juoksussa ei kuitenkaan tuonut enää lisähyötyä toistuvassa sprinttitestissä väsymisindeksillä mitattuna. Nämä löydökset viittaisivat siihen, että riittävän korkean aerobisen kunnan saavuttamisen jälkeen toistuvaa sprinttikykyä määrittävät muut tekijät kuin aerobisen energiantuoton tehokkuus.

*Aerobinen kunto ja simuloidun ottelun aikainen liikkuminen.* Simuloidun jääkiekko-ottelun aikaisessa liikkumisessa havaittiin seuraavat tilastollisesti merkitsevät erot aerobisen kunnan mukaan jaetuissa ryhmissä: alhaisemman aerobisen kunnan ryhmän pelaajien luistelumatka ja keskinopeudet olivat toisessa erässä suuremmat verrattuna korkeamman aerobisen kunnan ryhmään, kun taas korkeamman aerobisen kunnan ryhmän pelaajat saavuttivat keskimäärin suurempia huippunopeuksia ottelun kolmannessa erässä verrattuna alhaisemman aerobisen kunnan ryhmään. Koko ottelun luistelumatkoissa, keski- ja huippunopeuksissa, kiihdytysten ja jarrutusten lukumäärässä sekä luisteluajoissa eri nopeusalueilla ei puolestaan havaittu eroja aerobisen kunnan mukaan jaettujen ryhmien välillä. Aerobisen kunnan merkitystä ottelun aikaiseen liikkumiseen on jääkiekossa tutkittu Lignellin ym. (2018) tutkimuksessa, jossa sekä submaksimaalisen aerobisen kunnan (loppusyke submaksimaalisen Yo-Yo IR1-testin päättyessä) että maksimaalisen hapenottokyvyn havaittiin olevan yhteydessä korkeatehoisen luistelun määrään NHL-ottelun aikana.

Tämän tutkimuksen löydös simuloitun ottelun kolmannessa erässä havaitusta erosta huippunopeudessa aerobisen kunnon mukaan jaettujen ryhmien välillä voi viitata siihen, että aerobisten ominaisuuksien merkitys saattaa korostua jääkiekossa ja mahdollisesti muissakin palloilulajeissa ottelun loppupuolella. Rebelon ym. (2014) nuorilla jalkapalloilijoilla tekemä tutkimus puoltaisikin tätä, sillä kyseisessä tutkimuksessa Yo-Yo IR1-testissä juostu matka korreloi merkitsevästi sprinttijuoksu-aikaan jalkapallo-ottelun viimeisten minuuttien aikana. Lisäksi Thébault ym. (2011) ovat tutkimuksessaan osoittaneet, että sotilailla maksimaalinen aerobinen nopeus on merkitsevästi yhteydessä väsymiseen toistuvissa sprinteissä vasta toisessa ja kolmannessa viiden 40 m sprintin sarjassa. Thébaultin ym. (2011) mukaan aerobisen kapasiteetin merkitys väsymyksen vastustamisessa korostuu todennäköisesti silloin, kun toistuvia sprinttejä on runsaasti tai esimerkiksi otteluiden loppupuolella. Tässä tutkimuksessa korkeamman aerobisen kunnon ryhmän tutkittavilla (HIb) oli merkitsevästi korkeammat laktaattikynnykset sekä maksimityöteho suorassa maksimaalisessa hapenottokykytestissä verrattuna alhaisemman aerobisen kunnon ryhmään (LOb). Siten onkin mahdollista, että paremmat aerobiset ominaisuudet ovat olleet eduksi ottelun aikana kehittyvän väsymyksen vastustamisessa, mikä on näkynyt viimeisen erän aikana saavutetuissa huippunopeuksissa. Toisaalta on kuitenkin muistettava, että myös alhaisemman aerobisen kunnon ryhmän 2. erän tilastollisesti pidemmät luistelumatkat sekä suuremmat keskinopeudet saattavat olla 3. erän alhaisempien huippunopeuksien taustalla. Aerobisen kunnon erojen merkityksestä jääkiekko-ottelun aikaiselle liikkumiselle ei siksi voida tämän tutkimuksen perusteella vetää tarkkoja johtopäätöksiä.

Aerobisten ominaisuuksien (fysiologiset muuttujat) vaikutusta palloilulajien otteluiden aikaiseen liikkumiseen on tutkittu lähinnä mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn osalta. Narazakin ym. (2009) tutkimuksessa koripalloilijoilla havaittiin vahvat korrelaatiot ( $r = 0.94-0.96$ ) maksimaalisen hapenottokyvyn sekä ottelun aikaisen liikkumisaktiivisuuden välillä. Toisaalta Rebelon ym. (2014) tutkimuksessa mitattu  $VO_2\max$  ei ollut merkitsevästi yhteydessä kahden ottelun aikana mitattuun liikkumiseen nuorilla jalkapalloilijoilla. Huomioitavaa näissä tutkimuksissa on kuitenkin se, että Narazakin ym. (2009) tutkimuksessa tutkittavien  $VO_2\max$  vaihteli hieman enemmän (naisilla  $50,3 \pm 5,9$  ml/kg/min,  $n = 6$  ja miehillä  $57,5 \pm 8,2$  ml/kg/min,  $n = 4$ ), kun taas Rebelon ym. (2014) tutkimuksessa otanta oli maksimihapenoton suhteen hieman homogeenisempi ja korkeatasoisempi ( $61,8 \pm 5,6$

ml/kg/min, n = 30). Onkin mahdollista, että eri lajeissa ja eri sarjatasoilla vaaditaan tiettyä perustasoa aerobisille ominaisuuksille, minkä jälkeen niiden kehittyminen entisestään ei enää välttämättä näy liikkumisen määrän ja intensiteetin kasvuna otteluissa.

Tässä tutkimuksessa otanta oli aerobisen kunnan muuttujien (suoran testin maksimiyöteho, VO<sub>2</sub>max ja laktaattikynnykset) osalta melko homogeeninen, mikä voi selittää sitä, että aerobinen kunto ei erotellut pelaajia simuloidun ottelun aikana esimerkiksi luistellun matkan, keskinopeuksien, kiihdytysten lukumäärän tai korkeatehoisen luistelun osalta. Lignellin ym. (2018) tutkimuksessa NHL-pelaajien keskimääräinen VO<sub>2</sub>max oli  $58,8 \pm 0,9$  ml/kg/min, mutta otannan homogeenisuudesta huolimatta tutkimuksessa havaittiin merkitsevä yhteys VO<sub>2</sub>max:n ja ottelun aikaisen korkeatehoisen luistelun määrän välillä. Tämä viittaisi siihen, että maksimaalisen hapenoton kehittäminen lähemmäksi 60 ml/kg/min saattaa olla hyödyllistä ainakin kansainvälisen huipputason jääkiekkoilijoilla korkean luisteluintensiteetin ylläpitämiseksi ottelun aikana. Tätä olisi kuitenkin syytä tutkia vertailemalla saman pelipaikan pelaajien liikkumista otteluissa siten, että pelaajat olisi jaettu esimerkiksi yli ja alle 60 ml/kg/min maksimaalisen hapenottokyvyn ryhmiin. Pelaajien pelipaikkojen sekä peliaikojen huomiointi onkin todella tärkeää tällaisissa lajianalyysitutkimuksissa, jotta voidaan välttyä sekoittavien tekijöiden vaikutuksilta tuloksiin.

Kuntotestauksessa käytettävien testien suoritustapojen ja protokollien valinta on keskeistä, kun tutkitaan eri fyysisten ominaisuuksien merkitystä palloilulajien otteluiden aikaiselle suorituskyvylle. Onkin syytä huomioida, että otannan homogeenisuuden lisäksi suorien maksimaalisten hapenottokykytestien suorittaminen polkupyöraergometrillä voi selittää sitä, että aerobisen kunnan muuttujat eivät varsinaisesti erotelleet tässä tutkimuksessa pelaajia ottelun aikaisen luisteluaktiivisuuden suhteen. Durocher ym. (2010) ovatkin osoittaneet jääkiekkoilijoilla, että luistellen suoritettuna ja polkupyöraergometrillä suoritettuna suoran maksimihapenoton testin tulokset (VO<sub>2</sub>max ja laktaattikynnykset) eivät korreloi keskenään, ja tutkimuksessa kyseiset ominaisuudet olivat jääkiekkoilijoilla merkittävästi korkeammat luistellen suoritettussa testissä. Onkin hyvin mahdollista, että tässä tutkimuksessa luistelutaitavuus on voinut olla sekoittava tekijä, jolloin pyörätestin perusteella heikomman aerobisen kunnan omanneet ovatkin saattaneet olla jäällä esimerkiksi taloudellisempia ja kestävämpiä luistelijoita. Tämän lisäksi ei voida myöskään poissulkea pelipaikkojen ja

yksittäisten pelaajien pelityylin sekä fyysisten ominaisuuksien (muut kuin aerobiset ominaisuudet) vaikutusta pelaajien luistelun määrään ja intensiteettiin vaihtojen aikana. Optimitilanteessa tällaisessa tutkimuksessa otannan tulisivat koostua ainoastaan saman pelipaikan pelaajista, jotta pelipaikkojen kuormitukselliset erot sekoittavana tekijänä voitaisiin eliminoida. Kyseinen asetelma vaatisi kuitenkin hyvin suurta otantaa ja useammassa ottelussa mittaamista, ja tällöin sekoittavana tekijänä olisivat myös ottelut itsessään, koska jokainen ottelu on erilainen muun muassa peluutuksesta, joukkueiden taktiikasta sekä erikoistilanteiden määrästä johtuen.

Hyvän aerobisen kestävyys suorituskyvyn on osoitettu olevan melko vahvasti yhteydessä ottelun aikana liikuttuun matkaan sekä korkeatehoisen juoksun ja sprinttijuoksun määrään esimerkiksi jalkapallossa ja futsalissa (Castagna ym. 2010; Dal Pupo ym. 2020; Rebelo ym. 2014; Redkva ym. 2018). Kenttätestien tulosten yhteydestä otteluiden aikaiseen liikkumiseen on kaiken kaikkiaan selkeämpää näyttöä verrattuna fysiologisiin aerobista energia-aineenvaihduntaa kuvaaviin muuttujiin. Tämä voi hyvin selittyä sillä, että tutkitut kenttätestit ovat hyvin lajinomaisia jalkapalloseurille ja futsalille, koska ne suoritetaan juosten ja niihin sisältyy myös lajeihin olennaisesti kuuluvia suunnanmuutoksia ja kiihdytyksiä. Tässä kohtaa onkin huomioitava, että verrattuna laboratoriotesteihin kenttätestit mittaavat aerobisen energiantuottosysteemin tehokkuuden ohella monipuolisemmin myös muita kestävyys suorituskykyyn vaikuttavia ominaisuuksia, kuten anaerobista energiantuottokapasiteettia sekä hermolihaskäytön voimantuotto-ominaisuuksia. Juuri näiden syiden vuoksi kenttätestien yhteys otteluiden aikaiseen fyysiseen suorituskykyyn saattaa olla melko vahva. Tulevaisuuden jääkiekkotutkimuksissa olisivatkin hyvin suositeltavaa mitata pelaajien aerobista kuntoa lajinomaisella suoralla hapenotto kykytestillä sekä lisäksi lajinomaisella kenttätestillä, kuten jäällä suoritettavalla 30–15 IIT-testillä tai Yo-Yo-testillä. Kyseisten testien tuloksien korrelaatioita otteluiden aikaiseen luisteludataan vertaamalla voitaisiin sitten tehdä päätelmiä kestävyys suorituskyvyn eri osatekijöiden merkityksestä jääkiekossa.

*Aerobinen kunto ja kuormittuminen simuloitussa ottelussa.* Ulkoisen kuormituksen eli liikkumisen lisäksi tutkittavien sisäistä kuormitusta tutkittiin ottelun aikana syke- ja laktaattimittauksilla sekä ottelun jälkeen koetun kuormittavuuden arvioilla. Aerobisen kunnan



mukaan jaettujen ryhmien välillä ei havaittu eroja ottelun aikaisessa sisäisessä kuormittumisessa. Tutkimus antoi kuitenkin viitettä tehokkaan aerobisen energia-aineenvaihdunnan hyödyllisyydestä jääkiekossa, sillä suoran hapenottokykytestin 2. laktaattikynnyksen suhteellisen tehon, maksimityötehon sekä VO<sub>2</sub>max:n havaittiin korreloivan negatiivisesti ottelun toisen erän laktaattipitoisuuksien kanssa. Korkean aerobisen kuntotason yksi potentiaalinen kuormitusfysiologinen hyöty intensiivisessä fyysisessä kuormituksessa onkin, että se voi mahdollistaa suhteellisesti suuremman osan kokonaisenergiantuotosta aerobisesti ja siten vähentää tarvetta anaerobisella glykolyysillä tuotetulle energialle, mikä on edullista suoritustehon ylläpidon näkökulmasta (Tomlin & Wenger 2001).

*Aerobinen kunto ja palautuminen simuloidusta ottelusta.* Fyysisen suorituskyvyn (sprinttien nopein aika ja keskiaika sekä alaraajojen ojentajalihasten isometrinen maksimivoima) pitkäaikaisessa palautumisessa simuloidun ottelun jälkeen ei havaittu eroja aerobisen kunnan mukaan jaettujen ryhmien välillä. Ottaen huomioon, että koko ottelun aikaisessa ulkoisessa ja sisäisessä kuormituksessa ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä, voidaankin vetää johtopäätös, että simuloitu jääkiekko-ottelu ei ole ollut suhteellisesti raskaampi alhaisemman aerobisen kunnan ryhmän pelaajille verrattuna korkeamman aerobisen kunnan ryhmän pelaajiin. Tämän seurauksena onkin hyvin loogista, että suorituskyvyn pitkäaikaisessa palautumisessa ottelun jälkeisinä päivinä ei havaittu eroja ryhmien välillä.

Palautumistuloksien taustalla on hyvin todennäköisesti samoja selittäviä tekijöitä kuin pelaajien ottelun aikaisen liikkumisen taustalla. Erityisesti ryhmäjako polkupyöraergometrillä suoritettuna hapenottokykytestin perusteella saattaa olla merkittävä virhelähde. Korkeampi ja alhaisempi aerobisen kunnan ryhmä olisikin ollut kannattavaa muodostaa lajispesifin kestävyystestin perusteella, jolloin ottelun kuormittavuutta ja siitä palautumista olisi voitu vertailla ennen kaikkea pelaajien lajinomaisen kestävyuden näkökulmasta. Tällaisella asetelmalla onkin saatu viitettä aerobisen kunnan edullisuudesta fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaisessa palautumisessa ottelun jälkeen rugby leaguen pelaajilla (Johnston ym. 2015). Testaukseen liittyvien valintojen ohella myös pelipaikalla ja pelaajien yksilöllisillä pelityyleillä sekä lajivahvuuksilla on merkittävä vaikutus ottelun aikaiseen kuormitukseen ja siten palautumiseen ottelusta. Kuormitus ottelussa saattaa esimerkiksi erota huomattavasti

kahden eri pelipaikan ja -tyylin pelaajien välillä (vrt. esimerkiksi voimahyökkääjä ja kiekollinen taitopuolustaja). Havainnollistava esimerkki kuormituksen eroavaisuuksista saman ottelun sisällä on muun muassa se, että yksi tutkittava luisteli simuloidun ottelun aikana 4364 m, kun taas yksi tutkittava luisteli vain 3430 m, vaikka pelaajien peliaika oli täsmälleen sama. Lisäksi jälkimmäinen tutkittava luisteli huomattavasti vähemmän yli 20 km/h nopeusalueella verrattuna edelliseen tutkittavaan (97 s vs. 296 s). Näiden löydösten pohjalta voidaan myös todeta, että palautumisprosessin tehokkuuden vertailu pelaajien välillä ottelun jälkeen ei ole täysin validi tapa palautumisen tutkimiseen, koska tällöin itse kuormituksessa, josta palautumista seurataan, voi olla suuria eroja volyymin ja intensiteetin suhteen yksilöiden välillä. Tähän tutkimusasetelmaan kuitenkin päädyttiin siitä syystä, että aihetta ei ole aikaisemmin tutkittu jääkiekkoilijoilla. Lisäksi valmennuksellisen sovellusarvon näkökulmasta on erittäin tärkeää saada tietoa siitä, miten tiettyyn lajiin olennaisesti kuuluvasta fyysisestä kuormituksesta eli tässä tapauksessa jääkiekko-otteluista palaututaan, ja mitkä tekijät kyseiseen prosessiin mahdollisesti vaikuttavat.

*Tutkimuksen vahvuudet.* Tutkimuksen keskeisimpänä vahvuutena voidaan pitää tutkimuksen aihetta sekä sen kohderyhmää eli jääkiekkoilijoita. Verrattuna muihin palloilulajeihin, aerobisen kunnan merkitystä toistuvalla sprinttikyvylle sekä ennen kaikkea ottelun aikaiselle liikkumiselle on tutkittu hyvin vähän jääkiekossa, ja lisäksi aerobisen kunnan vaikutusta urheilijoiden fyysisen suorituskyvyn pitkäaikaiseen palautumiseen on toistaiseksi tutkittu vasta yhdessä tutkimuksessa (Johnston ym. 2015). Palloilun huipputasolla etenkin pitkäaikainen palautuminen on arjen tiheän ottelu- ja harjoittelurytmin vuoksi hyvin haastavaa, ja toisaalta kilpailuetua tavoitellaan nykyään jatkuvasti kaikilla fyysiseen suorituskykyyn vaikuttavilla osa-alueilla. Näiden syiden vuoksi tällä tutkimuksella voidaan todeta olevan korkea sovellusarvo käytännön urheiluvalmennukselle, ja etenkin jääkiekkovalmennuksen näkökulmasta käsitellyt tutkimusongelmat ovat relevantteja ja tutkimusasetelma on itsessään hyvin autenttinen. Verrattuna aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen, yhtenä tämän tutkimuksen selkeänä vahvuutena on myös aerobista kuntoa kuvaavien fysiologisten muuttujien merkityksen tutkiminen joukkuepalloilussa. Useimmissa tutkimuksissa aerobista kuntoa on mitattu ainoastaan aerobisella kapasiteetilla tai kestävyys suorituskyvyllä erilaisissa kenttätesteissä, mutta tässä tutkimuksessa tutkittiin myös

submaksimaalisten aerobisten ominaisuuksien (laktaattikynnykset) merkitystä toistuvalla sprinttikyvylle ja ottelun aikaisella liikkumisella.

Tutkimuksessa tutkittavien lajitausta huomioitiin tarkasti tutkimusongelmien kannalta keskeisissä mittauksissa. Suoritettu RSA-testi toteutettiin täydessä jääkiekkovarustuksessa kaukalossa luistellen, ja aerobisen kunnan muuttujien merkitystä suorituskyvylle tutkittiin lajin kilpailutilannetta simuloivassa ottelussa. Simuloitu ottelu oli myös vakioitu siten, että pelaaja oli kaikilla tutkittavilla täsmälleen sama, mikä on merkittävä vahvuus verrattuna mittaamiseen virallisissa sarjaotteluissa, joissa peluutus sekä erikoistilanteet vaikuttavat merkittävästi pelaajien kuormitukseen. Isossa kuvassa ottelusimulaation voidaan myös todeta olleen autenttinen, sillä pelattujen vaihtojen lukumäärät ja kestot sekä siten pelaajien kokonaispelaaja-aika osuivat hyvin lajille tyypillisten viitearvojen sisään. Lisäksi keskimääräinen pelaajien ottelun aikana luistelema matka ja luistelun intensiteetti (keskinopeus) olivat hyvinkin lähellä U20-ikäluokan MM-kisojen otteluissa mitattuja matkoja ja nopeuksia (Douglas & Kennedy 2019). Edellä mainittujen syiden vuoksi tutkimus mittaakin aerobisen kunnan merkitystä ottelun aikaiseen liikkumiseen ja ottelun jälkeiseen palautumiseen lajin kannalta validilla tavalla, ja antaa varsinaisten tutkimuskysymysten ohella hyvin olennaista informaatiota myös siitä, kuinka kauan fyysisen suorituskyvyn palautuminen vie ottelun jälkeen.

Merkittävänä vahvuutena tutkimuksessa oli myös tutkittavien kontrollointi palautumisen mittaamisen näkökulmasta. Simuloidun ottelun ympärillä mitattiin tutkittavien aamupainoa sekä energian- ja makroravinteiden saantia, ja lisäksi tutkittavat arvioivat yönensa määrää. Tämä mahdollisti sekoittavien tekijöiden kontrolloinnin, minkä ansiosta tutkimuksessa pystyttiin selvittämään nimenomaan aerobisen kunnan erojen merkitystä pitkäaikaisen palautumisprosessin tehokkuudessa. Ottelun aikaisen ulkoisen kuormituksen (liikkuminen) ja sisäisen kuormituksen (syke, laktaatti ja koettu kuormittavuus) mittaamista voidaan myös pitää tutkimuksen keskeisenä vahvuutena, koska kyseiset mittaukset mahdollistivat simuloidun ottelun kuormituksellisten erojen analysoinnin, mikä on keskeistä mitattaessa palautumista fyysisestä kuormituksesta.

*Tutkimuksen heikkoudet.* Yhtenä mahdollisena tulosten luotettavuuteen vaikuttaneena virhelähteenä voidaan pitää sitä, että vuorokaudenaikoja ei voitu vakioda toistetuissa suorituskykymittauksissa. Jäähallin varaustilanteesta johtuen osa mittauksista jouduttiin tekemään aamulla ja osa iltapäivällä. Fyysinen suorituskyky voi vaihdella merkitsevästikin päivän aikana (Fernandes ym. 2014), mikä onkin voinut olla sekoittava tekijä toistetuissa mittauksissa, joissa seurattiin fyysisen suorituskyvyn alenemista ja palautumista ottelun jälkeen. Toinen keskeinen virhelähde tutkimuksessa on voinut olla jo aikaisemminkin mainittu suorien hapenotto-kykytestien suorittaminen polkupyöräergometrillä ja ryhmäjaon tekeminen sen tulosten perusteella, koska kyseinen ryhmäjako ei huomioi pelaajien välisiä eroja esimerkiksi luistelun taloudellisuudessa tai aerobisessa kunnossa luistellen. Tutkimuksessa tutkittavat myös suorittivat toistuvan sprinttikykytestin ilman mailaa valokennolaitteiston ajanottovirheiden minimoimiseksi, mikä on saattanut vaikuttaa tutkittavien sprinttiaikoihin hajontaa lisäten, sillä jääkiekkoilijat ovat tottuneet luistelemaan mailan kanssa.

Kaiken kaikkiaan tutkimustulosten luotettavuuteen toistetuissa suorituskykymittauksissa on voinut vaikuttaa se, että tutkimukseen ei sisällytetty erillistä tutustumisjaksoa. Etenkin jäällä suoritettu RSA-testi oli tutkittaville entuudestaan vieras, ja esimerkiksi McGawley ja Bishop (2006) ovat suositelleet, että testitulosten reliabiliteetin varmistamiseksi toistuvaa sprinttikykytestiä tulisi harjoitella vähintään kahdesti ennen varsinaisia testejä. RSA-testin tutustumiskertojen sisällyttämisen ohella myös isometrisen voimantuoton harjoittelua jalkaprässissä olisi ollut hyvä sisällyttää tutkimukseen vielä enemmän, koska osalle tutkittavista isometrinen voimatestausta oli entuudestaan täysin vierasta, mikä näkyi suurina hajontoina tuloksissa. Tutkimuksen aikana esikevennyshyppyä ei harjoiteltu, mikä saattaa mahdollisesti selittää hyppöjen nousukorkeuden tilastollisesti merkitsevää kasvua neljännellä mittauskerralla lähtötasotesteihin verrattuna. Edellä mainituista syistä johtuen tutkimuksen aikaisen motorisen oppimisen vaikutusta tuloksiin isometrisessä voimantuotossa ja esikevennyshypyssä ei voidakaan täysin poissulkea.

Tutkimusongelmien näkökulmasta pelaajien kuormituksen määrä eli peliaika olisi toisaalta voinut olla suurempi simuloidussa ottelussa, sillä osa tutkittavista on tottunut pelaamaan virallisissa sarjaotteluissa huomattavasti enemmän. Tässä tutkimuksessa kaikkien tutkittavien

kokonaispelaiaika oli 16 min, kun taas yksittäiset pelaajat saattavat sarjaotteluissa pelata jopa 20–25 min, minkä vuoksi ottelusimulaatio saattoi olla osalle tutkittavista suhteellisen kevyt kuormitukseltaan. Suurempi peliaika simuloidussa ottelussa olisikin todennäköisesti aiheuttanut selkeämmin tutkittavien väsymistä ottelun aikana, mikä olisi mahdollistanut paremmin aerobisen kunnan merkityksen tutkimisen ottelun aikaisen väsymyksen vastustamisessa. Lisäksi merkittävämpi suorituskyvyn aleneminen ottelun jälkeen olisi mahdollistanut paremmin myös suorituskyvyn palautumisnopeuden erojen tarkastelun muodostettujen ryhmien välillä, sillä käytetty ottelusimulaatio ei aiheuttanut kaikissa suorituskykymuuttujissa tilastollisesti merkitsevää heikkenemistä. Tutkitun joukkueen vastuuvallmentajan kanssa päädyttiin kuitenkin lopulta 16 min aktiiviseen peliaikaan, koska tutkimuksesta ei haluttu koituvan joukkueen pelaajille merkittävää ylimääräistä kuormitusta kilpailukauteen valmistavalla harjoituskaudella.

Yksi tutkimuksen huomioitava heikkous oli myös lopullinen otoskoko. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 19 pelaajaa, joista 8 oli puolustajia ja 11 oli hyökkääjiä. Ryhmäjaon jälkeen molemmissa ryhmissä oli lopulta 4 puolustajaa sekä 5 hyökkääjää. Tällaisessa tutkimuksessa suuren otoskoon saavuttamisen merkitys korostuu, sillä pelipaikkojen sekä yksittäisten pelaajien pelityylien erot lisäävät huomattavasti ottelun aikaisten liikkumistulosten hajontaa otannan ollessa pieni. Optimaalisessa tilanteessa tällaisessa tutkimuksessa olisikin mukana huomattavasti enemmän tutkittavia, ja lisäksi tutkittavien pelaajien tulisi mielellään edustaa samoja pelipaikkoja.

*Yhteenveto.* Aerobinen kunto ei tämän tutkimuksen perusteella erottele jääkiekkoilijoita toistuvassa sprinttiluistelukyvyssä, jääkiekko-ottelun aikaisen luistelun määrässä ja intensiteetissä eikä ottelun jälkeisen fyysisen suorituskyvyn palautumisen nopeudessa ainakaan silloin, kun yksilöiden väliset erot aerobisessa kunnossa ovat vähäisiä. Aerobista kuntoa kuvaavat muuttajat ( $VO_{2max}$ , suoran maksimaalisen hapenottookykytestin maksimityöteho sekä laktaattikynnykset) eivät myöskään ole tutkimuksen perusteella merkitsevästi yhteydessä kykyyn toistaa maksimaalisia luistelupyrähdyksiä lyhyillä palautuksilla eivätkä jääkiekko-ottelun aikaiseen liikkumisen määrään ja intensiteettiin. Tehokkaan aerobisen energia-aineenvaihdunnan edullisuudesta jääkiekossa saatiin kuitenkin tässä tutkimuksessa viitettä, sillä  $VO_{2max}$ , suoran testin maksimityöteho ja 2.

laktaattikynnyksen suhteellinen teho korreloivat kaikki negatiivisesti ottelun 2. erän jälkeisten laktaattipitoisuuksien kanssa. Kyseinen korrelaatio viittaa mahdollisesti tehokkaampaan aerobiseen energiantuottoon ja/tai laktaatin poistoon ja hyväksikäyttöön jääkiekko-ottelun aikana paremman aerobisen kunnan omaavilla pelaajilla. Tutkimuksen keskeinen ja uniikki löydös oli lisäksi se, että jääkiekko-ottelun jälkeen fyysisen suorituskyvyn palautuminen vie ainakin noin kaksi vuorokautta.

*Sovellukset käytännön valmennukseen.* Tutkimuksen tuloksista ei tule vetää johtopäätöstä, jonka mukaan aerobinen kunto olisi toissijainen ominaisuus jääkiekkoilijoilta vaadittavassa fyysikassa. Kaiken kaikkiaan tutkimuskirjallisuus on jo pitkään osoittanut, että jääkiekon huipputasolla pelaajien aerobisen kunnan keskimääräinen taso on korkea. Tämän ja aikaisempien tutkimusten perusteella vaikuttaa kuitenkin melko vahvasti siltä, että silloin, kun pelaajien väliset erot aerobisessa kunnossa ovat vähäisiä ja tietty vähimmäistaso on jo saavutettu, eivät aerobiset ominaisuudet ole ratkaisevassa asemassa esimerkiksi lajinomaisen fyysisen suorituskyvyn näkökulmasta. Palloilulajien käytännön urheiluvalmennuksessa olennaista onkin selvittää lajianalyysiin syventyen lajin kannalta riittävät tasot esimerkiksi aerobisen kunnan osalta, ja kyseisen tason saavuttamisen jälkeen suositeltavaa on maksimoida yksilön lajitaitojen sekä muiden fyysisten ominaisuuksien harjoitteluun käytettävä aika. Liiallinen aerobiseen kestävyysharjoitteluun panostaminen voi esimerkiksi häiritä lajin kannalta tärkeän nopean voimantuottokyvyn kehittymistä (Wilson ym. 2012).

Toinen suositeltava sovellus käytännön urheiluvalmennukseen tämän tutkimuksen pohjalta on palautumisen huomiointi jääkiekkoilijoiden kilpailukauden aikana. Suorituskyvyn palautuminen ottelua edeltäneelle tasolle vie ainakin kaksi vuorokautta, ja mahdollisesti jopa pidempäänkin etenkin paljon pelaavilla yksilöillä sekä kauden otteluruuhkien aikana. Mikäli pelaajien fyysinen suorituskyky halutaan kauden aikana optimoida otteluihin, on pelipäivien jälkeisinä päivinä suositeltavaa panostaa palautumiseen harjoittelua keventämällä. Toisaalta kuitenkin harjoittelun yksilöinti joukkueen sisällä on erittäin suositeltavaa otteluissa kertyneen kuormituksen perusteella. Selkeästi vähemmän peliaikaa saaneilla pelaajilla ottelun vähäisempi kuormitus mahdollistaa esimerkiksi otteluiden jälkeen tai ottelupäivien välissä laadukkaan fyysisten ominaisuuksien harjoittelun, kun taas runsaasti pelanneiden yksilöiden on suositeltavaa keskittyä palautumisen optimointiin.

## LÄHTEET

- Allard, P., Martinez, R., Deguire, S. & Tremblay, J. 2022. In-Season Session Training Load Relative to Match Load in Professional Ice Hockey. *Journal of strength and conditioning research* 36 (2), 486–492.
- American College of Sports Medicine, Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J. & Stachenfeld, N. S. 2007. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (2), 377-390.
- Archiza, B., Andaku, D. K., Beltrame, T., Libardi, C. A. & Borghi-Silva, A. 2020. The Relationship Between Repeated-Sprint Ability, Aerobic Capacity, and Oxygen Uptake Recovery Kinetics in Female Soccer Athletes, *Journal of Human Kinetics* 75 (1), 115–126.
- Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Casa, D. J., Ganio, M. S., McDermott, B. P., Yamamoto, L. M., Lopez, R. M. & Emmanuel, H. 2010. The American football uniform: uncompensable heat stress and hyperthermic exhaustion. *Journal of athletic training* 45 (2), 117–127.
- Armstrong, N. & McNarry, M. 2016. Aerobic Fitness and Trainability in Healthy Youth: Gaps in Our Knowledge. *Pediatric Exercise Science* 28 (2), 171–177.
- Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L. & Magalhães, J. 2008. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry* 41 (10-11), 841-851.
- Aziz, A. R., Chia, M. & Teh, K. C. 2000. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 40 (3), 195-200.
- Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y. & Teh, K. C. 2007. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 47 (4), 401-407.

- Balsom, P. D., Gaitanos, G. C., Ekblom, B. & Sjödín, B. 1994a. Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiologica Scandinavica* 152 (3), 279-285.
- Balsom, P. D., Ekblom, B. & Sjödín, B. 1994b. Enhanced oxygen availability during high intensity intermittent exercise decreases anaerobic metabolite concentrations in blood. *Acta Physiologica Scandinavica* 150 (4), 455–456.
- Bangsbo, J. 2015. Performance in sports - With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25 (S4), 88–99.
- Bassett, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (1), 70–84.
- Bishop, D & Edge, J. 2006. Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance 97 (4), 373–379.
- Bishop, P. A., Jones, E. & Woods, A. K. 2008. Recovery From Training: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22 (3), 1015–1024.
- Bishop, D., Lawrence, S. & Spencer, M. 2003. Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6 (2), 199-209.
- Black, G. M., Gabbett, T. J., Johnston, R. D., Cole, M. H., Naughton, G. & Dawson, B. 2017. The Influence of Physical Qualities on Activity Profiles of Female Australian Football Match Play. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13 (4), 524-529.
- Bosquet, L., Duchene, A., Dupont, G., Leger, L. & Carter, H. 2007. VO<sub>2</sub> Kinetics during Supramaximal Exercise: Relationship with Oxygen Deficit and 800-m Running Performance. *International Journal of Sports Medicine* 28 (6), 518–524.
- Bueno, C. A., de Araujo Ribeiro-Alvares, J. B., Oliveira, G. D. S., Grazioli, R., Veeck, F., Pinto, R. S., Cadore, E. L. & Baroni, B. M. 2021. Post-match recovery of eccentric knee flexor strength in male professional football players. *Physical Therapy in Sport* 47, 140-146.
- Bueno, M., Caetano, F., Pereira, T., Souza, N., Moreira, G., Nakamura, F. Yuzo, Cunha, S. & Moura, F. 2014. Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports Biomechanics* 13 (3), 230–240.



- Burnley, M. & Jones, A. M. 2007. Oxygen kinetics as a determinant of sports performance. *European Journal of Sport Science* 7 (2), 63–79.
- Castagna, C., Manzi, V., Impellizzeri, F., Weston, M. & Alvarez, J. C. B. 2010. Relationship Between Endurance Field Tests and Match Performance in Young Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (12), 3227-3233.
- Carey, D. G., Drake, M. M., Pliego, G. J. & Raymond, R. L. 2007. Do Hockey Players Need Aerobic Fitness? Relation Between Vo<sub>2</sub>max and Fatigue During High-Intensity Intermittent Ice Skating. *Journal of Strength and Conditioning research* 21 (3), 963-966.
- Chatzinikolaou, A., Christoforidis, C., Avloniti, A., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Stampoulis, T., Ermidis, G., Sovatzidis, A., Papassotiriou, I., Kambas, A. & Fatouros, I. G. 2014. A microcycle of inflammation following a team handball game. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (7), 1981-1994.
- Chiarlitti, N. A., Crozier, M., Insogna, J. A., Reid, R. & Delisle-Houde, P. 2021. Longitudinal Physiological and Fitness Evaluations in Elite Ice Hockey: A Systematic Review. *Journal of strength and conditioning research* 35 (10), 2963–2979.
- Cox, M. H., Miles, D. S., Verde, T. J. & Rhodes, E. C. 1995. Applied Physiology of Ice Hockey. *Sports Medicine* 19 (3), 184–201.
- Dal Pupo, J., Barth, J., Moura, F. A. & Detanico, D. 2020. Physical capacities related to running performance during simulated matches in young futsal players. *Sport Sciences for Health* 16 (4).
- Daly, L. S., Catháin, C. Ó. & Kelly, D. T. 2020. Gaelic Football Match-Play: Performance Attenuation and Timeline of Recovery. *Sports* 8 (12), 166.
- Daneshfar, A., Gahreman, D. E., Koozehchian, M. S., Amani Shalamzari, S., Hassanzadeh Sablouei, M., Rosemann, T., Knechtle, B. & Nikolaidis, P. T. 2018. Multi Directional Repeated Sprint Is a Valid and Reliable Test for Assessment of Junior Handball Players. *Frontiers in physiology* 9, 317.
- Dardouri, W., Selmi, M. A., Sassi, R. H., Gharbi, Z., Rebhi, A., Yahmed, M. H. & Moalla, W. 2014. Relationship Between Repeated Sprint Performance and both Aerobic and Anaerobic Fitness. *Journal of human kinetics* 40, 139–148.

- Davis, J. K., Baker, L. B., Barnes, K., Ungaro, C. & Stofan, J. 2016. Thermoregulation, Fluid Balance, and Sweat Losses in American Football Players. *Sports Medicine* 46 (10), 1391-1405.
- Doeven, S. H., Brink, M. S., Kosse, S. J. & Lemmink, K. 2018. Postmatch recovery of physical performance and biochemical markers in team ball sports: a systematic review. *BMJ open sport & exercise medicine* 4 (1), e000264.
- Doncaster, G., Marwood, S., Iga, J. & Unnithan, V. 2016. Influence of oxygen uptake kinetics on physical performance in youth soccer. *European Journal of Applied Physiology* 116 (9), 1781–1794.
- Douglas, A. S. & Kennedy, C. R. 2020. Tracking In-Match Movement Demands Using Local Positioning System in World-Class Men's Ice Hockey. *Journal of strength and conditioning research* 34 (3), 639–646.
- Duffield, R., Murphy, A., Snape, A., Minett, G. M. & Skein, M. 2012. Post-match changes in neuromuscular function and the relationship to match demands in amateur rugby league matches. *Journal of Science and Medicine in Sport* 15 (3), 238-243.
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C. & Berthoin, S. 2005. Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology* 95 (1), 27–34.
- Durocher, J. J., Guisfredi, A. J., Leetun, D. T. & Carter, J. R. 2010. Comparison of on-ice and off-ice graded exercise testing in collegiate hockey players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 35 (1), 35–39.
- Edge, J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B. & Goodman, C. 2006. Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology* 96 (3), 225-234.
- Fatouros, I. G., Chatzinikolaou, A., Douroudos, I., Nikolaidis, M. G., Kyparos, A., Margonis, K., Michailidis, Y., Vantarakis, A., Taxildaris, K., Katrabasas, I., Mandalidis, D., Kouretas, D. & Jamurtas, A. Z. 2010. Time-Course of Changes in Oxidative Stress and Antioxidant Status Responses Following a Soccer Game. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (12), 3278-3286.
- Ferland, P. M., Marcotte-L'Heureux, V., Roy, P., Carey, V. D., Charron, J., Lagrange, S., Leone, M. & Comtois, A. S. 2021. Maximal Oxygen Consumption Requirements in

- Professional North American Ice Hockey. *Journal of strength and conditioning research* 35 (6), 1586–1592.
- Fernandes, A. L., Lopes-Silva, J. P., Bertuzzi, R., Casarini, D. E., Arita, D. Y., Bishop, D. J. & Lima-Silva, A. E. 2014. Effect of time of day on performance, hormonal and metabolic response during a 1000-M cycling time trial. *PLoS One* 9 (10), e109954.
- Figueira, B., Goncalves, B., Folgado, H., Masiulis, N., Calleja-Gonzalez, J. & Sampaio, J. 2018. Accuracy of a Basketball Indoor Tracking System Based on Standard Bluetooth Low Energy Channels (NBN23R). *Sensors* 18 (6), 1940.
- Gastin, P. B. 2001. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine* 31 (10), 725-741.
- Gaskill, S. E., Ruby, B. C., Walker, A. J., Sanchez, O. A., Serfass, R. C. & Leon, A. S. 2001. Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33 (11), 1841-1848.
- Gharbi, Z., Dardouri, W., Haj-Sassi, R., Chamari, K., Souissi, N. 2015. Aerobic and anaerobic determinants of repeated sprint ability in team sports athletes. *Biology of Sport* 32 (3), 207–212.
- Gifford, J. R., Garten, R. S., Nelson, A. D., Trinity, J. D., Layec, G., Witman, M. A., Weavil, J. C., Mangum, T., Hart, C., Etheredge, C., Jessop, J., Bledsoe, A., Morgan, D. E., Wray, D. W., Rossman, M. J. & Richardson, R. S. 2016. Symmorphosis and skeletal muscle  $\dot{V}O_2$  max: in vivo and in vitro measures reveal differing constraints in the exercise-trained and untrained human. *The Journal of physiology* 594 (6), 1741–1751.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A. & Bishop, D. 2011. Repeated-Sprint Ability — Part I. *Sports Medicine* 41 (8), 673–694.
- Green, H., Bishop, P., Houston, M., McKillop, R., Norman, R. & Stothart, P. 1976. Time-motion and physiological assessments of ice hockey performance. *Journal of applied physiology* 40 (2), 159–163.
- Green, M. R., Pivarnik, J. M., Carrier, D. P. & Womack, C. J. 2006. Relationship between physiological profiles and on-ice performance of a National Collegiate Athletic Association Division I hockey team. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20, 43–46.

- Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A. & Chamari, K. 2017. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in neuroscience* 11, 612.
- Haugen, T., Hopkins, W., Breitschädel, F., Paulsen, G. & Solberg, P. 2021. Fitness Tests and Match Performance in a Male Ice Hockey National League. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 3, 1-8.
- Hill, D. W. 1999. Energy system contributions in middle-distance running events. *Journal of Sports Sciences* 17 (6), 477-483.
- Holloszy, J. O. & Coyle, E. F. 1984. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology* 56 (4), 831–838.
- Hunkin, S. L., Fahrner, B. & Gastin, P. B. 2014. Creatine kinase and its relationship with match performance in elite Australian Rules football. *Journal of Science and Medicine in Sport* 17 (3), 332–336.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., Margonis, K., Chatzinikolaou, A., Kalistratos, E., Katrabasas, I., Alexiou, V. & Taxildaris, K. 2008. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine* 18 (5), 423-431.
- Jackson, J., Snyder, G., Game, A. & Gervais, P. 2016. Movement characteristics and heart rate profiles displayed by female university ice hockey players. *International Journal of Kinesiology and Sports Science* 4 (1), 43-54.
- Jackson, J., Snyder, G., Game, A., Gervais, P. & Bell, G. (2017). Investigation of positional differences in fitness of male university ice hockey players and the frequency, time spent and heart rate of movement patterns during competition. *International Journal of Kinesiology & Sports Science* 5 (3), 6-15.
- Jacobs, I., Westlin, N., Karlsson, J., Rasmusson, M. & Houghton, B. 1982. Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *Eur Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 48 (3), 297-302.
- Jamurtas, A. Z., Douroudos, I. I., Deli, C. K., Draganidis, D., Chatzinikolaou, A., Mohr, M., Avloniti, A., Barbero-Álvarez, J. C., Margonis, K., Mavropalias, G., Stampoulis, T., Giannakidou, D., Flouris, A. D., Koutedakis, Y. & Fatouros, I. G. 2015. Iron status

- markers are only transiently affected by a football game. *Journal of Sports Sciences* 33 (20), 2088-2099.
- Johnston, R. D., Gabbett, T. J., Jenkins, D. G. & Hulin, B. T. 2015. Influence of physical qualities on post-match fatigue in rugby league players. *Journal of Science and Medicine in Sport* 18 (2), 209–213.
- Joyner, M. J. & Coyle, E. F. 2008. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *The Journal of Physiology* 586 (1), 35-44.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M. & Bangsbo, J. 2006. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38 (6), 1165-1174.
- Krustrup, P., Ortenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Iaia, F. M., Madsen, K., Stephens, F., Greenhaff, P. & Bangsbo, J. 2011. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *European Journal of Applied Physiology* 111 (12), 2987-2995.
- Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjøkvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T. & Curtner-Smith, M. 2011. A Practical Approach to Monitoring Recovery: Development of a Perceived Recovery Status Scale. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (3), 620–628.
- Lignell, E., Fransson, D., Krustrup, P. & Mohr, M. 2018. Analysis of high-intensity skating in top-class ice hockey match-play in relation to training status and muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (5), 1303–1310.
- Lowery, M. R., Tomkinson, G. R., Peterson, B. J. & Fitzgerald, J. S. 2018. The relationship between ventilatory threshold and repeated-sprint ability in competitive male ice hockey players. *Journal of Exercise Science & Fitness* 16 (1), 32–36.
- McGawley, K. & Bishop, D. 2006. Reliability of a 5 × 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *European Journal of Applied Physiology* 98, 383–393.
- McMahon, S. & Wenger, H. A. 1998. The Relationship Between Aerobic Fitness and Both Power Output and Subsequent Recovery During Maximal Intermittent Exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 1 (4), 219–227.

- McNeely, E., Millette, S., Brunet, K. & Wilson, K. 2010. VO2 Max And Lactate Recovery Are Related To Repeat Sprint Ability In College Hockey Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24.
- Meckel, Y., Machnai, O. & Eliakim A. 2009. Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (1), 163-169.
- Minett, G. M. & Duffield, R. 2014. Is recovery driven by central or peripheral factors? A role for the brain in recovery following intermittent-sprint exercise. *Frontiers in physiology* 5, 24.
- Montgomery, D. L. 1988. Physiology of Ice Hockey. *Sports Medicine* 5 (2), 99–126.
- Narazaki, K., Berg, K., Stergiou, N. & Chen, B. 2009. Physiological demands of competitive basketball. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19 (3), 425–432.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S. & Dupont, G. 2012. Recovery in soccer: part I - post-match fatigue and time course of recovery. *Sports medicine* 42 (12), 997–1015.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S. & Dupont, G. 2014. The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (6), 1517-1523.
- Neeld, K. 2018. Preparing for the Demands of Professional Hockey. *Strength and Conditioning Journal* 40 (2), 1–16.
- Noonan, B. C. 2010. Intragame blood-lactate values during ice hockey and their relationships to commonly used hockey testing protocols. *Journal of strength and conditioning research* 24 (9), 2290–2295.
- Nuccio, R. P., Barnes, K. A., Carter, J. M. & Baker, L. B. 2017. Fluid Balance in Team Sport Athletes and the Effect of Hypohydration on Cognitive, Technical, and Physical Performance. *Sports medicine* 47 (10), 1951–1982.
- Nummela, A. 2017. Kestävyyssuorituskykyä suorituksen taloudellisuutta parantamalla. *Liikunta & Tiede* 54, 22–26.
- Nummela, A. & Peltonen, J. 2018. Suorat testit. Teoksessa K. L. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Fyysisen kunnon mittaaminen – käsi- ja oppikirja kuntotestaajille*. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura Ry, 79–101.

- Paavolainen, L., Häkkinen, K., Hämmäläinen, I., Nummela, A. & Rusko, H. 1999. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *Journal of Applied Physiology* 86 (5), 1527–1533.
- Peterson, B. J., Fitzgerald, J. S., Dietz, C. C., Ziegler, K. S., Ingraham, S. J., Baker, S. E. & Snyder, E. M. 2015. Aerobic Capacity Is Associated With Improved Repeated Shift Performance in Hockey. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (6), 1465–1472.
- Phomsoupha, M., Berger, Q. & Laffaye, G. 2018. Multiple Repeated Sprint Ability Test for Badminton Players Involving Four Changes of Direction: Validity and Reliability (Part 1). *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (2), 423-431.
- Pliauga, V., Kamandulis, S., Dargevičiūtė, G., Jaszczanin, J., Klizienė, I., Stanislovaitienė, J. & Stanislovaitis, A. 2015. The Effect of a Simulated Basketball Game on Players' Sprint and Jump Performance, Temperature and Muscle Damage. *Journal of human kinetics* 46, 167–175.
- Quistorff, B., Johansen, L. & Sahlin, K. 1993. Absence of phosphocreatine resynthesis in human calf muscle during ischaemic recovery. *Biochemical Journal* 291 (3), 681–686.
- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A. & Sassi, A. 2011. Match-related fatigue in soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (11), 2161–2170.
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J. & Wisløff, U. 2009a. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport* 12 (1), 227-233.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M. & Coutts, A. J. 2009b. Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 34 (6), 1048–1054.
- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J. & Krstrup, P. 2014. Physical match performance of youth football players in relation to physical capacity. *European Journal of Sport Science* 13 (1), 148-156.
- Redkva, P. E., Paes, M. R., Fernandez, R. & da-Silva, S. 2018. Correlation Between Match Performance and Field Tests in Professional Soccer Players. *Journal of Human Kinetics* 62, 213-219.

- Rhodes, D., McNaughton, L. & Greig, M. 2019. The temporal pattern of recovery in eccentric hamstring strength post-soccer specific fatigue. *Research in Sports Medicine* 27 (3), 339-350.
- Rodríguez-Fernández, A., Sanchez-Sanchez, J., Ramirez-Campillo, R., Nakamura, F. Y., Rodríguez-Marroyo, J. A. & Villa-Vicente, J. G. 2019. Relationship Between Repeated Sprint Ability, Aerobic Capacity, Intermittent Endurance, and Heart Rate Recovery in Youth Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33 (12), 3406-3413.
- Rowell, A. E., Aughey, R. J., Hopkins, W. G., Stewart, A. M. & Cormack, S. J. 2017. Identification of Sensitive Measures of Recovery After External Load From Football Match Play. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12 (7), 969-976.
- Sanders, G. J., Turner, Z., Boos, B., Peacock, C. A., Peveler, W. & Lipping, A. 2017. Aerobic Capacity is Related to Repeated Sprint Ability with Sprint Distances Less Than 40 Meters. *International journal of exercise science* 10 (2), 197–204.
- Silva, J. R., Ascensão, A., Marques, F., Seabra, A., Rebelo, A. & Magalhães, J. 2013. Neuromuscular function, hormonal and redox status and muscle damage of professional soccer players after a high-level competitive match. *European Journal of Applied Physiology* 113 (9), 2193-2201.
- Skorski, S., Hammes, D., Schwindling, S., Veith, S., Pfeiffer, M., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Meyer, T. 2015. Effects of training-induced fatigue on pacing patterns in 40-km cycling time trials. *Medicine and science in sports and exercise* 47 (3), 593–600.
- Skorski, S., Mujika, I., Bosquet, L., Meeusen, R., Coutts, A. J. & Meyer, T. 2019. The Temporal Relationship Between Exercise, Recovery Processes, and Changes in Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 14 (8), 1015-1021.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B. & Goodman, C. 2005. Physiological and Metabolic Responses of Repeated-Sprint Activities. *Sports Medicine* 35 (12), 1025–1044.
- Spencer, M. R. & Gastin, P. B. 2001. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 33 (1), 157-162.



- Stanley, J., Peake, J. M. & Buchheit, M. 2013. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports medicine* 43 (12), 1259–1277
- Stanula, A. J., Gabryś, T. T., Rocznio, R. K., Szmatlan-Gabryś, U. B., Ozimek, M. J. & Mostowik, A. J. 2016. Quantification of the Demands During an Ice-Hockey Game Based on Intensity Zones Determined From the Incremental Test Outcomes. *Journal of strength and conditioning research* 30 (1), 176–183.
- Stanula, A., Rocznio, R., Maszczyk, A., Pietraszewski, P. & Zajac, A. 2014. The Role of Aerobic Capacity in High-Intensity Intermittent Efforts in Ice-Hockey. *Biology of Sport* 31 (3), 193–199.
- Thébault, N., Léger, L. A. & Passelergue, P. 2011. Repeated-Sprint Ability and Aerobic Fitness. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (10), 2857–2865.
- Thomas, K., Dent, J., Howatson, G. & Goodall, S. 2017. Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue after Simulated Soccer Match Play. *Medicine and science in sports and exercise* 49 (5), 955–964.
- Tomlin, D.L. & Wenger, H.A. 2001. The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. *Sports Medicine* 31 (1), 1–11.
- Verheul, J., Nedergaard, N. J., Vanrenterghem, J. & Robinson, M. A. 2020. Measuring biomechanical loads in team sports – from lab to field. *Science and Medicine in Football* 4 (3), 246-252.
- Vigh-Larsen, J. F., Beck, J. H., Daasbjerg, A., Knudsen, C. B., Kvorning, T., Overgaard, K., Andersen, T. B. & Mohr, M. 2019. Fitness characteristics of elite and subelite male ice hockey players: A cross-sectional study. *Journal of Strength & Conditioning Research* 33 (9), 2352-2360.
- Vigh-Larsen, J. F., Ermidis, G., Rago, V., Randers, M. B., Fransson, D., Nielsen, J. L., Gliemann, L., Piil, J. F., Morris, N. B., DE Paoli, F. V., Overgaard, K., Andersen, T. B., Nybo, L., Krstrup, P. & Mohr, M. 2020. Muscle Metabolism and Fatigue during Simulated Ice Hockey Match-Play in Elite Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 52 (10), 2162-2171.
- Wadley, G. & Le Rossignol, P. 1998. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *Journal of Science and Medicine in Sport* 1 (2), 100-110.

- West, D. J., Finn, C. V., Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Jones, M. R., Harrington, B. J., Crewther, B. T., Cook, C. J. & Kilduff, L. P. 2014. Neuromuscular Function, Hormonal, and Mood Responses to a Professional Rugby Union Match. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (1), 194–200.
- Williams, V. J., Hayes, J. P., Forman, D. E., Salat, D. H., Sperling, R. A., Verfaellie, M. & Hayes, S. M. 2017. Cardiorespiratory fitness is differentially associated with cortical thickness in young and older adults. *Neuroimage* 146, 1084–1092.
- Wilson, J. M., Marin, P. J., Rhea, M. R., Wilson, S. M., Loenneke, J. P. & Anderson, J. C. 2012. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *Journal of strength and conditioning research* 26 (8), 2293–2307.
- Wisløff, U., Helgerud, J. & Hoff, J. 1998. Strength and endurance of elite soccer players. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30 (3), 462-467.
- Wollin, M., Thorborg, K. & Pizzari, T. 2018. Monitoring the effect of football match congestion on hamstring strength and lower limb flexibility: Potential for secondary injury prevention? *Physical Therapy in Sport* 29, 14-18.
- Wollin, M., Thorborg, K. & Pizzari, T. 2017. The acute effect of match play on hamstring strength and lower limb flexibility in elite youth football players. *Scandinavian Journal Medicine & Science in Sports* 27 (3), 282-288.
- Young, W. B., Hepner, J. & Robbins, D. W. 2012. Movement demands in Australian rules football as indicators of muscle damage. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (2), 492-496.
- Åkermark, C., Jacobs, I., Rasmusson, M. & Karlsson, J. 1996. Diet and Muscle Glycogen Concentration in Relation to Physical Performance in Swedish Elite Ice Hockey Players. *International Journal of Sport Nutrition* 6 (3), 272–284.

# LIITTEET

Liite 1. Tutkittavien terveydentilan ja tutkimukseen soveltuvuuden kartoittamisessa käytetty esitietolomake.



Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU

05/09/2016

## ESITIETOLOMAKE

Nimi: \_\_\_\_\_ Synt.aika: \_\_\_\_\_

Oireet viimeisen 6 kk aikana:	Kyllä	Ei	En osaa sanoa
1. Onko sinulla ollut rintakipuja?			
2. Onko sinulla ollut rasituksen liittyvää hengenahdistusta?			
3. Onko sinulla ollut huimauksia?			
4. Onko sinulla ollut rytmihäiriötuntemuksia?			
5. Onko sinulla ollut harjoittelua estäviä kipuja liikuntaelimissä? Missä?			
6. Oletko tuntenut ylikuormitus- tai stressioireita?			

Todetut sairaudet: Onko sinulla tai onko sinulla ollut jokin/joitakin seuraavista? (ympyröi)

01 sepelvaltimotauti	02 sydäninfarkti	03 kohonnut verenpaine	04 sydänlappäpö
05 aivohalvaukset	06 aivoverenkierron häiriö	07 sydämen rytmihäiriö	08 sydämentahdistin
09 sydänlihassairaus	10 syvä laskimotukos	11 mui verisuonisairaus	12 krooninen bronkiitti
13 keuhkolaajentuma	14 astma	15 mui keuhkosairaus	16 allergia
17 kilpirauhasen toimintahäiriö	18 diabetes	19 anemia	20 korkea veren kolesteroli
21 nivelreuma	22 nivelrikko, -kulumat	23 krooninen selkäsairaus	24 mahahaava
25 pallea-, nivus- tai napatyry	26 ruokatorven tulehdus	27 kasvain tai syöpä	28 leikkaukset
29 mielenterveyden ongelma	30 tapaturma äskettäin	31 matala veren K tai Mg	32 kohonnut silmänpaine
33 näön tai kuulon heikkous	34 urheiluvamma äskettäin		

muuta sairauksia tai oireita, mitä: \_\_\_\_\_

Lääkitys: Käytätkö jotain lääkitystä tai lääkettä säännöllisesti tai usein? 1 En 2 Kyllä, mitä: \_\_\_\_\_

Tupakoitko? 1 En 2 Kyllä

Raskaus/synnytykset: 1 Olen raskaana, raskausviikko \_\_\_\_\_ 2 Olen synnyttänyt \_\_\_\_\_ kk / v sitten

Kuumetta, flunssaista oloa tai muuten poikkeavaa väsymystä viimeisen kahden viikon aikana:

1 Ei 2 Kyllä

Kauanko on kulunut aikaa viimeisestä aterianstä \_\_\_\_\_ h, viimeisestä kofeiinipitoisesta juomasta (kahvi, tee, energia- tai kolajuoma) \_\_\_\_\_ h, viimeisestä alkoholijuomasta \_\_\_\_\_ h / vrk

Kahden edeltävän päivän harjoitukset:

Eilisen päivän harjoitus: \_\_\_\_\_

Edellisen päivän harjoitus: \_\_\_\_\_

Onko lähisuvussasi ennenaikaiseen kuolemaan johtaneita sydänsairauksia? 1 Ei 2 Kyllä

Lähisukulainen? \_\_\_\_\_ Minkä ikäisenä? \_\_\_\_\_

Onko todettu synnynnäinen sydänvika? \_\_\_\_\_

Olen vastannut kysymyksiini rehellisesti parhaan tietämykseni mukaan

Päivä \_\_\_\_\_ Allekirjoitus \_\_\_\_\_

Liite 2. Aerobisen kunnon muuttujien korrelaatiot simuloidun ottelun aikaisiin liikkumismuuttujiin, keskisykkeisiin (% MAX), veren laktaattipitoisuuksiin sekä ottelun koettuun kuormittavuuteen.

	LK <sub>1</sub> (W/kg)	LK <sub>1</sub> (%MAX)	LK <sub>2</sub> (W/kg)	LK <sub>2</sub> (%MAX)	MAX W/kg	VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)
Matka (m)	r = -0.29	r = -0.37	r = 0.03	r = 0.03	r = 0.02	r = -0.23
Keskinopeus (km/h)	r = -0.29	r = -0.37	r = 0.03	r = 0.01	r = 0.02	r = -0.24
Huippunopeus (km/h)	<b>r = 0.49*</b>	r = 0.24	r = 0.36	r = 0.10	r = 0.36	r = 0.46
Kiihdytykset (n)	r = 0.31	r = 0.11	r = 0.40	r = 0.27	r = 0.31	r = 0.53
Jarrutukset (n)	r = 0.39	r = 0.31	r = 0.17	r = 0.07	r = 0.18	<b>r = 0.57*</b>
T0-10 km/h	r = 0.36	r = 0.40	r = 0.04	r = 0.02	r = 0.04	r = 0.44
T10-15 km/h	r = 0.19	r = 0.32	r = -0.16	r = -0.13	r = -0.10	r = -0.05
T15-20 km/h	<b>r = -0.49*</b>	r = -0.44	r = -0.09	r = 0.07	r = -0.14	<b>r = -0.78**</b>
T>20 km/h	r = -0.17	r = -0.28	r = 0.08	r = 0.01	r = 0.08	r = -0.02
HR <sub>1.erä</sub>	r = 0.30	<b>r = 0.54*</b>	r = -0.20	r = -0.07	r = -0.20	r = 0.05
HR <sub>2.erä</sub>	r = 0.26	<b>r = 0.53*</b>	r = -0.30	r = -0.19	r = -0.22	r = 0.01
HR <sub>3.erä</sub>	r = 0.14	<b>r = 0.48*</b>	r = -0.37	r = -0.16	r = -0.33	r = -0.11
La <sub>1.erä</sub>	r = 0.10	r = 0.41	r = -0.37	r = -0.14	r = -0.36	r = -0.41
La <sub>2.erä</sub>	r = -0.03	r = 0.44	<b>r = -0.50*</b>	r = -0.10	<b>r = -0.53*</b>	<b>r = -0.59*</b>
La <sub>3.erä</sub>	r = 0.09	r = 0.36	r = -0.26	r = -0.07	r = -0.28	r = -0.38
sRPE	r = -0.10	r = -0.10	r = 0.01	r = 0.05	r = -0.04	r = -0.26

r = Pearsonin korrelaatiokerroin; HR = keskisyke (% MAX); La = veren laktaattipitoisuus; \* p < 0.05 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio; \*\* p < 0.01 tilastollisesti merkitsevä korrelaatio; VO<sub>2</sub>max:n osalta n = 13, muissa muuttujissa n = 19