

**HYÖKKÄYSVAUHDIN VAIKUTUS MAALINTEKOON JÄÄKIEKON
SUORAHYÖKKÄYSPELAAMISESSA TASAKENTÄLLISIN**

Jaakko Heikkilä

Biomekaniikan pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2024

Ohjaajat: Taija Juutinen & Marko Haverinen

TIIVISTELMÄ

Heikkilä, J. 2024. Hyökkäysvauhdin vaikutus maalintekoon jääkiekon suorahyökkäyspelaamisessa tasakentällisin. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Biomekaniikan pro gradu -tutkielma, s.54, 1 liite.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hyökkäysvauhdin vaikutusta maalintekoon jääkiekon suorahyökkäyspelaamisessa tasakentän. Tutkimuksen aineistona käytettiin kaikkien 15 joukkueen SM-liiga kaudella 2022-2023 tasakentän suorittamia suorahyökkäystilanteita. Aineisto kerättiin WiseHockey:n automaattisesti tuottaman älykiekkodatan avulla kiekollisen pelaajan nopeudesta hyökkäyssiniviivan päällä sekä analysoitiin Jamovi tilastointiohjelmistolla käyttäen riippumattomien otosten t-testiä, yksisuuntaista Anovaa, Khiin neliötestiä sekä Pearsonin korrelaatiota. Tutkimuksessa analysoitiin 11 397 suorahyökkäystä hyökkäysvauhdin, maaliodottaman (xG), laukauksen lopputuleman sekä sarjasijoituksen osalta. Lisäksi maaliin johtaneista hyökkäyksistä (495) analysoitiin tarkemmin hyökkäyksen voimasuhde, siniviivan ylityskohta sekä mahdollinen pystysuuntaisen keskilinjan rikkominen keskialueella.

Jääkiekko on fyysisesti ja kognitiivisesti vaativa korkean intensiteetin pallopeti, jossa tulee paljon eri nopeuksisia kiihdytyksiä, jarrutuksia, suunnanmuutoksia sekä vartalokontakteja. Aiemmat tutkimukset osoittavat lähtökiihdytyksellä olevan olennainen merkitys hyökkäysvauhtiin, jolloin pelaajalta vaaditaan korkeaa tehon- sekä voimantuottoa ottelun aikana. Maalinteon todennäköisyys kasvaa alueelle mentäessä kontrolloidusti sekä on todennäköisintä lähimpänä maalia olevalta alueelta nopealla laukauksella lyhentäen maalivahdin aikaa torjuntatyöskentelyyn. Tutkimusnäytön perusteella huippu-urheilijan yksi merkittävimpiä ominaisuuksia on kyky keskittyä sekä havainnoida ympäristöään ja yhdistää havaittu informaatio kognitiiviseen päätöksentekoon jatkuvasti muuttuvassa dynaamisessa ympäristössä.

Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää korkeampien hyökkäysvauhtien ($>4,72\text{m/s}$) tuottavan enemmän maaleja kuin matalammat vauhdit. Hyökkäysvauhdin osalta suurin osa (58,4%) tutkimuksen maaleista syntyi vauhtialueella 6,6-8,7 m/s ($p < 0.001$). Tätä korkeammilla vauhteilla maalimäärät vähenivät, jolloin kiekollisen absoluuttisen maksiminopeuden vaikutus suorahyökkäyksen maalintekoon vaikuttaisi olevan oletettua vähäisempi ($p < 0.001$). Hyökkäysvauhdilla ei havaittu tilastollista merkitsevyyttä xG:n, voimasuhteen, keskilinjan rikkomisen eikä siniviivan ylityskohdan välillä. Keskilinjan rikkominen lisäsi hyökkäysvauhtien keskinopeutta mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Hyökkäysvauhdilla ja sarjasijoituksella ei ollut merkitsevää tilastollista yhteyttä.

Johtopäätöksenä voidaan pitää jääkiekon dynaamisen kompleksisuuden vuoksi pelaajan havaintomotoristen taitojen merkitystä pelitilanteiden ratkaisuissa maksimaalisen vauhdin tavoittelun sijaan. Maalin syntymiseen tarvitaan riittävän korkea hyökkäysvauhti ilman, että pelin edellyttämä yksilön havaintomotorisen taidon kehitys kärsii. Korkean nopeuksien tilanteissa huippupelaajien tehokkaammat informaation etsintästrategiat yhdistettynä nopeampaan kognitiiviseen päätöksentekoon korostunevat entisestään.

Asiasanat: hyökkäysvauhti, maaliodottama, voimasuhde, dynaaminen kompleksisuus

ABSTRACT

Heikkilä, J. 2024. Does high velocity have an impact on scoring in ice-hockey rush situations at even strength: Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, Wellness technology, pp 54. 1 appendices.

The aim of this study was to determine the impact of high velocity on scoring in ice-hockey rush situations at even strength. Data was collected from all the teams on Finnish SM-League during the season 2022-2023. Teams had 60 games and each one of them produced data automatically for WiseHockey platform where the data was collected and filtered for this study by WiseHockey specialist. The data were analyzed with Jamovi statistical analysis software including independent T-test, one-way Anova, Chi square and Pearson correlation coefficient. Total of 11 397 rush situations were analyzed (velocity, xG, shot result, serial ranking) including 495 goals which were manually analyzed (rush position, middle line, players involved) from video.

Ice-hockey is physically and cognitively demanding sport with high intensity including accelerations/decelerations, different velocity zones, turnovers and body contacts. Previous studies have shown that acceleration is significant factor for players maximal velocity. Keeping up the maximal velocity requires high power- and force production during the game. The probability of scoring increases when player will enter the offensive zone with controlling the puck and having a quick shot near the net to decrease the goalkeepers time to make a successful save. Previous research has shown that one of the major attributes for the elite players is their ability to seek and find the correct information from continuously changing dynamic environment for their decision making.

Main finding of this study is that high intensity velocities ($>4,72\text{m/s}$) provide more goals than lower velocities. Most of the goals (58,4%) in this research was made at speed zone 6,6-8,7 m/s ($p < 0.001$). Higher velocities didn't provide more goals, so it seems that maximal velocity's impact on scoring in rush situations is less than expected ($p < 0.001$). There was no statistical significance between velocity and xG, players involved, middle line or rush position. Breaking the middle line at middle zone produced higher velocities for the rush but the difference was not statistically significant. Correlation between velocity and serial ranking didn't have statistical significance.

As a conclusion of this study players perceptual motor skills should be focused more on training instead of maximal velocity because of dynamical complex of the sport. For goal scoring, higher velocities are needed, but it shouldn't reduce the development of individuals perceptual skills and decision making. In high intensity velocities elite players greater visual searching strategies combined to faster cognitively decision-making skills are most likely emphasized in future ice hockey.

Key words: velocity, xG, dynamical complex

KÄYTETYT LYHENTEET

ATP	adenosiinitrifosfaatti
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
CORSI %	laukausten, missattujen laukausten sekä blokkattujen laukausten suhdeluku
NBA	National Basketball Association
NHL	National Hockey League
NFL	National Football League
PCr	fosfokreatiini, välitön energianlähde
1RM	one repetition maximum, yhden toiston maksimi
RFD	rate of force development, voimantuottonopeus
VO ₂ max	maksimihapenottokyky
xG	maaliodottama, laukauksella syntyvän maalin todennäköisyys
QE	quiet eye, viimeinen fiksaatio ennen motorista liikettä
3D-MOT	multiple object tracking, keskittymistä ja tarkkaavaisuutta mittaava seurantatesti

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	JÄÄKIEKKO LAJINA	3
2.1	Dynaaminen systeemiteoria.....	4
2.2	Jääkiekon tilastointi ja data-analytiikka	5
3	JÄÄKIEKON HYÖKKÄYSPELAAMINEN	7
3.1	Suorahyökkäyspelaaminen	7
3.2	Hyökkäysvauhti.....	9
3.3	Voimasuhteet	11
3.4	Maalinteko ja laukominen	11
4	JÄÄKIEKON LAJIVAATIMUKSET YKSILÖLLE	14
4.1	Antropometria	14
4.2	Lajin fysiologia ja energiantuottojärjestelmät	14
4.3	Nopeus ja voimaominaisuudet.....	16
4.4	Havaintomotoriset taidot	19
4.5	Yksittäisen pelaajan pelitaidot	21
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	23
6	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	24
6.1	Tutkimusasetelma.....	24
6.2	WiseHockeyn älykiekkojärjestelmä	24
6.3	Tiedonkeruu WiseHockeyn järjestelmästä	25
6.4	Tilastolliset menetelmät.....	27
6.5	Tutkimuksen etiikka	27
7	TUTKIMUSTULOKSET.....	28
7.1	Hyökkäysvauhti.....	29

7.2	Maaliiodottama	32
7.3	Keskialueella keskilinjan rikkominen	34
7.4	Siniviivan ylityskohta.....	35
7.5	Korrelaatiomatriisi.....	36
7.6	Hyökkäysvauhti ja sarjasijoitus	36
8	POHDINTA.....	38
8.1	Hyökkäysvauhti.....	38
8.2	Maaliiodottama	40
8.3	Keskialueella keskilinjan rikkominen ja siniviivan ylityskohta	41
8.4	Voimasuhde	43
8.5	Hyökkäysvauhti ja sarjasijoitus	44
8.6	Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset.....	45
8.7	Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet.....	46
	LÄHTEET	48

LIITTEET

Liite 1: Pearsonin korrelaatiokuvaaja

1 JOHDANTO

Jääkiekko on maailmalla hyvin suosittu palloveli, jota pidetään yleisesti maailman nopeimpana pallovelinä. Pelin nopeutuessa urheilijoilta vaaditaan entistä parempia fyysisiä ominaisuuksia (Hoff ym. 2005; Budarick ym. 2020) sekä motorisia taitoja tehdä pelin kannalta edistäviä päätöksiä entistä lyhyemmässä aikaikkunassa (Mann ym. 2007; Christie ym. 2017; Zhang ym. 2021). Samaan aikaan urheilijat ovat entistä isokokoisempia sekä vahvempia (Vigh-Larsen ym. 2019; Suchomel ym. 2016). Nopeutta ja voimaa tarvitaan luistelun kiihdyttämisessä täyteen vauhtiin, jota pidetään lajin kannalta pelaajalle tärkeänä taitona (Budarick ym. 2020) päästäkseen lähemmäksi maalia, jossa maalinteko on todennäköisintä (Johansson ym. 2022; Lignell ym. 2020).

Jääkiekko voidaan nähdä kompleksisena dynaamisena systeeminä, joka muodostuu kahden joukkueen pelaajien ratkaisusta ja vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa. (Passos ym. 2008; Connolly 2017, 17-28.) Muuttuvia tekijöitä jääkiekossa on lukuisia, jotka vaikuttavat pelaajien kentällä tekemiin ratkaisuihin ja täten vaikuttavat ennalta-arvaamattomasti myös seuraaviin tilanteisiin. Teknologian kehittyessä myös jääkiekosta mitattavan datan määrä on kasvanut ja uusia tilastoja on syntynyt kuvaamaan ottelun aikaisia tapahtumia (Johansson ym. 2022), mutta lajin taktisten muuttujien vaikutuksista on vielä tutkimustuloksia vähän. (Lignell ym. 2020; Parnican ym. 2021) Lajin taktisiksi muuttujiksi voidaan lukea esimerkiksi miten ja mistä alueelle halutaan murtautua ja kuinka eri voimasuhteet vaikuttavat hyökkäyskohtaisiin tavoitteisiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää hyökkäysvauhdin vaikutusta maalintekoon jääkiekon suorahyökkäyspelaamisessa tasakentän. Aiemman tutkimusnäytön perusteella kontrolloidusti alueelle hyökkääminen on tuottavampaa kuin siirtokiekolla päädyn kautta (Wilderth ym. 2022; Tulsy ym. 2013). Kontrolloidusti alueelle hyökkäämistä kutsutaan suorahyökkäyspelaamiseksi. Tässä tutkimuksessa haluttiin hyökkäysvauhdin lisäksi selvittää keskialueella tapahtuvan pitkittäissuuntaisen keskilinjan ylityksen, hyökkäyssiniviivan ylityskohdan sekä hyökkäyksen voimasuhteen (hyökkäävien pelaajien lukumäärä suhteessa puolustaviin pelaajiin tilanteessa) vaikutusta suorahyökkäyspelaamisen tehokkuuteen sekä hyökkäysvauhdin yhteyttä sarjassa menestymiseen.

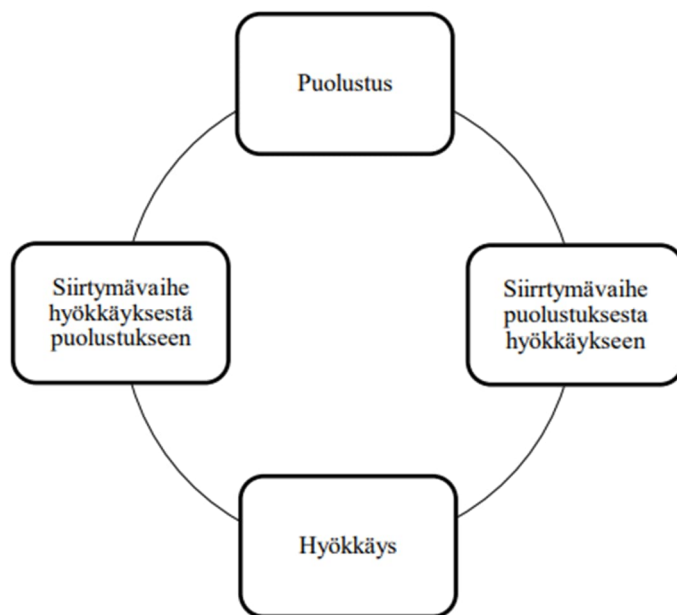
Parempi ymmärrys sekä taktisten- että ennalta-arvaamattomien muuttujien vaikutuksesta suorahyökkäyspelaamisessa voisi lisätä käytännön hyötyjä joukkueiden valmentajille harjoitusympäristön suunnittelussa sekä joukkueen pelaamisen ohjaamisessa. Tunnistamalla eri muuttujien vaikutuksia hyökkäyksen lopputulemaan saadaan laaja-alaisempaa ajattelua kehitettyä koko lajin parissa toimivien ihmisten joukkoon. Aiheesta on muista lajeista saatavilla tutkimustuloksia, mutta jääkiekon parista ei tätä työtä tehdessä ollut vielä vastaavaa tutkimusta saatavilla.

2 JÄÄKIEKKO LAJINA

Jääkiekko on noussut Suomen suosituimpien lajien joukkoon 1970-luvulta lähtien, jolloin lajissa alkoi ammattimaistuminen. Lisäksi menestys esimerkiksi vuoden 1995 maailmanmestaruuden myötä on lisännyt lajin kiinnostavuutta niin harrastajamäärien kuin yleisön kiinnostuksenkin osalta. Samalla lajin olosuhteissa on tapahtunut merkittävää kehitystä ja niin halliolosuhteiden kuin seuratoiminnan ammattimaistumisen myötä lajiin on saatu enemmän ammattivalmentajia, joiden avulla luodaan paremmat edellytykset urheilijoiden kokonaisvaltaiselle kehitymiselle. (Tiikkaja 2016)

Jääkiekko on fyysisesti ja kognitiivisesti vaativa korkean intensiteetin pallopelejä, jossa tulee paljon eri nopeuksisia kiihdytyksiä, jarrutuksia, suunnanmuutoksia sekä vartalokontakteja (Larsen ym 2019; Haukali ym 2015; Montgomery 1988). Lajivaatimukset ovat uniikit verrattuna muihin pallopeleihin (Brocherie ym. 2018). Kokonaispelaiaika on 60min, joka jaetaan kolmeen 20min erään. Yksittäisen pelaajan pelaiaika vaihtelee noin 15–25 min välillä jakautuen 30–80 sekunnin vaihtoihin. Vaihtojen välissä on 3–5 minuutin palautumisaika. (Vigh-Larsen ym. 2019; Montgomery 1988; Brocherie ym. 2018)

Pelissä on kaksi taktista peruseriaa: hyökkääminen ja puolustaminen. Hyökkäävä joukkue hallitsee pelivälinettä tavoitteenaan tehdä maali. Puolustavan joukkueen tavoitteena on estää maali ja riistää peliväline itselleen (Lumela 2007; Connolly 2017, 36-44.). Peli voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen (kuva 1), jossa joukkue joko puolustaa, siirtyy puolustuksesta hyökkäykseen, hyökkää tai siirtyy hyökkäyksestä puolustukseen. Nämä vaiheet esiintyvät pelissä jatkumona riippumatta kentällä olevien pelaajien lukumäärästä. Eri pelin vaiheiden onnistumiseen sekä keston vaikuttaa joukkueen rakenne, strategia, taktiikka, pelaajat sekä vastustajan toiminta. (Connolly 2017, 36-44.) Jääkiekossa tilanteet muuttuvat nopeasti hyökkäämisestä puolustamiseen ja näistä siirtymävaiheen muutoksista voidaan käyttää yleisesti nimitystä suunnanmuutoshetki/ tilanteenmuutos. Ruotsin pääsarjassa SHL:ssä tilanteenmuutoksia tasakentällisin tulee yhdessä ottelussa keskimäärin 244. (Wilderth ym. 2022)



KUVA 1. Jääkiekon neljä eri pelin vaihetta (mukailtu Connolly 2017).

Hyökkäyspelaaminen alkaa, kun kiekko saadaan omalle joukkueelle. Joukkueen onnistuneeseen suoritukseen tarvitaan pelaajien henkilökohtaista taitoa sekä heidän välistä taktista yhteistyötä (Savolainen 2016). Joukkuepeleissä taktiikka voidaan jakaa puolustus-, hyökkäys-, ja erikoistilannetaktiikoiksi. Taktiikan tarkoituksena on edesauttaa joukkueen välistä yhteistoimintaa jatkuvasti muuttuvissa valintatilanteissa. (Mero & Kalaja 2016) Pallopeleille tyypillisesti jääkiekossa on paljon ennalta-arvaamattomuutta (Passos ym. 2008) sekä kaaosta (Connolly 2017, 22). Pelaajan tuleekin havainnoida sekä osata tehdä päätöksiä jatkuvasti muuttuvissa pelitilanteissa niin hyökkäävässä kuin myös puolustavassa roolissa (Wilderth ym. 2022; Lumela 2007; Passos ym. 2008).

2.1 Dynaaminen systeemiteoria

Pallopelit voidaan nähdä kompleksisena dynaamisena systeeminä, jossa pelaajien tekemät yksinkertaiset ratkaisut ovat vuorovaikutuksessa keskenään ja täten vaikuttavat pelin sisällä tapahtuviin pelitilanteiden vaihteluihin järjestyksestä epäjärjestykseen. Peli muodostuu siis kahden joukkueen liikkumisesta ja vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa ja on täten luonteeltaan nonlinearista sekä välillä peli voidaan nähdä jopa kaaoksena. (Passos ym. 2008; Connolly 2017, 17-28.) Kompleksisuus joukkuepeleissä tarkoittaa siis jatkuvasti muuttuvaa ympäristöä, jossa lukuisat muuttujat (kuten esimerkiksi pelaajat, käytettävissä oleva tila ja aika,

liikkeet, tilanteeseen liittyvä tavoite, ottelun paikkakunta yms.) vaikuttavat toisiinsa sekä vaikuttavat ennalta-arvaamattomasti myös tuleviin tilanteisiin.

Espanjan jalkapallon pääsarjassa tehdyssä tutkimuksessa analysoitiin 380 ottelua pelipaikkakunnan, hyökkäyspelimuuttujien sekä puolustuspelimuuttujien osalta. Tutkimuksessa havaittiin kotijoukkueiden esimerkiksi tuottavan keskiarvollisesti selvästi enemmän hyökkäyspelimuuttujia (maalit, laukaukset, maalialueelle murtautumiset yms.) kuin vierasjoukkueet. Huippu-joukkueet kykenivät silti pelaamaan paremmin myös vieraskentillä verrattuna heikompiin joukkueisiin (Lago-Penas & Lago-Ballesteros 2011). Samaan tulokseen tulivat tutkijat myös Englannin Valioliigassa tehdyssä randomisoidussa tutkimuksessa, jossa sattumanvaraisesti valittiin 20 ottelua, joista analysoitiin joukkueiden hyökkäyspelaamista. Kotijoukkueilla oli enemmän maalintekotilanteita ja ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) (Gonzales-Rodenas ym. 2020). Tämä osoittaa pallopelien olevan hyvin monisyisiä sekä ennalta-arvaamattomia, joissa moni tekijä voi vaikuttaa ottelun lopputulokseen.

2.2 Jääkiekon tilastointi ja data-analytiikka

Jääkiekon tilastointi on ollut varsin konservatiivista edelliset vuosikymmenet. Viime vuosikymmenen aikana ottelukohtaisen datamäärän kasvaessa on uusia tilastoja syntynyt kuvaamaan otteluiden tapahtumia (Johansson ym 2022). Kasvaneen suoritusanalyysidatan myötä siitä ovat kiinnostuneet niin valmentajat kuin katsojatkin, ja tulokset voivat parantaa valmentajien ottelun aikaista päätöksentekoa (Douglas ym. 2019). Tästä huolimatta tutkimustuloksia on vielä varsin vähän liittyen esimerkiksi taktisten muuttujien vaikutuksiin ottelun maalintekotilanteissa (Lignell ym. 2020; Parnican ym. 2021). Sen sijaan muista joukkuelajeista löytyy kattavammin tutkimuksia maalinteko tilanteisiin vaikuttavista muuttujista.

Pelin aikaisia tapahtumia voidaan analysoida määrällisinä tai laadullisina suorituksina. Määrällisiä suorituksia otteluissa ovat esimerkiksi laukausten, maalipaikkojen sekä hyökkäysten määrät. Laadullisia suorituksia ovat esimerkiksi hyökkäämisen ja puolustamisen tehokkuus ja nopeus (Savolainen 2016). Suoritusten analysointia varten tulisi käyttää riittävän suurta otantaa esimerkiksi koko kauden ajalta, sillä lajin alhaiset maalimäärät hankaloittavat joukkueen ja pelaajien suoritusten analysointia. (MacDonald ym. 2012)

Satunnaisten ja niukkojen maalimäärien rinnalle onkin kehitetty uusia analysointimenetelmiä, joilla voidaan paremmin ennustaa joukkueen tai pelaajan suoriutumista tulevaisuudessa. Fenwickin luku (laukaukset, ohi ammutut laukaukset) ja Corsi suhdeluku (laukaukset, missatut laukaukset, blokatut laukaukset) mittaavat maalien sijasta eroja laukausten määrässä ja lopputulemassa pelkkien maalien sijaan (MacDonald ym. 2012). Tänä päivänä maaliiodottama (xG) on korvannut Corsin käyttöä joukkueiden menestyksen ennustamisessa. xG korostaa enemmän laukauksen laatua, kun taas Corsi painottaa enemmän laukausten kokonaismäärää. (Johannsson ym. 2022) xG rakentuu WiseHockey:n omalla algoritmilla, jossa huomioidaan mm. laukauksen nopeus, lähtöalue, kiekollisen pelaajan liikesuunta, edeltävä syöttö sekä maalinteon tukitoimet kuten maalivahdin näkökentän edessä olevat pelaajat. Tuloksena on maalinteon todennäköisyyttä kuvaava luku, josta käytetään yleisesti nimitystä maaliiodottama. (WiseHockey Oy)

3 JÄÄKIEKON HYÖKKÄYSPELAAMINEN

Hyökkäyspelaamisessa vain yhdellä pelaajalla on kiekko hallussaan eli pelaaja on kiekollisessa hyökkäysroolissa. Muut kentällä olevat pelaajat hyökkäävät ilman kiekkoa eli ovat kiekottomassa roolissa. Hyökkäyspelaaminen jaetaan usein myös kentän eri osa-alueiden mukaan puolustusalueen-, keskialueen- ja hyökkäysalueen hyökkäyspeliin. Hyökkäyspeli voidaan jakaa vielä hyökkäämiseksi vastustajan organisoitua puolustusta vastaan (suorahyökkäyspeli) tai organisoimatonta puolustusta vastaan (riistopeli). (Savolainen 2016)

Nopea reagointi siirtymävaiheessa voi edesauttaa joukkuetta paremman hyökkäyspeliasetelman saamiseksi, jolloin joukkue pääsee mahdollisesti hyökkäämään organisoimatonta puolustusta vastaan (Savolainen 2016). Laadukas hyökkääminen on tehokasta, mutta hyökkäyspelin rakenteessa, on lisäksi huomioituna puolustusvalmius. Puolustusvalmius hyökkäyspelissä lisää puolustuksen tehokkuutta, joka taas mahdollistaa hyvän hyökkäysvalmiuden (Ahvenjärvi 2016). Kentällä olevan viisikon tiiviys sekä nopea yhteinen reagointi tilanteiden muutoksiin ovat keskeisiä tekijöitä niin hyökkäämiselle kuin puolustamiselle (Savolainen 2016). Täten voidaan todeta pelin olevan jatkuvasti kuvan 1 vaiheiden välistä jatkumoa, jossa yksilön ja joukkueen edeltävät ratkaisut vaikuttavat tulevien tilanteiden syntymiseen sekä luovat edellytykset onnistua niiden pelin taktisten tavoitteiden mukaisessa toiminnassa.

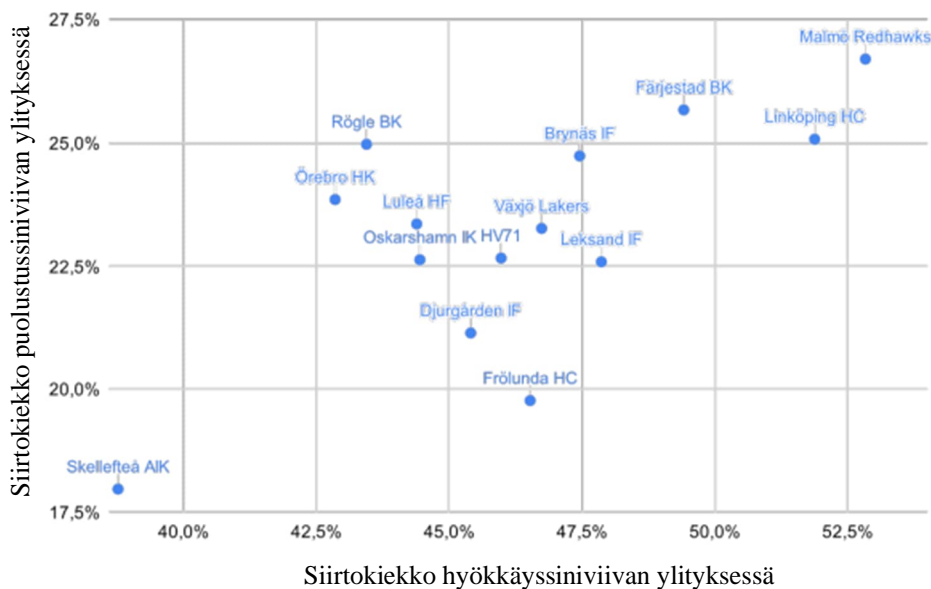
Joukkueen pelitapa määrittelee raamit yksittäisen pelaajan toiminnalle ja joukkueella voi olla useita erilaisia tapoja organisoida hyökkäyspelaamistaan pelitilanteen, ottelun sen hetkisen tuloksen, sarjan tai turnauksen otteluohjelman mukaan (Ahvenjärvi 2016). Valmentajat pyrkivät pelitavan periaatteilla minimoimaan ennalta-arvaamattomuutta ja kaaosmaisuuutta. (Wilderth ym. 2022)

3.1 Suorahyökkäyspelaaminen

Päästäkseen maalinteko tilanteisiin joukkueen tulee edetä kiekon kanssa puolustusalueelta keskialueen yli tai suoraan keskialueelta hyökkäysalueelle. Tätä käsitellään työssä suorahyökkäyspelaamisena. Kontrolloidusti alueelle hyökkääminen on aiempien tutkimusten mukaan maali-dottaman kannalta tehokkaampi tapa ylittää hyökkäyssiniiviä kuin viivan ylittäminen siirtokiekolla (Wilderth ym. 2022; Tulsy ym. 2013). Siirtokiekolla alueelle

hyökkäämistä pidetään matalariskisempänä mutta samalla vähemmän tehokkaana tapana maaliottaman kannalta. (Wilderoth ym. 2022)

NHL:ssä kaudella 2011-2012 tehdyssä tutkimuksessa pyrittiin tunnistamaan taitoja sekä strategiaa (taktiikkaa) joukkueiden menestyksen taustalla 300 ottelun seurannalla. Tutkimuksessa havaittiin hyökkäyssiniiviin ylittämistavalla olevan menestykseen oleellisesti vaikuttava tekijä. Hyökkäyssiniiviin ylittäminen tasakentällisin kontrolloidusti johti yli kaksi kertaa korkeampaan xG:hen kuin ylitys siirtokiekolla. Tulskeyn tutkimuksen mukaan tämä johtuu joukkueen lisääntyneen hyökkäysajan vaikutuksesta, kun kiekosta ei ole luovuttu viivaa ylittäessä. (Tulsky ym. 2013)



KUVA 2. SHL joukkueiden väliset erot alueiden ylittämistavoissa. (Mukailtu Wilderoth ym. 2022)

Kuvassa 2 on esitettyä Ruotsin pääsarjataso SHL:n joukkueiden väliset erot alueiden ylittämistavoissa kaudella 2021-2022. Tutkimuksessa tutkittiin siniviivojen ylitystapojen vaikutusta tehtyihin sekä päästettyihin maaleihin. Malmö Redhawks on joukkueista selvästi eniten siirtynyt puolustusalueelta keskialueelle ja keskialueelta hyökkäysalueelle siirtokiekolla. Sarjassa eniten kontrolloituja alueelta toiselle siirtymisiä suoritti Skellefteå AIK. Vertailtaessa näitä kahta joukkuetta keskenään Skellefteå siirtyi alueelta toiselle kontrolloidusti 3119 kertaa kun Malmön vastaava luku oli 2208. Eroa joukkueiden välillä oli 41 %. (Wilderoth ym. 2022)

3.2 Hyökkäysvauhti

Jääkiekossa noin 45 % kokonaisluistelumatkasta suoritetaan korkealla intensiteetillä ($> 4,72\text{m/s}$) ja josta noin neljännes on korkean intensiteetin sprinttejä (Lignell ym. 2018; Vigh-Larsen ym. 2022). Pelaajille tulee keskimäärin seitsemän korkean intensiteetin kiihdytystä minuutissa keskimatkan ollessa noin 15m. Korkean intensiteetin määrää ajallisesti tutkittiin ranskalaisen Brocherie ym. (2018) tutkimuksessa ja yhden jääkiekon MM-kisojen ottelun korkean intensiteetin luistelun osuus oli 18 % tehokkaasta peliajasta. Ottelun edetessä pidemmälle korkean intensiteetin luistelu-aika väheni tilastollisesti merkitsevästi erityisesti etuperinluistelussa (Brocherie ym. 2018). Huomioitavaa on tutkimuksen pieni otos ($n = 10$) sekä kyseessä oleva yksittäinen MM-kisa ottelu. Kuitenkin on havaittu pelipaikkakohtaisesti ero hyökkääjien sekä puolustajien välillä, hyökkääjien suorittaessa puolustajia enemmän korkean intensiteetin luistelua. (Lignell ym. 2018)

Hyökkääjien fyysisellä suorittamisella sekä hyökkäyksen onnistumisella havaittiin positiivinen yhteys Saksassa tehdyssä jalkapallotutkimuksessa. Pelaajien hyökkäystä edeltäneen minuutin aikana korkeammalla intensiteetillä suoritettujen juoksujen määrä sekä matka olivat suuremmat onnistuneissa hyökkäyksissä. Samassa tutkimuksessa havaittiin myös käänteinen korrelaatio puolustajien kovan intensiteetin juoksujen määrän ja matkan sekä päästettyjen maalien todennäköisyyden välillä. (Schulze ym. 2022) Kroatialaisilla huippujalkapalloilijoilla tehdyssä tutkimuksessa ($n=101$) havaittiin pelaajien juoksevan ottelussa keskimäärin 6,4% korkean intensiteetin juoksuja ($>5,5\text{m/s}$). Tutkimuksessa havaittiin muun muassa hyökkääjien juoksusprinttien ($r=0.80$, $p=0.02$) olevan tilastollisesti merkittävä tekijä joukkueen ottelumenestyksessä. Ottelumenestystä tutkimuksessa mitattiin InStat indexillä eikä pelkällä ottelun lopputuloksella. (Modric ym. 2019) Tulosta arvioitaessa on syytä huomioida tutkimuksen kestäneen vain puoli kautta ja hyökkääjien osalta pienen otannan ($n=8$).

Englannin League Two:ssa tehdyssä tutkimuksessa seurattiin kahden jalkapallojoukkueen korkean intensiteetin kiihdytyksien ($>3\text{m/s}$) ja jarrutuksien ($< 3\text{m/s}$) lukumäärän vaikutusta ottelun lopputulokseen. Tutkimuksessa havaittiin voitetuissa otteluissa olevan tilastollisesti merkitsevästi enemmän korkean intensiteetin kiihdytyksiä ($p=0.003$) ja jarrutuksia ($p=0.01$) kuin tasapeliin ja tappioon päättyneissä otteluissa. (Rhodes ym. 2021) Samaan tulokseen päädyttiin Kanadan naisten jääkiekko maajoukkuetta kaudella 2016-2017 seuranneessa randomisoidussa tutkimuksessa. Tilastollisesti merkitsevä yhteys havaittiin hyökkääjien ottelun

aikaisten räjähtävien suoritusten suhteessa kokonaisluistelukuormaan ($p = 0.02$) sekä vahvan voimantuoton luistelupotkuissa ($p = 0.04$) ottelun voittamisen kannalta. (Douglas ym. 2019) Kyky kiihdyttää vauhtia nopeasti tilanteenmuutoksen yhteydessä mahdollistaa paremman hyökkäysasetelman luomisen ja täten vaikeuttaa puolustavan joukkueen pelaamista.

Tuoreessa Saksan Bundesliigassa tehdyssä jalkapallo tutkimuksessa seurattiin kahden kauden ajan joukkueiden juoksujen määrää pallon kanssa, ilman palloa sekä maksimaalisia juoksunopeuksia ja verrattiin näitä muuttujia sarjasijoitukseen kauden päätteeksi. Maksimaalinen juoksunopeus oli yksi tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) oleellinen muuttuja ennustettaessa kauden lopun sarjasijoitusta erityisesti sarjan kärkijoukkueiden sekä heikompien joukkueiden välillä. Ero kärkijoukkueiden absoluuttisissa nopeuksissa keskitason joukkueisiin ei ollut tilastollisesti merkitsevä, kun taas juoksusprinttien määrässä pallon kanssa ($p < 0.002$) sekä juoksusprinttien määrä hyökätessä ilman palloa ($p < 0.001$) oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ero kärkijoukkueiden sekä muiden välillä (Chmura ym. 2022). Italian Serie A:ssa kaudella 2016-2017 kaikkien otteluiden dataa analysoineessa tutkimuksessa löydettiin myös juoksusprinttien määrän olevan tilastollisesti merkitsevä tekijä sarjasijoituksen taustalla jalkapallossa (Longo ym. 2019). Sen sijaan Sampaio ym. (2015) tekemässään tutkimuksessa tutkijat eivät löytäneet tilastollista yhteyttä koripallon NBA-allstars otteluun valittujen huippupelaajien sekä ei-allstars pelaajien vauhtien välillä kauden 2013-2014 kestäneessä tutkimuksessa, jossa tutkittiin yhteensä 1230 ottelua. Espanjan La Ligassa tehdyssä jalkapallo tutkimuksessa havaittiin yhteys tähtipelaajien korkean intensiteetin sprinttien ja ottelun sen hetkisen tuloksen välillä. Johtoasemassa sprinttien määrä oli pienempi kuin tappiolla ollessa, jolloin takaa-ajo asemassa halutaan puolustaa pallo nopeasti omille. (Lago ym. 2010) Johtoasemassa pelatessa joukkueet yleensä keskittyvät enemmän puolustamiseen kuin tappiolla ollessaan. (Lago-Ballesteros ym. 2012)

Saksan huippujalkapallossa tehdyssä kauden mittaisessa tutkimuksessa vastahyökkäykset tuottivat tehokkaammin maaleja sekä suurempia hyökkäysvauhteja yksilö- ja joukkueetasolla, kuin kontrolloidut hyökkäykset (Schulze ym. 2022). Espanjan La Ligassa tehdyssä tutkimuksessa suorat hyökkäykset sekä vastahyökkäykset olivat kolme kertaa tehokkaampi tapa murtautua jalkapallossa rangaistusalueelle kuin organisoidut hyökkäykset. (Lago-Ballesteros ym. 2012) Myös Englannin Valioliigassa havaittiin vastahyökkäysten ($p < 0.01$) olevan tilastollisesti merkitsevästi tehokkaampi tapa onnistua maalinteossa kuin organisoitu hyökkäys. (Gonzales-Rodenas ym. 2019)

3.3 Voimasuhteet

Vastahyökkäysten onnistumisessa merkittävänä tekijänä oli laukauksen lähtöhetkellä pallon takana olevien puolustavien pelaajien määrä (Schulze ym. 2022). Espanjan La Ligassa tehdyn tutkimuksen mukaan hyökkääminen rangaistusalueelle alle kuutta puolustavaa pelaajaa vastaan oli selvästi tehokkaampaa kuin organisoitua puolustusta vastaan. Onnistumisen todennäköisyys organisoitua puolustusta vastaan oli 4,4 kertaa pienempi (Lago- Ballesteros ym. 2012). Samaan tulokseen päätyi myös Englannin Valioliigasta tehty tutkimus, jossa tutkittiin yhden kauden ajalta maalien syntyä. Suurin osa maaleista syntyi vastahyökkäyksestä, vähäisillä syöttömäärillä (0-4 syöttöä) ja kun vastassa oli vaan 0-2 puolustavaa pelaajaa (Wright ym. 2011).

Toisin sanoen nopea hyökkääminen riistosta mahdollistaa useamman vastustajan pelaajan taakse jättämisen, jolloin hyökkääjillä on mahdollisesti enemmän tilaa kiihdyttää hyökkäysvauhtia kovemmaksi. Tämä taas vaikeuttaa vastustajan puolustajien toimintaa lisäten hyökkäyksen onnistumisen todennäköisyyttä.

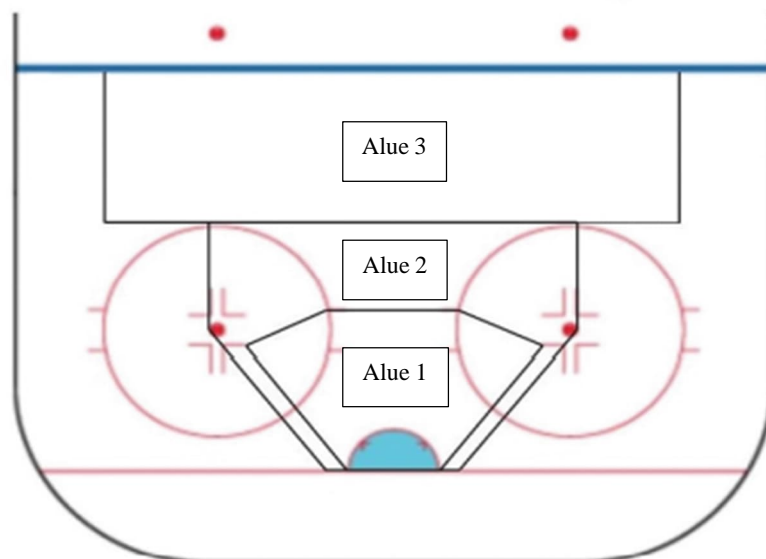
3.4 Maalinteko ja laukominen

Jääkiekossa maalinteon tehokkuudella tarkoitetaan joukkueen kykyä luoda maalintekotilanteita sekä muuttaa niitä maaleiksi. Verrattuna esimerkiksi jalkapalloon jääkiekossa laukaisumäärät ovat korkeat mutta laukaisumäärään suhteutettuna maalimäärät ovat matalat (Lamas ym. 2020). Ruotsin pääsarjassa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin yhden joukkueen sekä heidän vastustajansa maalintekotilanteita sekä niistä syntyviä maaleja kolmen kauden ajalta yhteensä 192 ottelun verran. Otteluissa kertyi maalintekotilanteita yhteensä 4886 kappaletta, joista maaleja syntyi 644 eli tehokkuudella 13,2 %. Tutkimuksessa ei löytynyt suurta eroa maalin syntytavassa sillä suorat hyökkäykset (12,7%), päätypelit (13,0%) sekä riistot (14,8%) tuottivat kaikki lähes saman verran maaleja. (Lignell ym. 2020)

Tuoreessa satunnaistetussa tutkimuksessa NHL:ssä kaudella 2020-2021 valittiin 129 ottelua ja niissä tasakentällisin tulleet 511 maalia tarkastelun kohteeksi. Maaleista analysoitiin hyökkäävän joukkueen kiekkokontrollin alkuhetken alue, maaliin johtanut pelitilanne sekä hyökkäävän joukkueen syöttöjen lukumäärä. Eniten maaleja tuotti hyökkäysalueella alkanut kiekonhallinta, pelitilanteista hyökkäysalueen hyökkäyspeli tuotti eniten maaleja sekä 1-2

syöttöä oli useimmin maalin johtaneessa tilanteessa. Kaikki muuttujat olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Lukujen valossa aggressiivinen paineistaminen heti ylhäältä viiden pelaajan voimin sekä riistosta heti nopeasti hyökkämällä näyttäisi olevan tutkimuksen mukaan tehokas tapa tehdä maali. (Parnican ym. 2021)

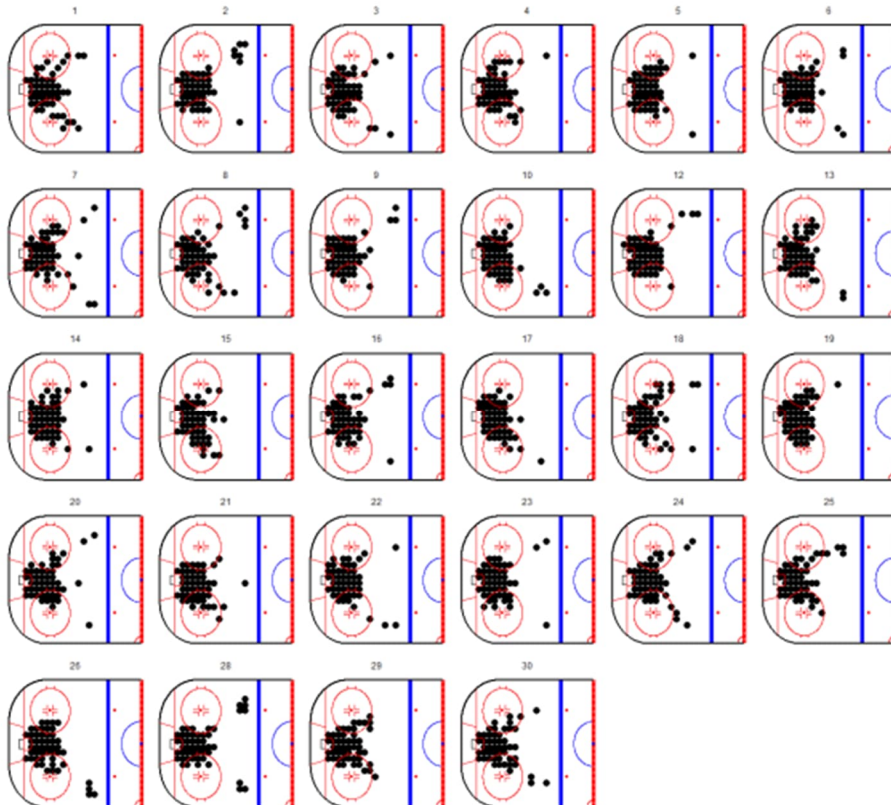
Maalintekoon vaikuttavat sekä taktiset valinnat (suora hyökkäys, päätypeli, riistosta hyökkääminen) että kontekstuaaliset muuttujat (ottelun tilanne, erä, sarjatilanne jne..) Maalintekoalueet on esitetty kuvassa 3 ja maalinteon havaittiin olevan todennäköisintä lähimpänä maalia olevalta alueelta 1 & 2 (Johansson ym. 2022; Lignell ym. 2020) sekä ottelun toisen ja kolmannen erän aikana verrattuna ensimmäiseen erään (Lignell ym. 2020). Tähän voi vaikuttaa ottelun aikainen väsyminen (Brocherie ym. 2018; Douglas ym. 2019; Lignell ym. 2018). Toisaalta tuoreemmassa jääkiekkotutkimuksessa ei havaittu eroa 1.erän ja 3.erän välisessä fyysisessä toiminnassa. (Rago ym. 2022)



KUVA 3. Maalintekoalueet. (Mukailtu Lignell ym. 2020)

Laukaisumäärien kasvattaminen ei vaikuttaisi olevan merkityksellinen tekijä hyökkäyspelaamisen tehokkuuden kannalta (Lamas ym. 2020; Johansson ym. 2022). Sen sijaan laukauksen nopea viritysaika vaikutti maalinteon todennäköisyyteen positiivisesti (Lignell ym. 2020). Myös Johansson ym. (2022) havaitsivat tutkimuksessaan, että suoraan syötöstä laukausten määrä on kasvanut NHL:ssä viimeisen kolmen kauden aikana 30,9 % ja Ruotsin SHL:ssä 11,6 % viimeisen kahden kauden aikana. Samaa asiaa vahvistaa Yhdysvalloissa tehty tutkimus kahdeksalle yliopisto maalivahdille, joissa tutkittiin silmän liikkeitä sekä quiet eyta (QE). QE tarkoittaa viimeistä fiksaatiota ennen motorista liikettä (Mann ym. 2007).

Tutkimuksen mukaan maalinteon todennäköisyys (41% vs. 22%) kasvoi selvästi, jos maalivahti ei saanut tarkennettua katsettaan kiekkoon ajoissa laukauksen lähtöhetkessä (950 ± 580 ms vs. 2004 ± 66 ms). Samoin lyhyemmällä QE kokonaiskestolla (1260 ± 630 ms vs. 2074 ± 47 ms) maaleja syntyi todennäköisemmin (38% vs. 14%) verrattuna pidempään QE kokonaiskestoon (Panchuk ym. 2017). Näin ollen laukauksen nopea viritysaika tai suoraan syötöstä laukominen vaikuttaisi olevan tutkimusten mukaan tehokkaampi tapa tehdä maali kuin laukauksen voimakkuus.



KUVA 4. NHL:n laukaisukartta joukkueittain kaudella 2018. Kuvasta on havaittavissa laukausten lähtevän suurimmaksi osakseen maalintekoalue 1 tai 2. (Johansson ym. 2022)

Maaliodottaman kannalta joukkue, joka ottaa enemmän taklauksia vastaan kuin taklaa, on mahdollisesti todennäköisemmin maalin tekijänä. Taklaamalla voit ajaa itsesi hetkellisesti pelin ulkopuolelle, jolloin seuraavan tilanteen voimasuhteet ja tilan suhde aikaan voivat muuttua. Muuttuvat voimasuhteet sekä kasvavaa tilaa ja aikaa voidaan pitää kiekollisen joukkueen etuna. (MacDonald ym. 2012) Lignell ym. (2020) havaitsivat tutkimuksessaan myös useamman pelaajan osallistumisen hyökkäykseen johtavan todennäköisemmin maaliin.

4 JÄÄKIEKON LAJIVAATIMUKSET YKSILÖLLE

Jääkiekossa suoritukseen vaikuttaa fyysiset, psyykkiset, sosiaaliset, tekniset, taktiset sekä geneettiset tekijät. Osa näistä on hankalammin mitattavia, mutta fyysiset ominaisuudet, kuten esimerkiksi absoluuttinen maksimivoima tai 30 metrin juoksunopeus ovat helposti mitattavia tekijöitä. Jääkiekkoilijan muotokuva on muuttunut suuresti menneiden 10-15 vuoden aikana ja heistä on tullut isompia, vahvempia, nopeampia sekä kestävyysominaisuuksiltaan parempia. (Hoff ym. 2005) Uusimpina pelaajien arviointimenetelminä ovat tulleet erilaiset tarkkaavaisuutta mittaavat testit, joita käytetään esimerkiksi NHL- sekä amerikkalaisen jalkapallon NFL-combineissa. Tilaisuuksiin kutsutaan ikäluokkansa parhaat huippulupaukset ja heille suoritetaan laaja kirjo eri ominaisuuksia mittaavia testejä sekä haastatteluita (Faubert ym 2013). Mitä vaatimuksia laji sitten asettaa yksittäiselle pelaajalle hänen suoriutuakseen kansainvälisesti korkealla tasolla?

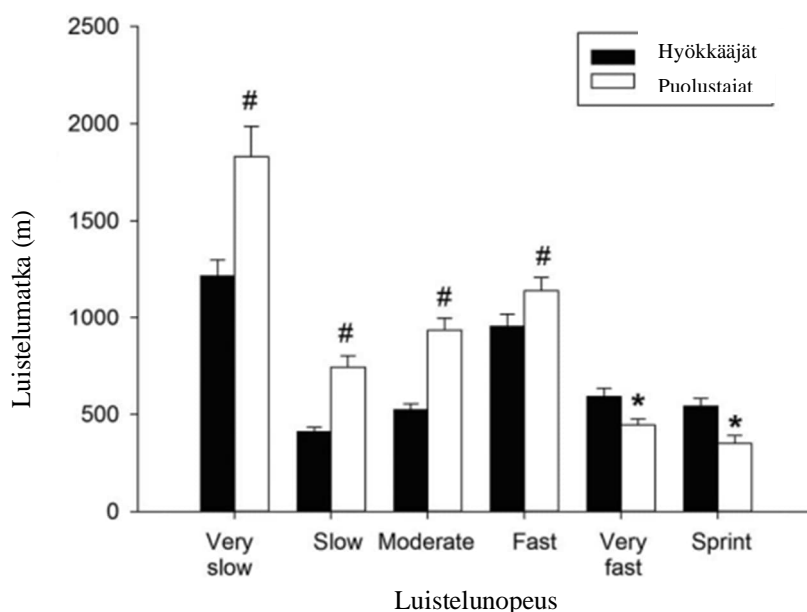
4.1 Antropometria

Kehonkoostumusta ja pituutta on pitkään käytetty joukkueen rakentamisessa yhtenä määrittelevänä tekijänä, mutta sen vaikutus erityisesti nuorten pelaajien kohdalla ei tulisi olla lajin teknisiä ja havaintomotorisia taitoja merkityksellisempi (Martini ym. 2022). Suurimmat erot huippujääkiekkoilijoiden ja korkean tason juniorikiekkoilijoiden fyysisen suorituskyvyn ja kehonkoostumuksen välillä olivat maksimivoimassa sekä kehonmassassa. (Hoff ym. 2005). Huippujääkiekkoilijoiden on havaittu olevan lihaksikkaampia kuin ammattijääkiekkoilijoiden ja suurempi lihasmassa korreloi positiivisesti kiihdytyskykyyn sekä ketteryuteen. (Vigh-Larsen ym. 2019) Suurempi ylä- ja alaraajojen lihasmassa auttaa myös ennaltaehkäisemään loukkaantumisia jänteiden ja nivelsiteiden vahvistuessa myös. (Hoff ym. 2005)

4.2 Lajin fysiologia ja energiantuottojärjestelmät

Suurin osa lajin fysiologisista tutkimuksista on vuosikymmeniä vanhoja, mutta esimerkiksi kehittyneen pelipaikkakohtaisen datan määrän kasvaessa on ymmärrys lajin suorituskyvystä kasvanut viime aikoina (Vigh-Larsen ym. 2022). Kokonaisluistelumäärä vaihtelee yksittäisellä pelaajalla 4-5km välillä pelipaikasta riippuen. Samoin luistelun intensiteetti ja kiihdytysten suunnat sekä määrät vaihtelevat pelipaikkakohtaisesti hyökkääjien suorittaessa enemmän korkean intensiteetin luistelua kuin puolustajat. Erot ovat nähtävissä kuvassa 5 (Lignell ym.

2018). Hyökkääjille tulee enemmän luistelua korkeammilla vauhdeilla minuuttia kohden, kun taas puolustajille tulee enemmän luistelumatkaa sekä jääaika (Vigh-Larsen ym. 2022). Tämä ei kuitenkaan näy erona pelaajien fyysisen profiilin/suorituskyvyn osalta (Vigh-Larsen ym. 2019). Jääkiekko on luonteeltaan hyvin intervallityyppinen sisältäen keskimäärin seitsemän korkean intensiteetin sprinttiä minuutissa. Tämä on enemmän kuin muissa pallopeleissä ja se synnyttää väsymystä, joka näkyy esimerkiksi ottelun loppua kohden vähenevänä sprinttien keskinopeutena (Lignell ym. 2018).



KUVA 5. Puolustajien ja hyökkääjien ottelun aikaisen luistelumatkojen sekä vauhtien välisiä eroja. (Lignell ym. 2018) Puolustajille tulee enemmän matalatehoista luistelumatkaa verrattuna hyökkääjiin, kun taas hyökkääjille tulee enemmän korkean intensiteetin luistelumatkaa.

Intervallityyppisestä luonteesta huolimatta lajissa tarvitaan sekä aerobista että anaerobista energiantuottoa. Yksittäisen vaihdon pituus ja intensiteetti määrittää lajissa tarvittavan energiantuoton (Montgomery 1988; Vigh-Larsen 2022). Aerobisella energiantuotannolla on erittäin merkityksellinen rooli suorituskyvyn ylläpidossa. Aerobisen energiantuotannon merkitys korostuu erityisesti vaihdon sisällä otettujen korkean intensiteetin sprinttien sekä vaihtojen välisessä palautumiskyvyssä. Urheilijan tuleekin kyetä tuottamaan vaihdon sekä ottelun aikana korkea tehontuotto (Laurent ym. 2014; Vigh-Larsen ym. 2022). Vigh-Larsen ym. (2022) tekemässä review-artikkelissa todetaan lihasaineenvaihduntaa koskevien tutkimusten lihas- sekä lihasfiiberitasolla osoittavan runsasta fosfokreatiini- (PCr) sekä

glykogeenivarastojen tyhjentymistä jääkiekko otteluiden ja laboratoriossa suoritettujen toistuvien sprinttien aikana. Tämä yhdistettynä nopeiden lihassolujen muodostamien poikkisiltojen hidastuneeseen uudelleen palauttamiseen voivat olla kriittisiä tekijöitä suorituskyvyn kannalta otteluissa. Nopeiden ja hitaiden lihassolujen heikentyneet glykogeenivarastot ovat todennäköisesti yksi tekijä ottelun aikaisen heikentyneen korkean intensiteetin suorituskyvyn taustalla. Myös nestehukan sekä hypertermian on todettu heikentävän ottelun aikaista suorituskykyä. (Vigh-Larsen ym. 2022)

Korkea maksimaalinen hapenotto (VO₂max) mahdollistaa taloudellisemman korkean intensiteetin sprinttien uudelleen suorittamisen vähentäen anaerobisen energiantuotannon osuutta tehontuotossa (taloudellisemmin kovempaa). Tällöin taloudellisuus muodostuu kevyemmästä kuormituksesta, nopeammasta palautumisesta suoritusten välillä sekä sitä kautta pienemmästä kumulatiivisesta väsymyksestä ottelun aikana. Lisäksi lihasten glykogeenivarastojen täydentämisestä tiiviissä ottelutahdissa olisi syytä huolehtia runsaalla hiilihydraattitankkauksella ennen ottelua sekä ottelun aikana, jotta olisi mahdollisuus ylläpitää korkean intensiteetin tehontuottoa mahdollisimman pitkään ja laadukkaasti.

4.3 Nopeus ja voimaominaisuudet

Luistelun merkitystä pidetään yleisesti lajin kannalta merkityksellisenä. Luistelun kehittäminen jäällä sekä jään ulkopuolella on tärkeä osa joukkueharjoittelun ohjelmointia ja toteutusta. Luistelussa tarvitaan monipuolisesti voimaa, nopeutta sekä tasapainoa. Luistelun kiihdytys täyteen vauhtiin on lajin kannalta tärkeä taito, jossa korostuu alaraajojen voimatasot yhdistettynä tehokkaaseen luistelupotkun työntötekniikkaan (Budarick ym. 2020).

Fyysisten ominaisuuksien testaamisesta jään ulkopuolella juoksunopeutta pidetään eniten korreloivana tekijänä luistelunopeuden sekä pelisuoritusten kanssa. Tutkimuksessa todettiin tilastollisesti merkitsevä yhteys 40 jaardin juoksunopeudella sekä 34,5 m luistelutestillä. Lisäksi testi toimi hyvänä ennusteena myös jäällä tapahtuviin pieniin käännöksiin sekä crossover lähtöihin (Krause ym. 2012). Sen sijaan Yhdysvalloissa yliopistokiekkoilijoilla tehdyssä tutkimuksessa ei havaittu yhteyttä 40 jaardin juoksunopeudella luistelunopeuteen vaan vertikaalinen hyppytesti korreloi eniten luistelunopeuden kanssa. (Runner ym. 2016) Kanadassa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin laboratoriossa 853 NHL-varauskelpoista nuorta pelaajaa sekä heidän fyysisiä ominaisuuksiaan. Vauhdittoman pituushypyn havaittiin olevan

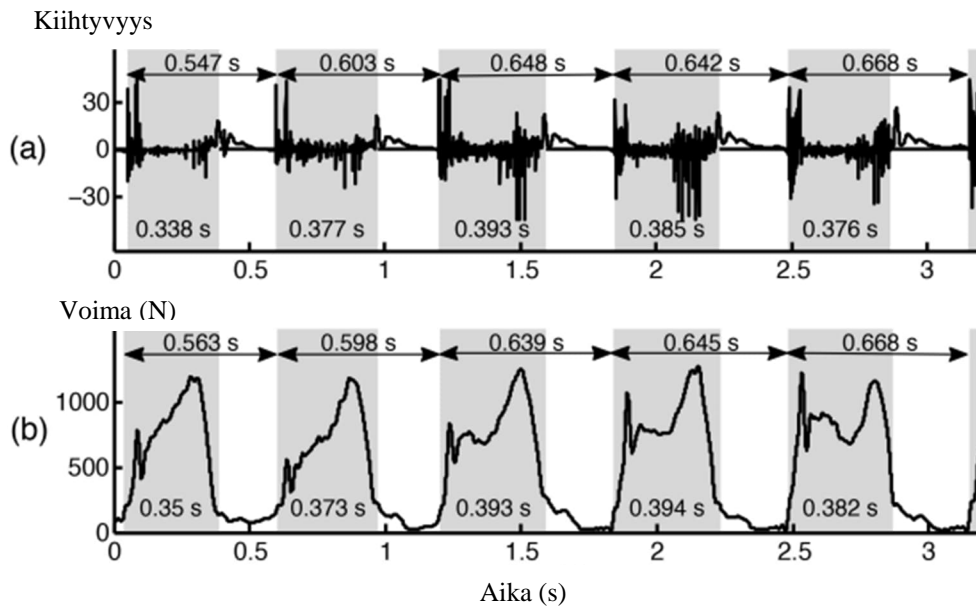
merkittävä muuttuja ennustamaan yleistä potentiaalia jääkiekossa. Vauhditon pituushyppy on monimutkainen liike, joka vaatii jaloilta kykyä tuottaa voimaa vertikaalisesti sekä horisontaalisesti. Lisäksi liikkeessä korostuu koko kehon koordinoitu motorinen osaaminen. (Burr ym. 2008) Tuoreessa tutkimuksessaan Thompson ym. (2020) sen sijaan havaitsivat vahvemman korrelaation luistelun kiihdytysvaiheella sekä 15kg ja 30kg lisäpainolla suoritettun juoksun kanssa ($r > 0.7$) kuin aiemmin käytetyillä perinteisillä fysiikkatesteillä (vauhditon pituus, vertikaalinen kevennyshyppy, Wingate huipputeho).

Suchomel ym. (2016) julkaisemassa review-artikkelissaan todetaan urheilijoiden hyötyvän suuremmista voimaominaisuuksista. Suurempi lihasvoima on vahvasti yhteydessä parempiin voima-aikaominaisuuksiin (rate of force development, RFD) ja sitä kautta edesauttaa urheilijan yleistä suorituskkykyä, kuten esimerkiksi hyppäämistä, juoksusprinttejä sekä suunnanmuutoksia. Korkeammat voimatasot mahdollistavat myös paremman suoriutumisen lajispesifisti, kun voimantuottoaika on käytössä rajallisesti. Samassa lajispesifissä voimantuottoajassa saavutetaan silloin korkeampi voimantuotto kuin matalamman voimatason urheilijalla ($n = 13$ tutkimusta). Samalla korkeammat voimatasot korreloivat positiivisesti myös korkeampaan ulkoiseen mekaaniseen tehontuottoon ($n = 18$ tutkimusta) sekä sprinttinopeuteen ($n = 15$ tutkimusta) hyppy korkeuteen / pituuteen ($n = 29$ tutkimusta) ja suunnamuutoskykyyn ($n = 13$ tutkimusta). Korkeampien voimatasojen on lisäksi todettu vähentävän loukkaantumiseriskiä. (Suchomel ym. 2016)

Luistelun biomekaniikka muuttuu LaFontainen (2007) tekemän tutkimuksen mukaan liikelaajuuksien muuttuessa nopeuden kasvun myötä. Stidwill ym. (2010) havaitsivat ensimmäisten kolmen potkun muistuttavan voima-aika kuvaajiltaan enemmän juoksun sprinttiä ja neljännestä potkusta alkaen vauhdin jo kasvaessa enemmän pikaluistelua, jolloin luistelun liukuvaihe korostuu enemmän. Jääkiekon luistelussa voimantuottoaika on keskimääräisesti käytettävissä noin 324-387 millisekuntia voimantuottoajan kasvaessa hieman alkukiihdytyksen jälkeen. (Behm ym. 2005; Stetter ym. 2016)

Luistelusprinttisuoritukseen vaikuttaa olennaisesti fysiologisesti välittömien energianlähteiden ja anaerobisen energiantuottojärjestelmän toiminta sekä alaraajojen tehontuotto (Zupan ym. 2009). Budarick ym. (2020) havaitsivat tuoreessa jääkiekon luistelusprinttejä tutkineessa tutkimuksessaan kahdella ensimmäisellä askeleella olevan suuri vaikutus luistelunopeuteen.

Samassa tutkimuksessa havaittiin vahva korrelaatio luistelunopeudella sekä yhden jalan voimatasoilla.



KUVA 6. Luistelun ensimmäisten viiden potkun voimantuottoajat, voimat sekä kiihtyvyydet. Harmaalla näkyvä alue on voimantuottoaika ja nuolien välinen aika kertoo yksittäisen potkun keston. (Stetter ym. 2016)

Kuvasta 6 voidaan havaita kiihtyvyyden hieman laskevan ensimmäisen kahden sekunnin jälkeen. Samanaikaisesti voimantuottokäyrät muuttuvat selvästi yksipiikkisestä kaksipiikkisiksi voimantuottoajan samalla kasvaessa lähdöstä.

Bezak ym. 2017 tehdyssä tutkimuksessa havaittiin kiekon nopeudella mitattuna rannelaukauksessa sekä lyöntilaukauksessa vahva yhteys ylävartalon voimaan sekä tehontuottoon. Erityisesti penkkipunnerrus maksimilla sekä penkkipunnerrusteholla havaittiin vahva tilastollisesti merkitsevä yhteys molempiin laukauksiin. Rannelaukauksessa yhteys muuttujien välillä oli vahvempi kuin lyöntilaukauksessa. Sen sijaan puristusvoimalla ei vaikuttaisi olevan merkittävää vaikutusta laukauksiin. (Bezak ym. 2017)

Jääkiekkoilija hyötyy sekä absoluuttisesta että kehonpainoon suhteutetusta voimasta. Korkea absoluuttinen voimataso voi auttaa lajissa tapahtuvien kamppailutilanteiden voittamisessa, kun taas kehonpainoon suhteutettu maksimivoima parantaa kykyä liikuttaa omaa kehoaan tehokkaammin. Korkeat alaraajojen voimaominaisuudet mahdollistavat myös korkeamman

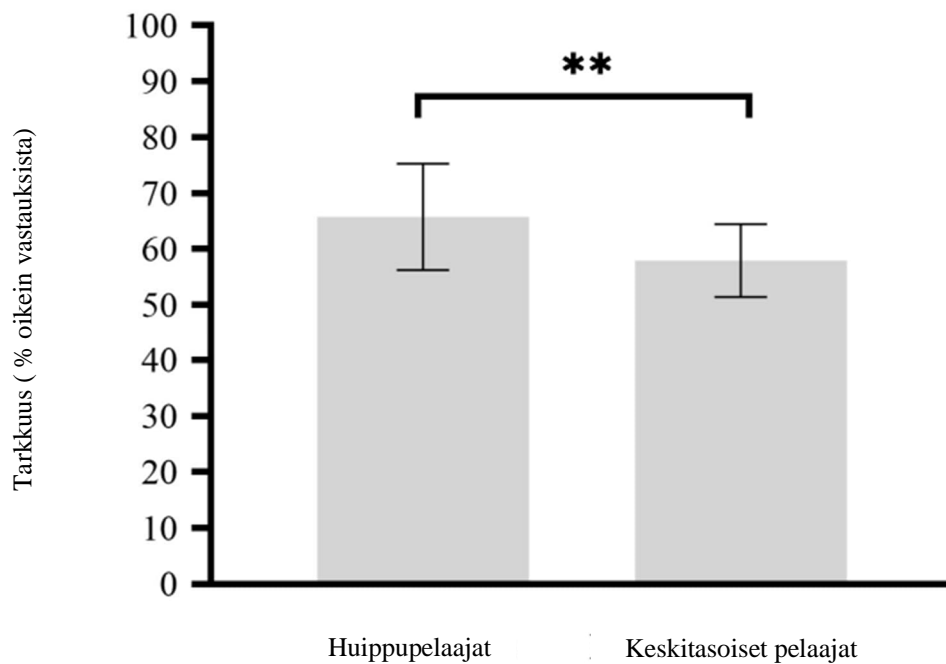
lajinomaisen RFD:n, jolloin luisteluun on mahdollista saada suurempi teho tuotettua ja täten edetä nopeammin. Suurempi lihassa mahdollistaa suuremman voimantuottopotentiaalinen etenkin alaraajoissa- sekä keskivartalossa. Lisäksi voimantuottoon lajissa vaikuttaa olennaisesti hermoston kyky käskyttää maksimaalisesti lihaksia tuottamaan liikettä sekä tuki- ja sidekudosten kyvystä välittää voimaa hyödyntäen elastista energiaa lihasten venymis-lyhenemis-syklusen aikana.

4.4 Havaintomotoriset taidot

Kokonaistutkimusnäytön perusteella huippu-urheilijan yksi merkittävimmistä ominaisuuksista on kyky havainnoida ympäristöään sekä yhdistää havaittu informaatio kognitiiviseen päätöksentekoon (Mann ym. 2007; Christie ym. 2017). Ihminen käyttää aistielimiään jatkuvasti ympäristön sekä oman kehonsa havainnointiin ja toteuttaa sen perusteella tahdonalaisen ja tarkoituksenmukaisen liikkeen (Kalaja ym. 2022). Jääkiekossa keskittymisellä ja havainnoinnilla on keskeinen rooli, sillä peli on dynaamisesti muuttuva ympäristö, jossa pelaajan tulee havainnoida useita muuttujia jatkuvasti (Zhang ym. 2021). Oleellista onkin erottaa tehtävän kannalta relevantti ja irrelevantti informaatio (Mann ym. 2007). Arvioitaessa yksittäisen pelaajan suorittamista on hänen pelitaitonsa keskeisin ominaisuus, jossa yhdistyy pelaajan pelikäsitys sekä tekninen osaaminen. Pelikäsityksellä tarkoitetaan pelaajan kykyä havainnoida ympäristöään ja pelin sisäisiä tapahtumia ja tehdä havainnointinsa perusteella tarkoituksenmukainen peliä oman joukkueen kannalta edistävä ratkaisu. (Savolainen 2016; Faubert J. 2013) Pelikäsitys voidaan täten mieltää myös pelaajan havaintomotorisina taitoina.

Faubertin (2013) tutkimuksessa selvitettiin, jossa kolmen lajin huippupelaajien (NHL, Englannin Valioliiga, Ranskan TOP 14 Rugby League) ja keskitasoisten pelaajien (NCAA yliopistosarja) sekä ei-urheilevien yliopisto-opiskelijoiden kykyä havainnoida monimutkaista dynaamista visuaalista kohtausta ilman tarvetta tiedon prosessoinnille tai motoriselle toiminnalle. Tutkimuksessa käytettiin 3D-MOT (multiple object tracking) nopeustestiä. Testissä hyvin suoriutuakseen tarvitaan useita keskittymisen sekä henkisen puolen taitoja. Huippu-urheilijat kykenivät heti ensimmäisestä kerrasta lähtien nopeammin ja tarkemmin suoriutumaan tehtävästä kuin keskitasoiset pelaajat. Keskitasoiset ja ei-urheilevat aloittivat samalta tasolta, mutta harjoituskertojen lisääntyessä keskitasoiset pelaajat suoriutuivat selvästi paremmin kuin ei-urheilevat. Tutkimuksen perusteella nopea oppimiskyky monimutkaisissa ja ennalta-arvaamattomissa dynaamisissa tehtävissä on yksi merkittävä tekijä huippu-urheilijoilla

(Faubert J. 2013). Samaan tulokseen päätyi myös toinen jääkiekkoilijoilla tehty tutkimus, jossa todettiin huippupelaajien (65,75%, $p < 0.01$) suoriutuvan tilastollisesti merkitsevästi tarkemmin MOT-testissä kuin keskitasoiset pelaajat (57,94%). Tulokset näkyvät kuvassa 7. Samassa tutkimuksessa todettiin myös huippupelaajien aivojen yksittäisten alfataajuuksien olevan korkeammat kuin keskitasoisilla pelaajilla. Korkeammat alfataajuudet korreloivat positiivisesti MOT-testin tulosten kanssa. Alfataajuuksien voimakkuuden on todettu vaikuttavan kognitiivisiin toimintoihin, kuten työmuistiin sekä tarkkaavaisuuteen (Zhang ym. 2021)



KUVA 7. Erot huippupelaajien ja keskitasoisien pelaajien välillä MOT-testin tarkkuuksissa. $p < 0.01$ (Zhang ym. 2021)

Havaintomotoriikassa käytetään havainnointiin kaikkia ihmisen aisteja näköaistin ollessa kuitenkin dominoivien. Näköaisti voidaan jakaa kahteen ulottuvuuteen: tarkka näkö (ventraalinen näkö) sekä ääreisnäkö (periferaalinäkö, dorsaalinäkö). Tarkassa näössä ihminen kiinnittää katseensa tietoisesti johonkin kohteeseen, jolloin hänen näkökenttensä kapenee (Kalaja ym. 2022). Tästä käytetään nimitystä fiksaatio. Kalajan ym. (2022) mukaan verrattaessa eri urheilulajien experttejä sekä vasta-alkajia ei näkökyvyssä ole havaittu eroja vaan visuaaliset taidot ovat opeteltavissa olevia asioita. Samaan tulokseen päätyivät myös Wilkins ym. (2019) review tutkimuksessaan, jonka mukaan strobe lasien avulla voidaan kehittää urheilijoiden visuaalisia havainnointitaitoja ja näin parantaa myös urheilu suorituksia. Vuonna 2007 julkaistussa meta-analyysissä ($n = 42$ tutkimusta) selvitettiin eroja urheilumaailman huippujen

sekä keskinkertaisten pelaajien välillä. Huippupelaajat olivat parempia havainnoimaan vihjeitä pienemmällä määrällä fiksaatioita sekä pidemmällä QE:lla kuin keskitasoiset pelaajat. (Mann ym. 2007)

Tuoreessa vuonna 2022 Australian jalkapallossa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin videoiden avulla eroa ammattilaisten pelitilanteiden havainnoinnin ja päätöksenteon kannalta. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään eroja huippujen päätöksentekoon vaikuttavista kriittisistä fiksaatio kohteista sekä niiden kestoista. Pelaajien silmänliikkeitä tarkkailtiin Tobii Pro 2-lasien avulla ja heidän havainnointinsa kohteet videolta jaettiin neljään eri kategoriaan analysointia varten: puolustajiin, mahdollisuuksiin, pallolliseen pelaajaan sekä tilaan. Taitavammilla pelaajilla havaittiin nopeampia päätöksentekoja ($p < 0.001$), lyhyempiä fiksaatioiden kestoja ($2,21s \pm 0,84$ vs. $2,75s \pm 0,93$, $p < 0.0001$) sekä he käyttivät enemmän aikaa potentiaalisten mahdollisuuksien (pelikaverien sijainnit) kartoittamiseen pelialueella kuin havaintomotorisesti heikommalla pelaajat ($p < 0.003$). Havaintomotorisesti paremmilla pelaajilla vaikuttaisi olevan tehokkaampi strategia visuaalisen informaation etsintään kuin heikommilla pelaajilla (Kassem ym. 2022). Brasiliassa tehdyssä vastaavassa tutkimuksessa taas saatiin hieman poikkeavia tuloksia. Nuorten jalkapalloilijoiden havaintomotorisia taitoja sekä heidän visuaalista informaationsa keräysstrategiaa tutkittaessa havaittiin taktisesti parempien pelaajien suorittavan enemmän lyhyitä fiksaatioita sekä kiinnittävänsä enemmän huomiota pallolliseen pelaajaan. (Vitor de Assis ym. 2021)

Havaintomotorisesti taitavat pelaajat osaavat tutkimusten perusteella havainnoida ympäristöönsä tehokkaammin lyhyemmässä ajassa keräten enemmän tehtävän kannalta merkityksellistä informaatiota, kuten kanssapelaajien sijainteja, puolustavien lukumäärää sekä potentiaalisia mahdollisuuksia edetä pelikentällä lyhyemmillä fiksaatioilla kuin heikommalla pelaajat. Kalajan ym. (2022) mukaan taitavammat pelaajat osaavat myös hyödyntää heidän ääreisnäkönsä paremmin kuin heikommalla pelaajat.

4.5 Yksittäisen pelaajan pelitaidot

Yksittäisen pelaajan pelitaidot voidaan jakaa vielä hyökkäys- ja puolustuspelitaitoihin. Hyökkäyspelitaitoihin kuuluu maalinteko-, tilanvoittamis-, sekä kiekon pitämisen taidot (Savolainen 2016). Paljon kiekkoa pitävien pelaajiin yhdistetään usein myös runsaampi taklauksien vastaanottaminen sekä suuremmat laukaisumäärät (MacDonald ym. 2012). Saman

suuntaisia tuloksia on saatu myös koripallon NBA:sta, jossa allstars-otteluun valitut pelaajat olivat kontaktin kohteena enemmän ja pärjäsivät niissä keskimääräisesti paremmin kuin muut sarjapelaajat. Samalla heidän havaittiin suorittavan jatkuvasti sarjapelaajia paremmin lähellä koria. Tutkijat olettavat tämän selittyvän allstars-pelaajien tehokkaammalla informaation havainnoinnilla ympäristöstään sekä tilanteeseen optimaalisemmin soveltuvilla liikkeillä. (Sampaio ym. 2015)

Puolustuspelitaitoihin kuuluvat maalinestämisen-, tilan ja ajan poistamisen sekä kiekon riistämisen taidot (Savolainen 2016). Enemmän puolustavat pelaajat taas ovat useammin tilastoissa taklaavana pelaajana (MacDonald ym. 2012). Näiden lisäksi yksi oleellinen pelitaito nykypäivän jääkiekossa on kyky reagoida muuttuvaan pelitilanteeseen eli kuinka nopeasti pelaaja kykenee muuttamaan puolustusroolista hyökkäysrooliin tai päinvastoin. Mitä nopeammin pelaaja sekä pelaajat kykenevät kentällä reagoimaan muuttuvaan tilanteeseen voivat he saada luotua omalle joukkueelleen paremman asetelman hyökkäämiselle tai puolustamiselle. (Connolly 2017, 36-44; Savolainen 2016)

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hyökkäysvauhdin vaikutusta jääkiekon suorahyökkäyspelaamisesta tasakentällisiin syntyviin maaleihin. Tutkimuksessa hyödynnettiin WiseHockey Oy:n älykiekkojärjestelmän dataa jääkiekon Liigasta kaudelta 2022-2023.

Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

- 1) Korreloiko kovempi hyökkäysvauhti maaliოდottaman xG kanssa?

Hypoteesi: korkeampi hyökkäysvauhti korreloi xG:n kanssa positiivisesti muista lajeista kerätyn aiemman tutkimuskirjallisuuden perusteella (Schulze ym. 2022; Modric ym. 2019; Douglas ym. 2019)

- 2) Miten keskilinjan rikkominen jo keskialueella vaikuttaa maalin syntymiseen?

Hypoteesi: keskilinjan rikkominen lisää hyökkäysvauhtia ja täten kasvattaa maaliოდottamaa

- 3) Missä tilanteissa hyökkäysvauhdit ovat suurimmat?

Hypoteesi: odotuksena oli, että hyökkäysvauhti ja maaliოდottama ovat suurempia, kun kaukalon pitkittäinen keskilinja rikottiin keskialueella. Lisäksi odotettiin hyökkäysvauhdin olevan eri hyökkäyksen voimasuhteiden muuttuessa sekä ylitettäessä hyökkäyssiniviiva laidasta kuin keskeltä.

- 4) Korreloiko korkeammat hyökkäysvauhdit sarjasijoituksen kanssa?

Hypoteesi: odotuksena oli, että korkeammat hyökkäysvauhdit korreloisivat korkeamman sarjasijoituksen kanssa, jolloin korkeammilla vauhdeilla hyökkäävät joukkueet saisivat suuremman maaliødottaman kuin matalammalla vauhdilla hyökkäävät. (Chmura ym. 2022; Longo ym. 2019)

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Tutkimusasetelma

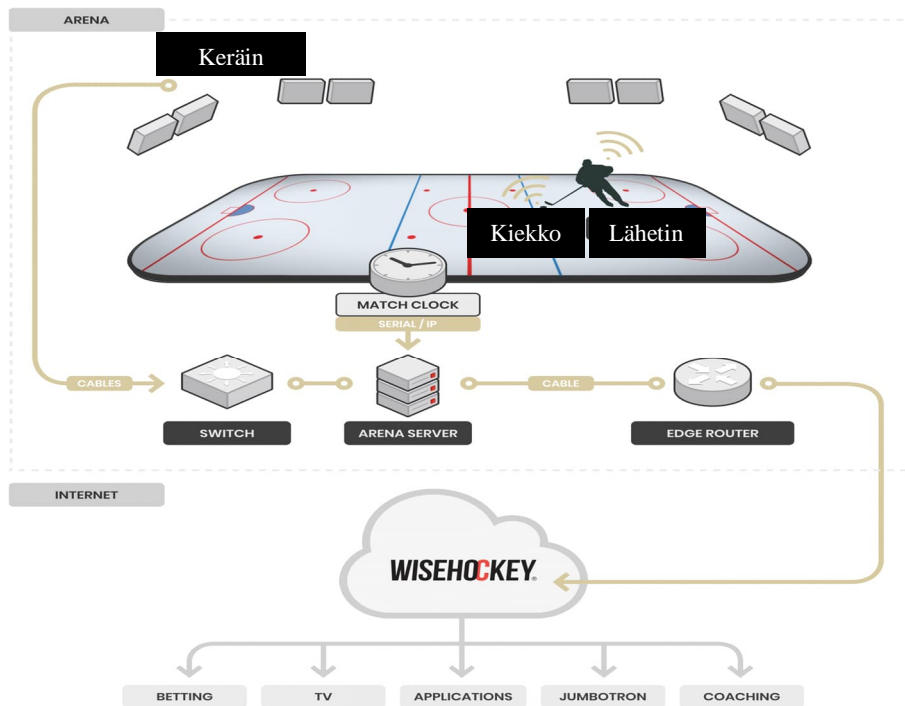
Tutkimuksessa analysoitiin kauden 2022-2023 kaikkien Liigan joukkueiden tasakentällisin suorittamat suoraohyökkäystilanteet. Otteluita yhdellä joukkueella oli runkosarjassa 60 kpl. Yhteensä joukkueiden ottelumäärä oli 900 ottelua, joissa syntyi 11 397 kpl laukaukseen päätyneitä suoraohyökkäystilanteita tasakentin.

6.2 WiseHockeyn älykiekkojärjestelmä

Tutkimuksessa hyödynnettiin WiseHockey Oy:n älykiekkojärjestelmän (kuva 8) tuottamaa automaattista dataa jääkiekon Liigan runkosarjasta kaudelta 2022-2023. Ohyökkäysvauhti on mitattu automaattisesti kiekollisesta pelaajasta ohyökkäyssiniviivan ylityksessä. Kiekossa ja jokaisella pelaajalla on rintapanssarissaan Bluetooth-lähetin, jota areenoille rakennetut keräimet tallentavat reaaliajassa. Tallennettu paikannusdata analysoidaan automaattisesti järjestelmän pilvipalvelussa, jossa algoritmit muuntavat paikannus- sekä pelikellodatan visuaaliseen muotoon tilastoiksi. xG on myös automaattisesti muodostettu WiseHockeyn omalla algoritmilla (WiseHockey Oy). Ohyökkäyksen keskilinjan ylitys, voimasuhde sekä ohyökkäyssiniviivan ylityskohta on tässä työssä analysoitu manuaalisesti videolta WiseHockeyn nettiportaalista joukkuekohtaisesti työn valmistumisen nopeuttamiseksi. Taulukossa 1 on esitetty WiseHockeyn järjestelmän nopeusalueet.

TAULUKKO 1. WiseHockeyn järjestelmän nopeusalueet.

Nopeusalue	km/h	m/s
Nopeusalue 1	0 – 10	0 – 2,77
Nopeusalue 2	10 – 15	2,77 – 4,17
Nopeusalue 3	15 – 20	4,17 – 5,56
Nopeusalue 4	20 – 25	5,56 – 6,94
Nopeusalue 5	> 25	> 6,94



KUVA 8. WiseHockeyyn järjestelmä kuvitettuna.

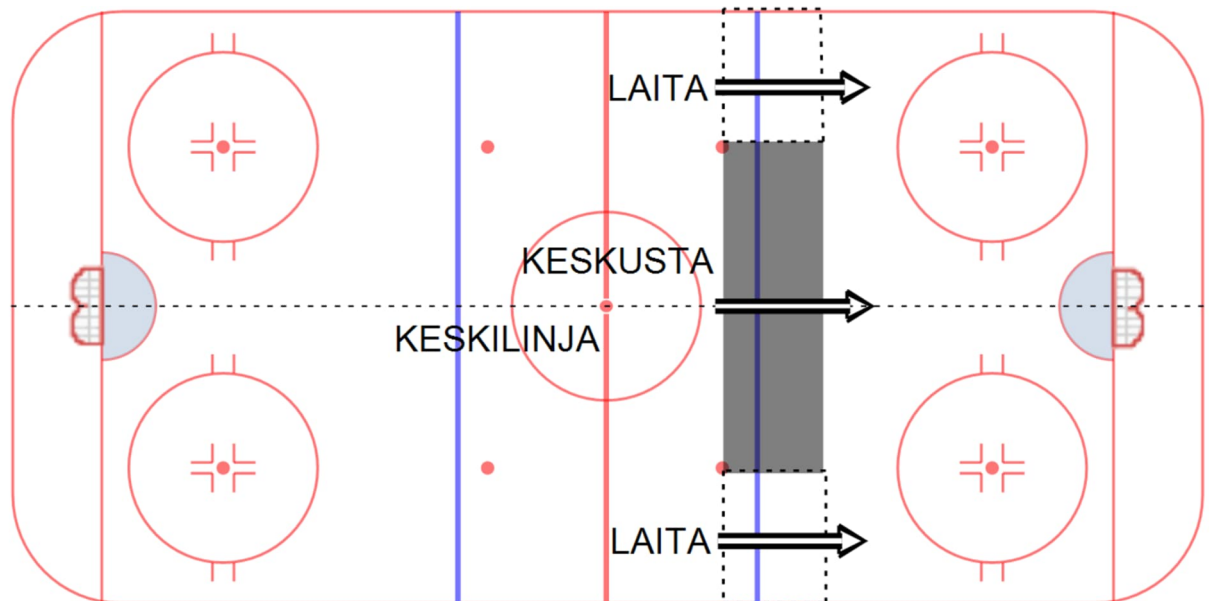
6.3 Tiedonkeruu WiseHockeyyn järjestelmästä

Data muodostettiin älykiekkojärjestelmän (kuva 8) avulla ottelukohtaisesti Exceliin, joten tilanteiden yhdistäminen datan ja nettiportaalin välillä tapahtui manuaalisesti. Datan yhdistämisen luotettavuuden parantamiseksi sekä työn helpottamiseksi ottelut käytiin läpi joukkuekohtaisesti suodattamalla kunkin joukkueen kotiottelut erikseen Excelissä ja käyden ne ottelu sekä maalitilanne kerrallaan järjestyksessä lävitse. Samalla tavalla suodatettiin kentällä olevien pelaajien lukumäärä 5 per joukkue, jolloin erikoistilanteita ei huomioitu.

Suorahyökkäystilanteiden määrittelemiseksi tilanteen tuli päättyä maalintekoyritykseen 5 sekunnin sisällä alueelle tulosta. Suorahyökkäystilanteita, jotka päättyivät maalintekoyritykseen eli laukaukseen maalia kohti, maaliin, blokkiin tai ohi oli viime kaudella tasakentän pelatessa yhteensä 11397 kpl, joista maali syntyi 684 hyökkäyksessä. Tutkimuksesta karsiutui pois 86 maalia, kun jäällä olevat kenttäpelaajat suodatettiin viiteen per joukkue maalinteko hetkellä. Suodattamalla pelaajat viiteen per joukkue saatiin karsittua esimerkiksi maalivahdin pois ottamisen tai siirretyn rangaistuksen seurauksena syntyneet maalit pois tutkimuksesta. Tutkimukseen hyväksyttiin analysoitavaksi 495 maalia. Jokainen maaliin johtanut suorahyökkäystilanne käytiin yksitellen läpi WiseHockey nettiportaalista

joukkuekohtaisesti ja analysoitiin manuaalisesti kuvassa 9 esitettyjen tutkimuksen muuttujien osalta:

- Keskilinjan ylittäminen
- Voimasuhde hyökkäyssiniiviin päällä
- Hyökkäyssiniiviin ylityskohta



KUVA 9. Tutkimuksessa käytettyjen termien määritelmät.

Voimasuhteen määrittämisessä noudatettiin periaatetta, montako puolustavaa pelaajaa oli oman maalin ja kiekon välissä suhteessa hyökkäävien pelaajien lukumäärään (Schulze ym. 2022). Mikäli puolustava pelaaja oli mailaetäisyydellä kiekollisesta keskustan puolella, laskettiin hänet mukaan puolustavien pelaajien vahvuuteen, vaikkei pelaaja ollut oman maalin puolella. Voimasuhde määritettiin hyökkäyssiniiviin tuntumassa subjektiivisen tulkinnan mukaisesti aina saman käyttäjän toimesta. (Lignell ym. 2020)

Keskilinjän ylityksessä ratkaisevana tekijänä oli kiekon liike. Keskilinja voitiin siis ylittää sekä kuljettamalla että syöttämällä. Myös syötöt, jotka lähtivät puolustusalueelta, mutta joissa kiekko ylitti keskilinjän keskialueella, huomioitiin tutkimuksessa. Samoin hyökkäyssiniiviin ylityskohtaa tarkasteltaessa seurattiin kiekon linjaa. Mikäli kiekko meni paitsiopisteiden välistä syöttämällä tai kuljettamalla sisään alueelle tulkittiin se keskeltä menoksi. Mikäli kiekko syötettiin keskeltä laitaa paitsiopistelinjan ulkopuolelle, tulkittiin se tutkimuksessa laidasta menoksi. (Tulsky ym. 2013; Wilderoth ym. 2022)

6.4 Tilastolliset menetelmät

Kerätty data analysoitiin Jamovi-tilastointiohjelmistolla. Olettamuksena on, että tilanteet eivät ole riippuvaisia toisistaan vaan ne käsitellään itsenäisinä tapahtumina jääkiekon dynaamisen kompleksisuuden vuoksi. Tilastollisista menetelmistä hyödynnettiin varianssianalyysia (yksisuuntainen Anova) tarkasteltaessa kahden riippumattoman ryhmän keskiarvojen välistä tilastollista merkitsevyyttä. Lisäksi käytettiin Pearsonin korrelaatiomatriisia selvitettyä muuttujien välisiä mahdollisia yhteyksiä toisiinsa sekä binomi testiä kahden luokkamuuttujan välisen tilastollisen merkitsevyyden testaamiseksi. Kiiin neliötestiä käytettiin vertailtaessa kahden ryhmän välistä tilastollista merkitsevyyttä. Dataa analysoitiin myös perinteisten kuvaajien avulla Microsoft Excelillä.

6.5 Tutkimuksen etiikka

Liigassa pelaavat pelaajat ovat ammattilaisia ja ovat lajin suosion vuoksi useammalla paikkakunnalla tunnistettavia julkisuuden henkilöitä ammattinsa takia. Tutkimuksessa ei käytetty eikä tuoda julki pelaajien pelinumeroita, pelipaikkoja, joukkueita eikä muitakaan materiaaleja, joista pelaajat olisivat tunnistettavissa. Tutkimuksessa keskityttiin pelkästään objektiiviseen dataan eikä yksittäisten pelaajien tekemiä suorituksia tilastoitu. Joukkuekohtaisessa sarjasijoitukseen perustuvassa analyysiosiossakin pidettiin joukkueet anonymoina, vaikka tieto runkosarjan sijoituksista onkin julkista tietoa. Näin ollen erillistä tutkimuslupaa ei pelaajilta eikä seuroilta tähän tutkimukseen tarvittu. Tutkimusta varten on lupa kuitenkin hankittu Liigalta, joka omistaa materiaaioikeudet otteluista sekä käytetyistä videotallenteista.

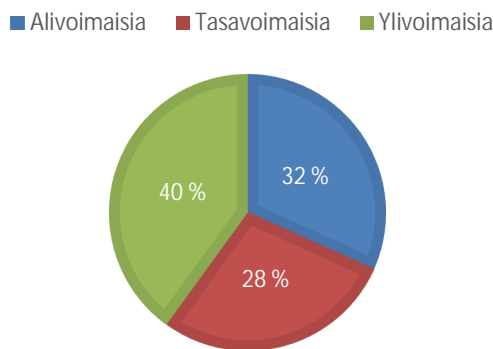
WiseHockeyn järjestelmän data on tarkoitettu ainoastaan tätä tutkimusta varten, eikä datan käyttäminen muihin kuin tutkimustarkoitukseen ole sallittua. Koska data on täysin anonymia ei tarkempia tietosuojasäännöksiä datan säilyttämiseksi tarvita.

Tutkimuksen tekemisessä on pyritty noudattamaan hyvää, rehellistä ja luotettavaa tieteellistä käytäntöä eikä tutkimuksen tekijällä ole sidonnaisuuksia kaupalliseen tekijään WiseHockey Oy:hyn. Tutkija työskentelee Jukurit Hc Oy:n palveluksessa mutta ei ole sidoksissa eikä yhteistyössä Jukurit liigajoukkueeseen millään tavoin. Tutkimukselle ei ole haettu eikä myöskään saatu ulkopuolista rahoitusta.

7 TUTKIMUSTULOKSET

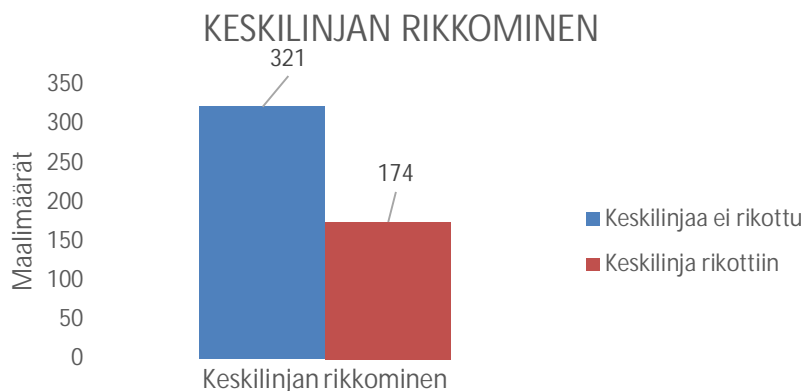
Suorahyökkäystilanteita oli kaikilla 15 joukkueella tasakentällisin yhteensä 11397. Näistä tilanteista maaleja syntyi tasakentällisin 684 (6 %). Tutkimukseen hyväksytyjä maaleja oli 495. Kuvassa 10 on esitettyinä syntyneet maalit eri voimasuhteista. Maaleja syntyi eniten ylivoimaisista hyökkäyksistä 198 (40,1 %), toiseksi eniten alivoimaisista 157 (31,8 %) ja vähiten tasavoimaisista 140 (28,1 %). Tulokset olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0.001$).

SYNTYNEET MAALIT ERI VOIMASUHTEISTA



KUVA 10. Eri voimasuhteista syntyneiden maalien prosentuaaliset osuudet.

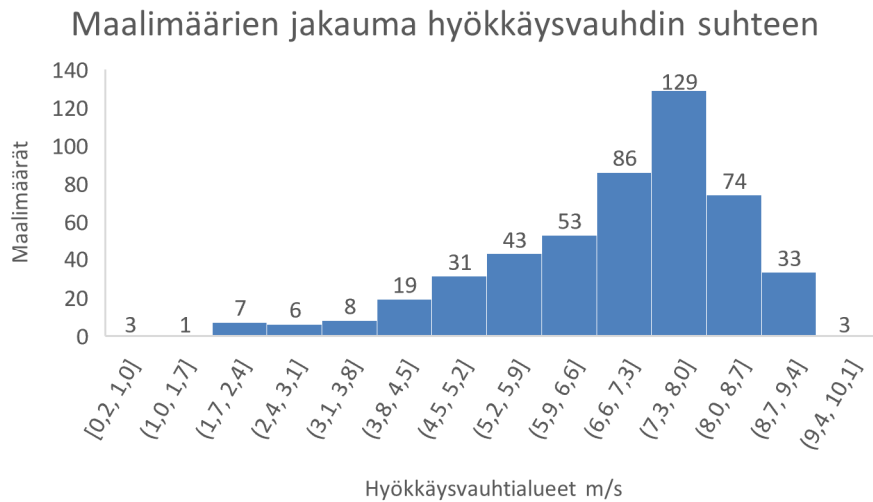
Kuvasta 11 nähdään, että suurimassa osassa syntyneistä maaleista (321) ei rikottu keskilinjaa keskialueella ja 174 maalia syntyi hyökkäyksen päätteeksi, jossa keskilinja rikottiin keskialueella. Molemmat tulokset olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0.001$).



KUVA 11. Maalimäärät tilanteissa, joissa keskilinja rikottiin.

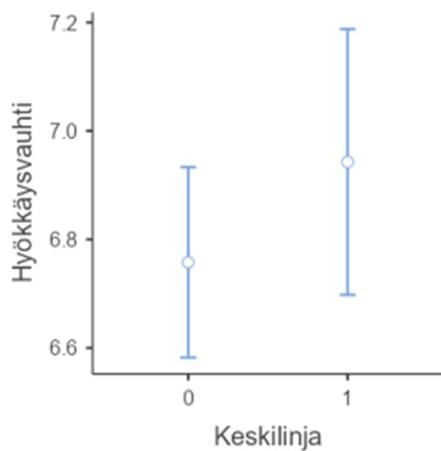
7.1 Hyökkäysvauhti

Hyökkäysvauhtien osalta eniten maaleja (129) syntyi nopeusalueella 7,3-8,0 m/s, joka on 26,1 % tutkimukseen kelpuutetuista maaleista. Kolmen eniten maaleja tuottaneen nopeusalueen (6,6-8,7 m/s) maalimäärä oli yhteensä 289 maalia vastaten 58,4 % kaikista tutkimuksessa analysoiduista maaleista. Tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Kuvassa 12 on esitettyä syntyneet maalimäärät eri nopeusalueen mukaan.



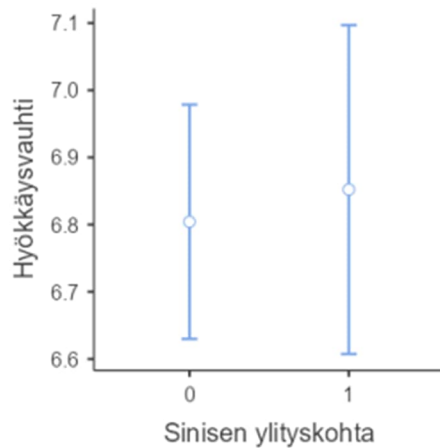
KUVA 12. Maalimäärät eri nopeusalueittain tasakentin Liigassa kaudella 2022-2023.

Kuvasta 13 nähdään, että keskilinjan rikkomisella saavutettiin keskiarvolla mitattuna korkeammat hyökkäysvauhdit, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($df = 493$, $p = 0.227$).



Kuva 13. Hyökkäysvauhdin muutos keskilinjan ylityksellä maaliin johtaneissa hyökkäyksissä. Kuvassa "0" tarkoittaa että keskilinjaa ei rikottu ja "1" tarkoittaa että keskilinja rikottiin.

Kuvassa 14 on esitetty hyökkäysvauhdin muutokset siniviivan eri ylityskohdista maaliin johtaneissa hyökkäyksissä. Hyökkäysvauhdit olivat keskiarvollisesti hiukan suuremmat (6,85 vs. 6,80 m/s) mentäessä alueelle keskeltä, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p = 0.753$)



KUVA 14. Hyökkäysvauhdit siniviivan eri ylityskohdista. Kuvassa ”0” tarkoittaa alueelle sisääntuloa laidasta ja ”1” paitsiopisteiden välistä.

Taulukossa 2 on esitettyä hyökkäykset ja niiden hyökkäysvauhdit, kun keskilinjaa ei rikottu. Korkeimmat hyökkäysvauhdit havaittiin tasavoimaisissa hyökkäyksissä ja keskilinjaa rikkomisella korkeimmat vauhdit syntyivät alivoimaisista hyökkäyksistä. Taulukossa 3 on nähtävillä hyökkäykset, joissa keskilinja rikottiin. Suurimmat keskivauhdit syntyivät alivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa rikottiin keskilinja (7,27 m/s) ja alueelle mentiin laidasta. Hitaimmat keskivauhdit taas olivat alivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa keskilinjaa ei rikottu ja alueelle murtauduttiin laidasta (6,45 m/s). Eroa suurimman ja hitaimman hyökkäysvauhtien keskiarvossa oli 0,82 m/s (12,7 %).

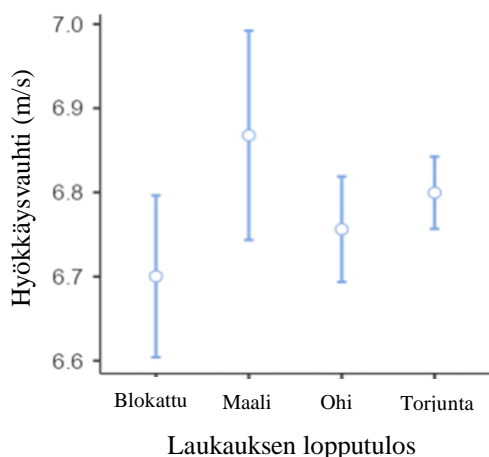
TAULUKKO 2. Hyökkäysten jakauma ja hyökkäysvauhti, kun keskilinjaa ei rikottu

	Ylityskohta laita		Hyökkäysvauhti m/s	Ylityskohta keskusta		Hyökkäysvauhti m/s
	n	%		n	%	
Voimasuhde						
Alivoimainen	67	28,88	6,45	21	23,60	6,89
Tasavoimainen	73	31,47	7,05	23	25,84	7,00
Ylivoimainen	92	39,66	6,74	45	50,56	6,63
Yhteensä	232	100	6,75	89	100	6,79

TAULUKKO 3. Hyökkäysten jakauma ja hyökkäysvauhti, kun keskilinja rikottiin

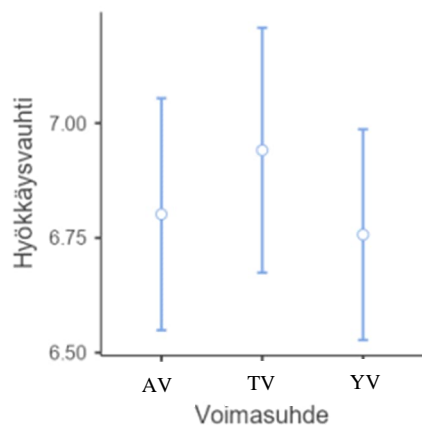
Voimasuhde	Ylityskohta laita		Hyökkäysvauhti m/s	Ylityskohta keskusta		Hyökkäysvauhti m/s
	n	%		n	%	
Alivoimainen	36	52,17	7,27	33	31,43	6,97
Tasavoimainen	17	24,64	6,65	27	25,71	6,79
Ylivoimainen	16	23,19	6,71	45	42,86	6,94
Yhteensä	69	100	6,99	105	100	6,91

Kuvassa 15 on esitetty hyökkäysvauhdin ja laukauksen lopputuloksen välistä suhdetta. Maaliin johtaneissa laukauksissa hyökkäysvauhti oli korkeampi, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (n = 11382, p = 0.116).



KUVA 15. Hyökkäysvauhti ja hyökkäyksen lopputulema.

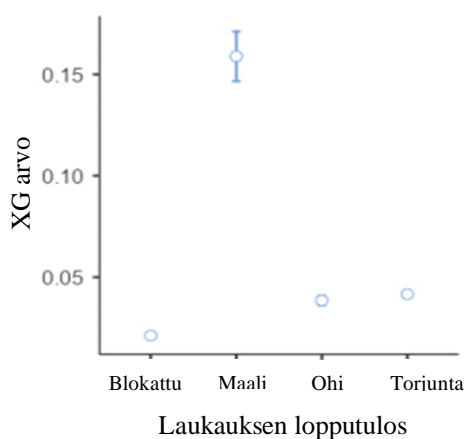
Myöskään kuvassa 16 esitetystä hyökkäysvauhdin ja hyökkäyksen voimasuhteen välillä ei ollut tilastollista merkitsevyyttä Anova testillä mitattuna (n = 494, p = 0.574).



KUVA 16. Hyökkäysvauhti ja hyökkäyksen voimasuhde. ”AV” tarkoittaa alivoimaista, ”TV” tasavoimaista ja ”YV” ylivoimaista tilannetta hyökkäyssiniviivan ylityksessä.

7.2 Maaliiodottama

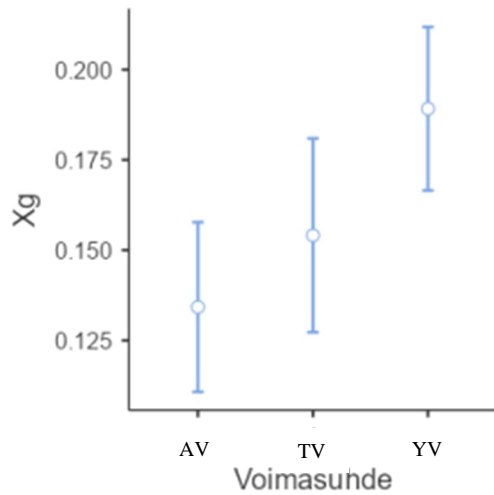
Maaliiodottaman ja hyökkäysvauhdin välillä ei ole havaittavissa korrelaatiota tuloksen ollessa kuitenkin tilastollisesti merkitsevä ($r = 0.028$, $n = 11313$, $p = 0.003$). Laukauksen lopputuloksen ja xG:n välillä havaittiin tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ($n = 11315$, $p < 0.001$). Tulokset on esitetty kuvassa 17.



KUVA 17. Maaliiodottaman ja laukauksen lopputuloksen välinen Anova tarkastelu.

Kuvassa 18 on esitettynä maaliiodottaman ja voimasuhteen välinen tarkastelu. Maaliiodottama oli pienimmillään alivoimaisissa hyökkäyksissä (0.134), tasavoimaisissa (0.154) ja ylivoimaisissa suurin (0.189). Maaliiodottamalla ja hyökkäyksen voimasuhteella havaittiin

tilastollisesti merkitsevä ero ($n = 492$, $p = 0.004$). Alivoimaisen ja ylivoimaisen hyökkäyksen xG:n välillä Post-Hoc tarkastelussa löytyi tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.003$).



KUVA 18. Maali odottaman ja hyökkäyksen voimasuhteen välinen Anova-tarkastelu. Kuvassa ”AV” tarkoittaa alivoimaista, ”TV” tasavoimaista ja ”YV” ylivoimaista hyökkäystilannetta.

Taulukosta 4 voidaan havaita, että korkein xG oli ylivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa rikottiin keskilinja sekä alueelle murtauduttiin keskeltä xG (0,206). Pienin xG oli alivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa keskilinjaa ei rikottu ja alueelle tultiin keskeltä 0,094. Eroa suurimman ja pienimmän xG:n keskiarvojen välillä oli 0,112 (120,15 %).

TAULUKKO 4. Hyökkäysten jakauma ja maali odottama xG, kun keskilinjaa ei rikottu

Voimasuhde	Ylityskohta laita			Ylityskohta keskusta		
	n	%	xG	n	%	xG
Alivoimainen	67	28,88	0,142	21	23,60	0,094
Tasavoimainen	73	31,47	0,143	23	25,84	0,163
Ylivoimainen	92	39,66	0,200	45	50,56	0,171
Yhteensä	232	100	0,166	89	100	0,151

xG kasvaa voimasuhteen mukaan loogisesti, jolloin ylivoimaisissa hyökkäyksissä on suurimmat maali odottamat ja alivoimaisissa pienimmät. Prosentuaalisesti eniten maaleja syntyi ylivoimaisista hyökkäyksistä molemmissa siniviivan ylityskohdissa.

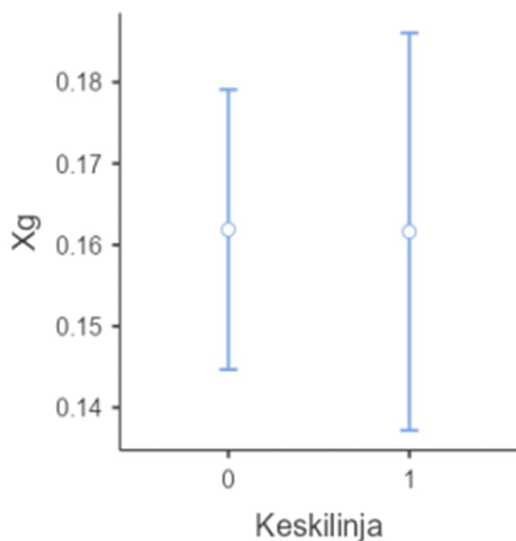
TAULUKKO 5. Hyökkäysten jakauma ja maali odotus xG , kun keskilinja rikottiin

Voimasuhde	Ylityskohta laidasta			Ylityskohta keskusta		
	n	%	xG	n	%	xG
Alivoimainen	36	52,17	0,15	33	31,43	0,127
Tasavoimainen	17	24,64	0,172	27	25,71	0,16
Ylivoimainen	16	23,19	0,127	45	42,86	0,206
Yhteensä	69	100	0,150	105	100	0,169

7.3 Keski alueella keskilinjan rikkomisen

Kun keskilinjaa ei rikottu niin maaleja syntyi enemmän laidasta sisään mentäessä (232) kuin keskeltä alueelle mentäessä (89). Ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Maalimäärät poikkeavat, kun keskilinja rikottiin keski alueella. Taulukosta 5 voidaan havaita maaleja syntyneen määrällisesti enemmän keskeltä alueelle mentäessä (105), kuin että alueelle menttiin laidasta (69). Ero on myös tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$).

Prosentuaalisesti eniten maaleja syntyi alivoimaisista hyökkäyksistä (52,17 %), joissa alueelle menttiin laidasta hyökkäysvauhdin ollessa korkeimmillaan 7,27 m/s. Määrällisesti eniten maaleja ($n=45$) tehtiin ylivoimaisista hyökkäyksistä keskeltä alueelle mentäessä, jolloin myös xG oli korkeimmillaan (0,206). Sen sijaan pienin xG oli ylivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa keskilinja rikottiin mutta alueelle menttiin laidasta (0,127) sekä alivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa alueelle menttiin keskeltä (0,127). Kuvassa 19 on esitetty keskilinjan rikkomisen vaikutus xG :hen, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. ($n = 492$, $p = 0.987$).



KUVA 19. xG:n ja keskilinjan rikkomisen välinen Anova tarkastelu. Vasemmalla ”0” tarkoittaa että keskilinjaa ei rikottu ja ”1” että keskilinja rikottiin.

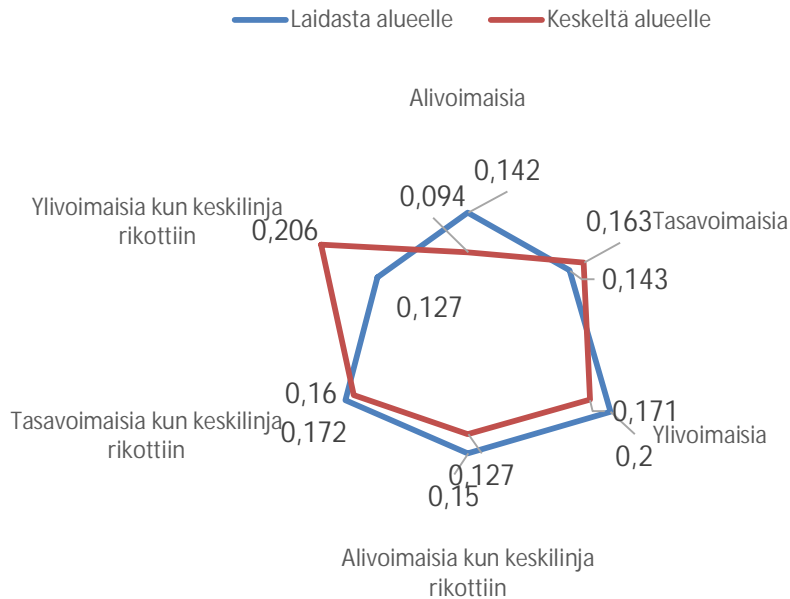
7.4 Siniviivan ylityskohta

Kuvasta 20 on esitettyä maalien jakauma prosentuaalisesti eri siniviivan ylityskohdasta. Laidasta siniviiva ylitettäessä maaleja syntyi 301 (60,8 %), kun keskeltä alueelle mentäessä maaleja tehtiin 194 (39,2 %). Molemmat tulokset olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0.001$).



KUVA 20. Hyökkäysten ylityskohta.

xG:n muutoksia tarkasteltaessa kuvasta 21 voidaan havaita eroa ylivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa keskilinja rikottiin ja alueelle murtauduttiin keskeltä sekä alivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa keskilinjaa ei rikottu ja alueelle murtauduttiin laidasta. Sinisen ylityskohdalla ei myöskään havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä xG:hen ($n = 492$, $p = 0.979$)



KUVA 21. xG:n muutokset voimasuhteen, ylityskohdan sekä keskilinjan rikkomisen mukaan.

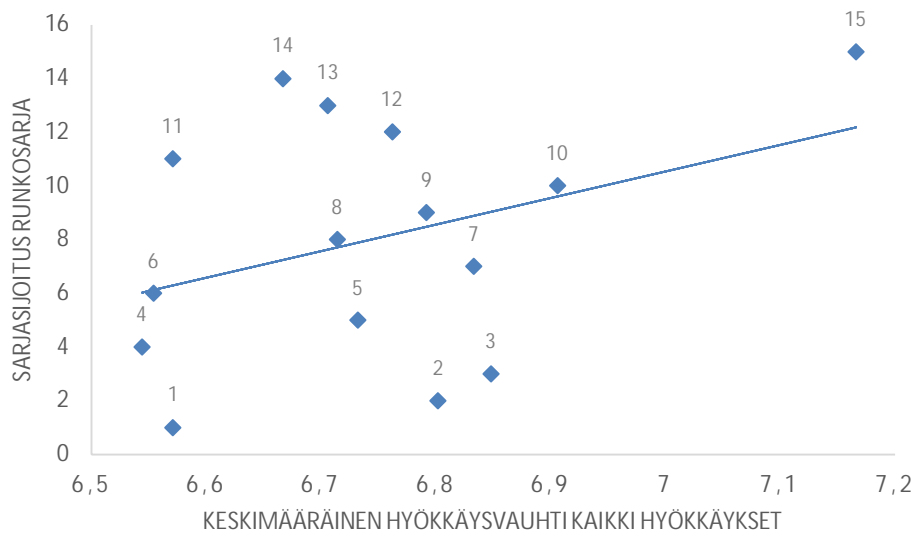
Xg:n ja siniviivan ylityskohdan välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0.979$).

7.5 Korrelaatiomatriisi

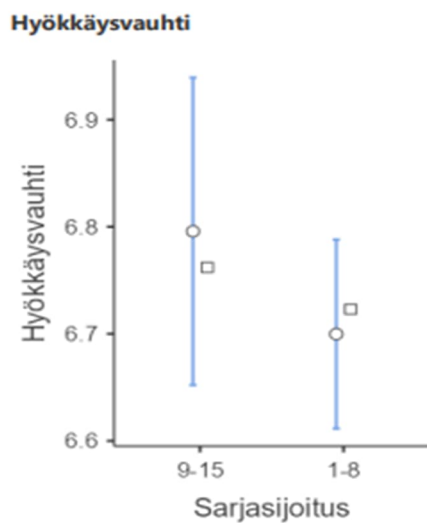
Pearsonin korrelaatiomatriisista (liite 1) on havaittavissa tilastollisesti erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio sinisen ylityskohdan sekä keskilinjan rikkomisen välillä ($r = 0.319$, $p < 0.001$). XG:n ja voimasuhteen välillä on löyhä korrelaatio tuloksen ollessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ($r = 0.148$, $p < 0.001$). Muiden muuttujien välillä ei löytynyt tilastollista lineaarista yhteyttä.

7.6 Hyökkäysvauhti ja sarjasijoitus

Joukkueiden keskiarvoisella hyökkäysvauhdilla sekä sarjasijoituksen välillä havaittiin Pearsonin korrelaatioissa (liite 1) negatiivinen yhteys, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($r = -0.303$, $p = 0.272$). Kuvassa 22 on esitetty keskimääräinen kaikkien suorienhyökkäysten hyökkäysvauhti sekä joukkueiden sarjasijoitus runkosarjan päätteeksi.



Kuva 22. Hyökkäysvauhdin ja sarjasijoituksen välinen korrelaatio joukkueiden kaikkien suorahyökkäysten keskiarvovauhdeilla.



Kuva 23. Hyökkäysvauhdin ja sarjasijoituksen välinen kuvaaja.

Kuvassa 23 on havaittavissa ero sijoille 1–8 yltäneiden joukkueiden hyökkäysvauhtien keskiarvon (6,70 m/s) sekä sijoille 9–15 (6,80 m/s) välillä. Ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p = 0.272$).

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia hyökkäysvauhdin vaikuttavuutta jääkiekon suorahyökkäyspelaamisen maalintekoon eri muuttujien avulla. Samalla haluttiin selvittää mitkä tekijät mahdollisesti vaikuttavat hyökkäysvauhtiin ja onko tuloksella vaikutusta joukkueiden menestykseen kauden aikana. Aikaisempaa tutkimustietoa ei työtä tehdessä ollut jääkiekon parista, mutta muista lajeista vastaavia tutkimuksia oli saatavilla. Lajien vertailu keskenään on haastavaa muun muassa eri alustan, pelaajamäärän sekä kontaktin sallimisen myötä, vaikka tietyt pallopelien lainalaisuudet pätevät lajista riippumatta.

Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan pitää korkeampien hyökkäysvauhtien (nopeusalue 4 tai 5) tuottavan enemmän maaleja kuin matalammat vauhdit. Eniten maaleja (129) syntyi nopeusalueella 5 (7,3-8,0 m/s). Suurin osa (58,4%) tutkimuksen maaleista syntyi vauhtien ollessa 6,6-8,7 m/s tuloksen ollessa tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Tätä korkeammilla nopeuksilla maalimäärät laskivat selvästi. Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Tutkimus tulos on tiettävästi ensimmäinen laatuaan jääkiekossa, jossa on havaittu suorahyökkäyspelaamisen maalinteon kannalta ihanne nopeusalue.

Lisäksi tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, saavutetaanko korkeammalla hyökkäysvauhdilla suurempaa maaliodottamaa tai poikkeavatko hyökkäysvauhdit hyökkäyksen voimasuhteen mukaan. Hyökkäysvauhdin ja sarjasijoituksen välistä yhteyttä haluttiin myös tarkastella aiemman tutkimusnäytön pohjalta.

8.1 Hyökkäysvauhti

Tutkimuksessa hyökkäysvauhti mitattiin kiekollisesta pelaajasta WiseHockeyn järjestelmän avulla ja hyökkäyksistä muodostettiin WiseHockeyn algoritmillä automaattisesti maaliodottama kullekin hyökkäykselle. Hyökkäysvauhdit vaihtelivat 0,066–11,55 m/s välillä. Hyökkäysvauhdin vaikutusta verrattiin lisäksi maaliin johtaneissa hyökkäyksissä hyökkäyksen keskilinjan rikkomiseen, voimasuhteeseen sekä ylitystapaan. Yhdenkään muuttujan väliltä ei löytynyt tilastollista merkitsevyyttä suhteessa hyökkäysvauhtiin.

Yhteensä maaliin johtaneita hyökkäyksiä oli 495, joista 306:ssa hyökkäysvauhti oli suurempi kuin kaikkien hyökkäysten keskiarvo (6,82 m/s). Alle keskiarvon olleita hyökkäyksiä oli

puolestaan 190. Maaleihin johtaneista hyökkäyksistä 62 % hyökättiin keskiarvoa korkeammilla hyökkäysvauhdeilla. WiseHockeyn nopeusalueet ovat hiukan korkeammat kuin aiemman tutkimuskirjallisuuden korkean intensiteetin nopeudet $> 4,72$ m/s (Lignell ym. 2018; Vigh-Larsen ym. 2022).

Absoluuttisella maksimi hyökkäysvauhdilla ei vaikuttaisi olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta suorahyökkäyspelaamisen maalin syntyyn. Löydös poikkeaa aiemmista tutkimuksista toisista lajeista, joissa korkeilla hyökkäysvauhdeilla on ollut positiivinen vaikutus maalin syntyyn (Schulze ym. 2022; Modric ym. 2019; Rhodes ym. 2021; Douglas ym. 2019) Näiden kahden päämuuttujan välillä ei ollut havaittavissa korrelaatiota eikä tilastollista merkitsevyyttä.

Keskilinjän rikkomisella saavutettiin keskiarvolla tarkasteltuna korkeampia keskinopeuksia verrattuna, että keskilinjaa ei rikottu. Hyökkäyksiä, joissa keskilinja rikottiin, oli kuitenkin selkeästi vähemmän kuin hyökkäyksiä, jotka etenivät samaa kaistaa pitkin. Suurin määrä maaleista syntyi suoraviivaisen hyökkäämisen päätteeksi samalla kaistalla ($p < 0.001$). Tutkimuksen hypoteesina oli, että rikkomalla keskilinja saavutettaisiin korkeampi hyökkäysvauhti, joka johtaisi korkeampaan maaliodottamaan. Tämä hypoteesi ei toteutunut, vaikka keskiarvolla mitattuna vauhti kasvoi. Kasvaneen vauhdin osalta ei löytynyt tilastollista merkitsevyyttä eikä tilanteet johtaneet myöskään korkeampiin maaliodottamiin. Mahdollisesti syynä voi olla vauhdin kasvaminen liian suureksi suhteessa hyökkäävän pelaajan taitotasoon. Korkeilla nopeuksilla toimittaessa yksittäisen pelaajan taito-ominaisuudet ovat koetuksella, joka voisi osaltaan selittää miksi absoluuttisella maksimivauhdilla ei ollut tilastollista merkitsevyyttä xG:hen eikä vauhdin kasvattaminen tietyn pisteen jälkeen enää näyttänyt kasvattavan maalimääriäkään. Keskilinjän rikkominen on saattanut muuttaa hyökkäyksen voimasuhteita alivoimaiseksi, joka vaikuttaisi laskevasti hyökkäyksen maaliodottamaan.

Toisaalta on huomioitava, että tutkimuksessa määrällisesti suurin osa maaleista syntyi alivoimaisista hyökkäyksistä, kun keskilinja rikottiin ja alueelle mentiin sisään laidasta. Tämä saattaisi selittyä kasvaneella hyökkäysvauhdilla suhteessa puolustaviin pelaajiin ja kasvaneen hyökkäysvauhdin turvin hyökkäävä pelaaja pääsisi paremmalle maalintekoalueelle, joka olisi linjassaan aiemman tutkimusnäytön kanssa (Johansson ym. 2022; Lignell ym. 2020). Toisin sanoen vauhtieron luominen puolustavaan nähden on todennäköisesti hyökkäävän pelaajan etu, vaikkei maksimaalisella nopeudella olisikaan tilastollista merkitsevyyttä.

Korkeammat hyökkäysvauhdit haastavat maalivahtien torjuntatyöskentelyä pienentämällä heidän käytössään olevaa aikaa tilanteen hahmottamiselle, QE:lle sekä heidän sijoittumistaan suhteessa hyökkävään pelaajan liikkeisiin. Tulos on linjassaan aiemman tutkimusnäytön kanssa, jossa todettiin maalinteon todennäköisyyden kasvavan mikäli, maalivahti ei saanut tarkennettua katsettaan kiekkoon ajoissa (Panchuk ym. 2017). Hitaammassa hyökkäyksessä maalivahdin on mahdollista saada itselleen enemmän aikaa tilanteen hahmottamiseksi ja sen vaatiman torjuntatyöskentelyn ratkaisemisen helpottamiseksi. Lisäksi korkeamman vauhdin turvin hyökkävään on mahdollista päästä lähemmäksi maalia, jolloin maalivahdin käytettävissä oleva aika vähenee entisestään. Vauhtierot haastavat myös puolustajien havaintomotorista toimintaa ja päätöksenteon tulisi myös heillä tapahtua pienemmässä aika-ikkunassa.

8.2 Maaliiodottama

Maaliiodottamalla ja hyökkäyksen voimasuhteella havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($n = 492$, $p = 0.004$). Suurimmat maaliiodottamat syntyivät ylivoimaisista hyökkäyksistä, kun alueelle mentiin sisään keskeltä (xG 0,206). Ylivoimaiset hyökkäykset tuottivat lähtökohtaisesti suurimmat xG :t hyökkäysvauhtien ollessa kuitenkin pääasiassa keskiarvon alapuolella. Poikkeuksena hyökkäykset, joissa keskilinjan rikkomisella kasvatettiin hyökkäysvauhtia ja alueelle hyökättiin keskeltä ylivoimaisena (xG 0,206). Näistä hyökkäyksistä syntyi korkeimman xG :n lisäksi eniten maaleja (45) hyökkäysvauhdin ollessa myös keskiarvoa korkeampi (6,94 m/s). Ylivoimaisten hyökkäysten korkeampi xG on aikaisempien tutkimusten mukainen, joissa todettiin maalin syntyvän todennäköisemmin, kun vastassa on vähemmän vastustajia tai hyökätessä organisoimatonta puolustusta vastaan. (Schulze ym. 2022; Lago-Ballesteros ym. 2012; Gonzales-Rodenas ym. 2019).

Tulosta voidaan selittää myös Lignellin ym. (2020) havainnolla useamman pelaajan osallisuudesta hyökkäykseen, jolloin puolustavien pelaajien sekä maalivahdin tilanteen hahmottaminen vaikeutuu sekä samalla hyökkävien pelaajien tilanteen ratkaisemiseen tarjolla olevien vaihtoehtojen määrä kasvaa. Tästä hyötynevät erityisesti taitavammat pelaajat, jotka kykenevät paremman tarkkaavaisuutensa (Zhang ym. 2021) avulla hahmottamaan nopeammin muuttuvan ympäristön tarjoamat mahdollisuudet (Mann ym. 2007; Christie ym. 2017). Toisin sanoen hyökkäyksen päättämiseksi on enemmän vaihtoehtoja eli uhkaa kuin pienemmällä pelaajamäärällä toteutetussa. Samoin muuttuvat voimasuhteet mahdollistavat kiekolliselle

joukkueelle edun kasvavan tilan ja ajan avulla (MacDonald ym. 2012), joka mahdollisesti näkyy ylivoimaisten hyökkäysten keskiarvoa hitaampina hyökkäysvauhteina.

Aiemman tutkimusnäytön perusteella ylivoimaisia hyökkäyksiä syntyy esimerkiksi taklaamalla itsensä tilanteen ulkopuolelle (MacDonald ym. 2012) tai hyökkäävän pelaajan reagoidessa muuttuvaan pelitilanteeseen puolustavaa pelaajaa nopeammin (Connolly 2017). Ruotsin pääsarjassa SHL:ssä tasakentällisin syntyi kaudella keskimäärin 244 hallinnan muutosta yhdessä ottelussa (Wilderoth ym. 2022). Tämä vaatii yksittäiseltä pelaajalta nopeaa havaintomotorista taitoa (Kassem ym. 2022; Mann ym. 2007) yhdistettynä korkeaan voimatasoon (Suchomel ym. 2016) sekä voimantuottoon luistelun ensipotkujen osalta suunnanmuutoksessa (Stetter ym. 2016; Zupan ym. 2009; Budarick ym. 2020). Lisäksi pelaajan tulisi kyetä ylläpitämään korkeaa tehontuottoa läpi ottelun mahdollisimman korkealla tasolla. (Laurent ym. 2014; Vigh-Larsen ym. 2022)

Lajin nopeutuessa harjoittelussa olisi syytä huomioida yksittäisen pelaajan suunnanmuutoskyvyn jatkuva kehittäminen maksimivoimatasojen, lajinomaisen RFD:n, agonisti- ja antagonistilihashen välisen koordinaation, motoristen yksiköiden laadun, syttymistiheyden sekä taajuuden että lihas-jänne kompleksin kyvyn varastoida ja tuottaa elastista energiaa harjoittaminen yhdistettynä tehokkaaseen havaintomotoriseen oleellisen informaation etsintästrategiaan lyhkäisine fiksaatioineen.

8.3 Keskialueella keskilinjan rikkominen ja siniviivan ylityskohta

Pearsonin korrelaatiomatriisista (liite 1) on havaittavissa tilastollisesti erittäin merkitsevä positiivinen korrelaatio sinisen ylityskohdan sekä keskilinjan rikkomisen välillä ($r = 0.319$, $p < 0.001$). Hyökkäykset, joissa kiekko ylitti keskilinjan keskialueella ovat positiivisesti yhteydessä hyökkäysalueelle murtautumiseen keskustasta. Keskiarvallisesti korkein xG saavutettiin ylivoimaisissa hyökkäyksissä, joissa rikottiin keskilinja sekä alueelle murtauduttiin keskeltä (0,206). Keskilinjan rikkominen ei kuitenkaan vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi xG:hen ($p = 0.987$) kuten ei myöskään siniviivan ylitystapa ($p = 0.979$). Siniviivan ylittämiskohdalla ja maaliottamalla ($p = 0.979$) sekä ylityskohdalla ja hyökkäysvauhdilla ($p = 0.753$) ei havaittu Anovalla tarkasteltuna tilastollista merkitsevyyttä.

Keskilinjan rikkomisen positiivinen yhteys sinisen ylityskohtaan on havaittavissa myös maalimäärien muuttumisessa. Keskilinjan rikkomisella ja keskustasta alueelle hyökätessä maaleja syntyi selvästi enemmän (105) verrattuna laidasta alueelle hyökätessä (69). Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Mikäli keskilinjaa ei rikottu niin maaleja syntyi enemmän laidasta hyökätessä (232) verrattuna keskustasta hyökkäämiseen (89). Ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$). Keskialueella keskilinjan rikkominen vaikuttaisi olevan positiivisesti yhteydessä hyökkäyssiniviivan ylittämiseen keskustasta, jolloin hyökkäävä joukkue voisi saada itselleen enemmän tilaa sekä vaihtoehtoja hyökkäyksen päättämiseksi. Lisääntynyt tila ja kasvaneet vaihtoehdot todennäköisesti haastavat puolustavia pelaajia, jolloin mahdollisuudet edetä paremmalle maalintekoalueelle tai luoda laadullisesti parempi maalintekotilanne kasvanevat.

Tarkasteltaessa Wilderothin ym. (2022) tutkimusta Ruotsin SHL:stä voidaan havaita siellä eniten maaleja (167) tehneen joukkueen Skellefteån ylittäneen siniviivat useimmin kontrolloidusti. Tosin tutkimuksessa ei eritelty hyökkäyssiniviivan ylityskohtaa erikseen. Keskilinjan rikkominen tarkoittaa lähtökohtaisesti syöttöä tai kuljetusta keskialueella, jonka voidaan olettaa vaikeuttavan vastustajan puolustajien tilanteen hahmottamista sekä siihen reagoimista. Vaikeammin hahmotettava ympäristö yhdessä kasvavan hyökkäysvauhdin kanssa mahdollistaa hyökkäävälle useammin alueelle murtautumisen pelaamalla. Tämä voisi selittää myös tässä tutkimuksessa kasvaneen maalimäärän sekä positiivisen korrelaation keskeltä alueelle hyökätessä keskilinjan rikkomisen yhteydessä.

Toinen huomioitava tekijä on tilanteissa, joissa keskilinjan rikkomisella saatiin luotua toiselle laidalle korkea hyökkäysvauhti, jonka turvin hyökkäävä pelaaja on päässyt useammin kontrolloidusti alueelle ja kyennyt suuren vauhtieron avulla murtautumaan maalintekotilanteeseen. Alivoimaisista hyökkäyksistä laidasta alueelle mentäessä syntyi toiseksi eniten maaleja (36) hyökkäysvauhdin ollessa korkeimmillaan 7,27 m/s. Puolustava joukkue tyypillisesti haluaa ohjata peliä laitoihin, jolloin keskilinjan rikkomisella todennäköisesti on kyetty ohittamaan vastustajan puolustava pelaaja tai pelaajia sekä pakottamaan heidät kääntymään ja muuttamaan liikesuuntaansa terävästi.

Keskilinjan rikkomisella voidaan joissain tilanteissa kyetä haastamaan vastustajan puolustusta sekä mahdollisesti ohittamaan puolustava pelaaja/pelaajia ja näin ollen kenties muuttamaan hyökkäyksen voimasuhdetta tai luomaan vauhtieroja. Pyrittäessä hyökkäämään siniviivan yli

keskustasta on keskilinjan rikkominen tällöin jo keskialueella mahdollisesti kannattava vaihtoehto. Tässä tutkimuksessa tutkittiin keskilinjan rikkomista vain maaliin johtaneista tilanteista ja maali tehtiin useimmin kuitenkin suoraan laidasta alueelle mentäessä. Tosin näitä tilanteita todennäköisesti myös syntyy enemmän ottelun aikana.

8.4 Voimasuhde

Tutkimuksessa analysoiduista maaleista eniten syntyi voimasuhteeltaan ylivoimaisista hyökkäyksistä 198 (40,1 %). Tulos on aiemman tutkimuskirjallisuuden kanssa yhteneväinen (Schulze ym. 2022; Lago- Ballesteros ym. 2012; Gonzales-Rodenas ym. 2019). Maaleja syntyi toiseksi eniten alivoimaisista 157 (31,8 %) ja vähiten tasavoimaisista hyökkäyksistä 140 (28,1 %). Hyökkäysvauhdin ja voimasuhteen välillä ei löytynyt tilastollista merkitsevyyttä Anovan testillä testattuna. Ylivoimaisen hyökkäämisen osalta korkeinta maalimäärää selittänee todennäköisesti hyökkäyksen aiempienkin tutkimusten pohjalta hyökkäyksen korkeampi uhka eri variaatioiden muodossa sekä täten vaikeampi puolustaminen.

Alivoimaisten maalien määrää toiseksi korkeimpana voi selittää taas niiden lähtökohtaisesti korkeammat vauhdit, jolloin puolustaminen vaikeutuu ja hyökkäävä pelaaja pääsee korkean vauhtieron myötä paremmalle maalialueelle. Samoin maalivahdin toimintaa oletettavasti heikentää vähenevä tila- ja aika. On myös syytä muistaa, että vaikka hyökkäys on tulkittu tutkimuksessa alivoimaiseksi hyökkäyssiniviivalla, on tilanne maalin syntyhetkellä saattanut olla voimasuhteeltaan eri. Tulosta on mahdollista selittää myös maalivahdin torjunnasta syntyvien jatkotilanteiden tuottamien maalien avulla. Alivoimaisena hyökätessä laukaus maalia kohden voi tuottaa jääkiekon dynaamisen kompleksisuuden (Passos ym. 2008; Connolly 2017) vuoksi hyvinkin rikkinäisiä tilanteita maalinedustalle, jolloin puolustavien pelaajien havaintomotoriset taidot joutunevat haastavaan paikkaan pelitilanteen nopean muuttumisen johdosta.

Tasavoimaisista hyökkäyksistä maaleja syntyi määrällisesti vähiten kaikista voimasuhteista. Tasavoimaisessa tilanteessa puolustaminen voi helpottua oletuksella, että jokaisella pelaajalla on oma puolustettava pelaaja, jolloin tilanne on selkeämpi. Hyökkäävän näkökulmasta selkeää puolustusta tulisikin yrittää häiritä ja saada aikaiseksi mahdollisimman rikkinäinen tilanne ja täten rakentaa vaikeasti ennakoitava hyökkäyspeli.

8.5 Hyökkäysvauhti ja sarjasijoitus

Joukkueen sijoituksella runkosarjassa sekä keskimääräisellä hyökkäysvauhdilla havaittiin negatiivinen korrelaatio ($r = -0.303$, $p = 0.272$) joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Tulos on ristiriidassa aiempien tutkimustulosten kanssa muista lajeista (Modric ym. 2019; Chmura ym. 2022; Longo ym. 2019). Lähtökohtaisesti korkeammin sarjassa sijoittuneiden joukkueiden hyökkäysvauhdit ovat olleet keskiarvolla mitattuna matalampia kuin sarjassa heikommin sijoittuneiden joukkueiden. Tätä voi selittää paremmin menestyneiden joukkueiden suurempi kiekonhallinta, jolloin vauhdit ovat mahdollisesti matalampia verrattuna paljon vastahyökkäyksiin perustuvalla hyökkäämisellä. Joukkue, joka hallitsee enemmän kiekkoa, todennäköisesti hyökkää vähemmän vastahyökkäyksiä.

Toinen mahdollinen selittävä tekijä alhaisemmille hyökkäysvauhdeille voisi olla suurempi määrä ylivoimaisia hyökkäyksiä. Kuten aiemmin todettiin, ylivoimaisista hyökkäyksistä syntyi eniten maaleja ja menestyvät joukkueet ovat kyenneet maaleja enemmän tekemään kuin heikommin menestyneet. Ylivoimaisissa hyökkäyksissä vauhdit olivat hitaampia, joka voisi viitata menestyneempien joukkueiden saaneen mahdollisesti enemmän ylivoimaisia hyökkäyksiä. Toisinpäin ajateltuna heikommin menestyneiden joukkueiden vauhdit ovat olleet korkeampia, jolloin olisi mahdollista, että heidän hyökkäämisensä on perustunut enemmän vastaiskuihin alivoimaisina korkeammilla vauhdeilla. Tämä vaatisi lisätutkimuksia maalien lähtötilanteesta sekä syvällisempää joukkuekohtaista perehtymistä, jota tässä tutkimuksessa ei suoritettu.

On huomioitava, että tässä tutkimuksessa hyökkäysvauhti on mitattu vain yhdestä tietystä suorahyökkäystilanteesta yhden kauden ajalta. Esimerkiksi Chmuran ym. (2022) tutkimuksessa seurattiin Bundesliiga joukkueiden kaikkia juoksuja pallon kanssa, ilman palloa sekä maksimaalisella nopeudella mitattuja juoksuja kahden kauden ajalta, joita verrattiin sarjasijoitukseen. Suorahyökkäystilanteissa on mahdollista saavuttaa maksimaaliset luistelunopeudet kiekon kanssa sekä ilman kiekkoa, joten tulosta voidaan pitää mahdollisesti suuntaa antavana. Asia kaipaakin kuitenkin tarkempaa ja spesifimpää lisätutkimusta.

8.6 Tutkimuksen vahvuudet ja rajoitukset

Tutkimuksen vahvuutena voidaan pitää älykiekon tuottamaa objektiivista dataa hyökkäysvauhtien sekä xG:n kannalta. Data on vertailukelpoista tilanteiden kesken, sillä sama järjestelmä on käytössä kaikkien liigajoukkueiden halleissa sekä otanta on suuri. Data ei mahdollisesti ole täysin vertailukelpoista muilla järjestelmillä kuin WiseHockey:lla kerätyn datan kanssa. Mahdollisia virhelähteitä voi syntyä kyseisen lähettimen ja vastaanottimien välisistä yhteyskatkoksista sekä virheellisistä sijainti- ja nopeustiedoista. Lisäksi tutkimuksessa saatiin hyödynnettyä ensimmäistä kertaa hyökkäävän kiekollisen pelaajan vauhtitietoja. Tämä avaa tulevaisuuden tutkimuksille uusia mahdollisuuksia sekä suuntauksia ja antaa lisätietoa kansallisen sarjamme fyysisistä hyökkäysvauhtivaatimuksista sekä suorahyökkäyspelaamiseen liittyen.

Tiedon keruun yhteydessä hyökkäyksistä kerättiin manuaalisesti keskilinjan ylitys, voimasuhde hyökkäyssiniviivan päällä sekä hyökkäyssiniviivan ylityskohta. Koska työ tehtiin manuaalisesti, on virheellisen datan määrä todennäköisesti korkeampi. Data kerättiin osissa, jolloin myös on mahdollista joidenkin kriteerien muuttuneen päivien välillä. Ehkäistäkseen tätä työssä hyödynnettiin ennalta määritettyä kuvaa, johon merkittiin mahdollisimman tarkasti kriteerit arviointia varten. Keskilinjan ylityksen sekä siniviivan ylityskohdan osalta tulkinnanvaraa ei juuri ollut, mutta voimasuhteen määrittäminen siniviivan päällä oli tulkinnanvaraisempaa. Tarkka alue oli hankalasti määritettävissä sekä tilanteet saattoivat muuttua hyvinkin nopeasti viivan ylityksen jälkeen.

Rajoituksena voidaan pitää myös hyökkäysvauhdin mittaamista vain kiekollisen pelaajan siniviivan ylityshetkestä. Tämä vaikeutti tutkimuksen vertailua edellisiin tutkimuksiin, joissa oli tutkittu laajemmin pelaajien vauhteja kentän eri osa-alueilla. Edellisiin tutkimuksiin vertaamista vaikeutti myös jääkiekosta tehtyjen tutkimusten puute, jolloin vertailua jouduttiin tekemään eri lajien välillä. Jääkiekon ainutlaatuisten lajivaatimuksien vuoksi (Brocherie ym. 2018) tulosten verrattavuuteen tulee suhtautua kriittisesti. Suoritusten analysointia varten tulisi käyttää riittävän suurta otantaa esimerkiksi koko kauden ajalta sillä lajin alhaiset maalimäärät hankaloittavat joukkueen ja pelaajien suoritusten analysointia. (MacDonald ym. 2012)

Toinen huomioitava tekijä on hyökkäysvauhdin mahdollinen muuttuminen hyökkäyssiniviivan ylityksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa huomioitiin vain ylityshetken hyökkäysvauhti, mutta

tilanne on saattanut muuttua oleellisesti ylityksen jälkeen joko vauhdin kiihtymisen tai hidastumisen muodossa. Havaintomotorisesti taitavat pelaajat saattavat omalla vauhdin muutoksellaan tehdä itselleen tilan ohittaa vastustaja esimerkiksi syöttämällä. Samoin taitavat pelaajat voivat omalla toiminnallaan hidastaa peliä hetkellisesti luodakseen kiekottomille pelaajille mahdollisuuden rakentaa suurempia vauhtieroja taustoille.

Maaliodottaman suhteen on lajipiireissä ollut paljon keskustelua xG:n paikkansa pitävyydestä sekä absoluuttisesta tarkkuudesta. Tässä työssä maaliodottamaa käsiteltiin objektiivisena mittarina, jolloin se on tutkimuksessa vertailukelpoinen tilanteiden sekä otteluiden välillä ottamatta kantaa kuinka luotettavasti algoritmi maalin syntymistä osaa ennakoida.

8.7 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Tutkimus oli tiettävästi ensimmäinen laatuaan jääkiekossa, jossa pyrittiin selvittämään hyökkäävän kiekollisen pelaajan nopeuksien yhteyttä eri hyökkäyspelimuuttujiin suora-hyökkäyspelaamisessa sekä sarjasijoitukseen. Tutkimuksen yleisenä löydöksenä voidaan pitää maalien syntyvän enemmän korkean intensiteetin vauhdeilla kuin matalan. Vauhtialueella 6,6–8,7 m/s tapahtuva hyökkäys vaikuttaisi olevan maalinteon kannalta optimaalisin maalimääriä tarkastellessa. Samalla absoluuttisen maksimi hyökkäysvauhdin vaikutus ei näyttäisi olevan suora-hyökkäyspelaamisen onnistumisen kannalta merkittävä tekijä. Vaikka kyseessä on nopeatempoisen korkean intensiteetin pallo-peli niin on hyvä muistaa, että mukana on myös taitoelementti. Pelkällä absoluuttisella nopeudella ei tämän tutkimuksen perusteella otteluita eikä runkosarjaa voiteta, vaan menestykseen tarvitaan mukaan muitakin tekijöitä.

Tulos myös vahvistaa jääkiekon dynaamista kompleksisuutta, jossa ympäristö on jatkuvassa vuorovaikutuksessa pelaajien tekemien ratkaisujen kanssa ja täten aiheuttaa paljon ennalta-arvaamattomuutta (Passos ym. 2008; Connolly 2017) eikä yhtä maalien syntyä selittävää yksiselitteistä tekijää todennäköisesti ole olemassa. Ennalta-arvaamattomassa ympäristössä taitavampien pelaajien nopeammat fiksaatiot sekä kehittyneempi informaation etsintästrategia tuottavat pelin kannalta tehokkaampia pelitilanneratkaisuja.

Vaikka kaikki tutkimustulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, voisi tutkimuksen käytännön hyödyistä valmennuksen tueksi olla syytä huomioida havaintomotoristen taitojen sisällyttäminen laajemmin osaksi harjoittelua. Esimerkiksi keskialueella keskilinja rikkomalla

voidaan saavuttaa korkeamman vauhdin lisäksi myös monipuolisempia hyökkäysvariaatioita alueelle murtautumisen, voimasuhteen sekä hyökkäysvauhdin suhteen, jotka voivat lisätä maalimääriä tulevaisuudessa. Korkean hyökkäysvauhdin ja sarjasijoituksen välinen negatiivinen korrelaatio voisi myös tukea monipuolisemman hyökkäyspelaamisen puolesta, jossa absoluuttinen maksimivauhti ei olisi harjoittelussa tärkein määrittävä tekijä. Pelaajarekrytoinnin näkökulmasta tutkimus antaa osviittaa seurojen urheilujohtajille pelaajilta vaadittavista vauhtiominaisuuksista mahdollistaakseen pärjäämisen kotimaisella huipputasolla. Samalla seurojen fysiikkavalmennuksesta vastaaville on tarjolla lisää tutkittua tietoa sarjan fyysisistä vaatimuksista.

Jatkotutkimusaiheina voisi olla huippupelaajien ottelun aikaisten maksimaalisten luistelunopeuksien ja määrien vertaaminen ottelun lopputulokseen ja sarjassa menestymiseen. Tässä tutkimuksessa hyökkäysvauhti mitattiin kiekollisen pelaajan hyökkäyssiniviivan ylityksestä, joten kiekottomien pelaajien hyökkäysvauhtien sekä vauhtierojen tutkiminen voisi myös olla aiheellista. Lisäksi kehittyvä teknologia eye-trackereiden osalta mahdollistaisi tutkimuksen huippupelaajien sekä keskitason pelaajien välisen visuaalisen etsintästrategian vertailuista pelipaikkakohtaisesti. Mistä taitavat hyökkääjät hakevat informaatiota puolustajista sekä miten taitavat puolustajat etsivät informaatiota hyökkääjistä? Ylipäätään pelaajien havaintomotoristen taitojen sekä kognitiivista kyvykkyyttä vaativien kykyjen testaamiseen olisi hyvä syventyä fysiologisia ominaisuuksia enemmän lajin kompleksisuus huomioiden.

LÄHTEET

- Behm, D., Wahl, M., Button, D. & Power, K. (2005). Relationship between hockey skating speed and selected performance measures. *Journal of strength and conditioning research* 19 (2): 326-331.
- Bezak, J. & Pridal, V. (2017). Upper body strength and power are associated with shot speed in men's ice hockey. *Acta Gymnica*, vol. 47, no. 2, 2017, 78–83 doi: 10.5507/ag.2017.007.
- Brocherie, F., Girard, O. & Millet, G. (2017). Updated analysis of changes in locomotor activities across periods in an international ice hockey game. *Biol Sport*. 2018;35(3):261–267. DOI: <https://doi.org/10.5114/biolsport.2018.77826>.
- Budarick, A., Shell, J., Robbins, S., Wu, T., Renaud, P & Pearsall, D. (2020). Ice hockey skating sprints: run to glide mechanics of high calibre male and female athletes. *SPORTS BIOMECHANICS* 2020, VOL. 19, NO. 5, 601–617 <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1503323>.
- Burr, J., Jamnik, R., Baker, J., Macpherson, A. & Gledhill, N. (2008). Relationship of physical fitness test results and hockey playing potential in elite-level ice hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 22(5):1535–1543.
- Chmura, P., Oliva-Lozano, J., Myuor, J., Andrzejewski, M., Chmura, J., Czarniecki, S., Kowalczyk, E., Rokia, A. & Konefal, M. (2022). Physical Performance Indicators and Team Success in the German Soccer League. *Journal of Human Kinetics* volume 83/2022, 257-265 DOI:10.2478/hukin-2022-0099.
- Christie, S., Di Fronso, S., Bertollo, M. & Werthner, P. (2017). Alpha Peak Frequency in Ice Hockey Shooting Performance. *Front. Psychol.* 8:762. doi: 10.3389/fpsyg.2017.00762.
- Connolly, F. 2017. *Game changer. The art of sports science*. Canada: Victory Belt Publishing inc:
- Douglas, A., Johnston, K., Baker, J., Rotondi, M., Jamnik, V. & Macpherson, A. (2019). On-Ice Measures of External Load in Relation to Match Outcome in Elite Female Ice Hockey. *Sports* 2019, 7, 173; doi:10.3390/sports7070173.
- Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific reports* 3(1154) doi: 10.1038/srep01154
- Gonzalez-Rodenas, J., Aranda-Malaves, R., Tudela-Desantes, A., Nieto, F., Uso, F. & Aranda, R. (2020). Playing tactics, contextual variables and offensive effectiveness in English Premier League soccer matches. A multilevel analysis. *PLoS ONE* 15(2): e0226978. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226978>

- Haukali, E. & Tjelta, L. I. (2015). Correlation between "off-ice" variables and skating performance among young male ice hockey players. *International Journal of Applied Sports Sciences* 27 (1): 26-32.
- Hoff, J., Kemi, O. & Helgerud, J. (2005). Strength and Endurance Differences Between Elite and Junior Elite Ice Hockey Players. *Int J Sports Med* 2005; 26: 537 – 541. DOI 10.1055/s-2004-821328.
- Johansson, U., Wilderoth, E. & Sattari, A. (2022). How Analytics is Changing Ice Hockey. *Linköping Hockey Analytics Conference 2022*. 49-59.
- Kassem, L., MacMahon, C., Quinn, J., Dogramaci, S., Pang, B. & Steel, K. (2022). Examining the Eye Movement Behaviors Associated With Skilled Decision-Making by Elite Australian Rules Football Players. *Frontiers in Sports & Active Living* (4):899217. doi: 10.3389/fspor.2022.899217.
- Krause, D., Smith, A., Holmes, L., Klebe, C., Lee, J., Lundquist, K., Eischen, J. & Hollman J. (2012). *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(5):1423–1430
- Lafontaine, D. (2007). Three-dimensional kinematics of the knee and ankle joints for three consecutive push-offs during ice hockey skating starts, *Sports Biomechanics*, 6:3, 391-406, DOI: 10.1080/14763140701491427
- Lago, C., Casais, L., Dominguez, E. & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, March 2010; 10(2): 103-109.
- Lago-Ballesteros, J., Lago-Penas, C. & Rey, E. (2012). The effect of playing tactics and situational variables on achieving score-box possessions in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, October 2012; 30(14): 1455–1461
- Lago-Penas, C. & Lago-Ballesteros, J. (2011). Game location and team quality effects on performance profiles in professional soccer. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 465-471
- Lamas, L., Senatore, J. & Fellingham, G. (2020). Two steps for scoring a point: Creating and converting opportunities in invasion team sports. *Plos One* 15(10): e0240419. [https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0240419](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240419)
- Laurent, C., Fullenkamp, A., Morgan, A. & Fischer, D. (2014). Power, fatigue and recovery changes in national collegiate athletic association division 1 hockey players across a competitive season. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(12):3338–3345.

- Lignell, E., Fransson, D., Krustup, 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.
- Lignell, E., Rago, V. & Mohr, M. (2020). Analysis of goal scoring opportunities in elite male ice hockey in relation to tactical and contextual variables. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 20(6):1003–1017. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1823161>.
- Longo, U., Sofi, F., Candela, V., Dinu, M., Cimmino, M., Massaroni, C., Schena, E. & Denaro, V. (2019). Performance Activities and Match Outcomes of Professional Soccer Teams during the 2016/2017 Serie A Season. *Medicina* 2019, 55, 469; doi:10.3390/medicina55080469.
- Lumela, P. 2007. Palloperusteita. Teoksessa P. Heikinaro-Johansson (toim.) & T. Huovinen Näkökulmia liikuntapedagogiikkaan. Helsinki: WSOY, 331–348.
- MacDonald, B. (2012). An Expected Goals Model for Evaluating NHL Teams and Players. MIT Sloan Sports Analytics Conference 2012 March 2-3, 2012, Boston, MA, USA.
- Mann, D., Williams, A., Ward, P. & Janelle, C. (2007). Perceptual-Cognitive Expertise in Sport: A Meta-Analysis *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 2007, 29, 457-478.
- Martini, G., Brunelle, J-F., Lalande, V. & Lemoyne, J. (2022). Elite Adolescent Ice Hockey Players: Analyzing Associations between Anthropometry, Fitness, and On-Ice Performance. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022. (19):8952. <https://doi.org/10.3390/ijerph19158952>
- Modric, T., Malone, J., Versic, S., Andrzejewski, Chmura, P, Konefal, M., Drid, P. & Sekulic, D. (2022). The influence of physical performance on technical and tactical outcomes in the UEFA Champions League. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation* 2022 (14):179. <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00573-4>
- Modric, T., Versic, S., Sekulic, D. & Liposek, S. (2019). Analysis of the Association between Running Performance and Game Performance Indicators in Professional Soccer Players. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 4032; doi:10.3390/ijerph16204032.
- Montgomery, D.L. (1988). Physiology of ice hockey. *Sports Medicine* 5(2): 99-126. doi: 10.2165/00007256-198805020-00003.
- Panchuk, D., Vicker, J. & Hopkins, W. (2017). Quiet eye predicts goaltender success in deflected ice hockey shots. *European Journal of Sport Science*, 2017. 17(1): 93–99. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2016.1156160>.

- Parnican, S., Peracek, P. & Toth, I. (2021). Selected goal – scoring characteristics in the national hockey league. *Sciendo* 2021:228-237. Doi 10.2478/afepuc-2021-0019.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K. & Shuttleworth, R. (2008). Manipulating constraints to train decision-making in Rugby Union. *International Journal of Sport Science and Coaching* 3(1): 125–139.
- Rago, V., Muschinsky, A., Deylami, K., Vigh-Larsen, J. & Mohr, M. (2022). Game Demands of a Professional Ice Hockey Team with Special Emphasis on Fatigue Development and Playing Position. *Journal of Human Kinetics* volume 84/2022:195–205.
DOI: 10.2478/hukin-2022-000078
- Rhodes, D., Valassakis, S., Bortnik, L., Eaves, R., Harper, D. & Alexander, J. (2021). The Effect of High-Intensity Accelerations and Decelerations on Match Outcome of an Elite English League Two Football Team. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18/2021:9913. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189913>.
- Runner, A., Lehnhard, R., Butterfield, S., Tu, S. & O’Neill, T. (2015). Predictors of speed using off-ice measures of college hockey players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 30(6):1626–1632.
- Sampaio, J., McGarry, T., Calleja-Gonzalez, J., Saiz, S., Schelling I del Alcazar, X. & Balciunas, M. (2015). Exploring Game Performance in the National Basketball Association Using Player Tracking Data. *PLoS ONE* 10(7): e0132894. doi:10.1371/journal.pone.0132894.
- Schulze, E., Julian, R. & Meyer, T. (2022). Exploring Factors Related to Goal Scoring Opportunities in Professional Football. *Science and medicine in football* 2022, VOL. 6(2): 181–188. <https://doi.org/10.1080/24733938.2021.1931421>.
- Stetter, B., Buckeridge, E., von Tscharnner, V., Nigg, S. & Nigg, B. (2016). A Novel Approach to Determine Strides, Ice Contact, and Swing Phases During Ice Hockey Skating Using a Single Accelerometer. *Journal of Applied Biomechanics*, 2016, 32:101-106 <http://dx.doi.org/10.1123/jab.2014-0245>.
- Stidwill, T., Turcotte, R., Dixon, P. & Pearsall, D. (2010). Force transducer system for measurement of ice hockey skating force. *Sports Engineering*, 2010, 12:63-68.
DOI 10.1007/s12283-009-0033-4.
- Suchomel, T., Nimphius, S. & Stone, M. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. Review article. *Sports Med* (2016) 46:1419–1449
DOI 10.1007/s40279-016-0486-0.

- Thompson, K., Safadie, A., Ford, J. & Burr, J. (2020). Off-Ice Resisted Sprints Best Predict All-Out Skating Performance in Varsity Hockey Players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 36(9):2597–2601.
- Tulsky, E., Detweiler, G., Spencer, R. & Sznajder, C. (2013). Using Zone Entry Data To Separate Offensive, Neutral, And Defensive Zone Performance. 7th annual MIT sloan Sports analytics conference. March 1-2, 2013, Boston convention and exhibition center.
- Vigh-Larsen, J. & Magni, M. (2022). The Physiology of Ice Hockey Performance: An Update. *Duodecim Medical Publications Ltd.* 2022(12). doi: 10.1111/sms.14284.
- Vigh-Larsen, J., Beck, J., Daasbjerg, A., Knudsen, C., Kvorning, T., Overgaard, K., Andersen, T., Thomas, B. & Mohr, M. (2019). Fitness Characteristics of Elite and Subelite Male Ice Hockey Players: A Cross-Sectional Study. *Journal of Strength and Conditioning Research* 33(9): 2352-2360. DOI:10.1519/JSC.0000000000003285
- Vitor de Assis, J., Costa, V., Casanova, F., Cardoso, F. & Teoldo, I. (2021). Visual search strategy and anticipation in tactical behavior of young soccer players. *Science and medicine in football*, 2021, 5(2):158–164
<https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1823462>
- Westerlund, E. 1997a. Jääkiekko. Teoksessa A., Mero (toim.) *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy, 527–544.
- WiseHockey verkkosivut, <https://bitwise.fi/referenssit/wisehockey/>
- Wilderoth, E., Johansson, U. & Sattari, A. (2022). Linköping Hockey Analytics Conference 2022: 109-117.
- Wilkins, L. & Appelbaum, L. (2020). An early review of stroboscopic visual training: insights, challenges and accomplishments to guide future studies. *International review of sport and exercise psychology*, 13(1):65-80. doi:10.1080/1750984X.2019.1582081
- Wright, C., Polman, R., Jones, B. & Sargeson, L. (2011). Factors Associated with Goals and Goal Scoring Opportunities in Professional Soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(3):438-449. DOI: 10.1080/24748668.2011.11868563
- WiseHockey, <https://bitwise.fi/referenssit/wisehockey/>
- Zhang, Y., Lu, Y., Wang, D., Zhou, C. & Xu, C. (2021). Relationship between individual alpha peak frequency and attentional performance in a multiple object tracking task among ice-hockey players. *PLoS ONE* 16(5): e0251443.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251443>

Zupan, M., W.Arata, A., Dawson, L., Wile, A., Payn, T. & Hannon, M. (2009). Wingate anaerobic test peak power and anaerobic capacity classifications for men and women intercollegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9):2598–2604.

Liite 1. Pearsonin korrelaatiomatriisi.

		crossing_player_velocity	xg_value	Keskilinjän ylitys keskialueella	Voimasuhde	Sinisen ylitys kohta
crossing_player_velocity	Pearson's r	—				
	df	—				
	p-value	—				
	Spearman's rho	—				
	df	—				
	p-value	—				
	N	—				
xg_value	Pearson's r	0.028**	—			
	df	11313	—			
	p-value	0.003	—			
	Spearman's rho	0.093***	—			
	df	11313	—			
	p-value	< .001	—			
	N	11315	—			
Keskilinjän ylitys keskialueella	Pearson's r	0.054	0.001	—		
	df	493	491	—		
	p-value	0.227	0.990	—		
	Spearman's rho	0.063	-0.018	—		
	df	493	491	—		
	p-value	0.162	0.691	—		
	N	495	493	—		
Voimasuhde	Pearson's r	-0.014	0.148***	-0.113*	—	
	df	493	491	493	—	
	p-value	0.748	< .001	0.012	—	
	Spearman's rho	-0.007	0.209***	-0.111*	—	
	df	493	491	493	—	
	p-value	0.873	< .001	0.014	—	
	N	495	493	495	—	
Sinisen ylitys kohta	Pearson's r	0.015	-0.003	0.319***	0.098*	—
	df	493	491	493	493	—
	p-value	0.736	0.939	< .001	0.029	—
	Spearman's rho	0.044	0.030	0.319***	0.099*	—
	df	493	491	493	493	—
	p-value	0.325	0.513	< .001	0.027	—
	N	495	493	495	495	—