

**YKSITTÄIN AMMUTTUJEN LAUKAUSTEN JA AMPUMASARJOJEN
ENSIMMÄISTEN LAUKAUSTEN VERTAILU AMPUMAHIIHTÄJILLÄ**

Krista Vohlakari

Biomekaniikan kandidaatin tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2020

Työn ohjaajat: Antti Mero, Teemu Pullinen &

Miika Köykkä

TIIVISTELMÄ

Vohlakari, K. 2020. Yksittäin ammuttujen laukausten ja ampumasarjojen ensimmäisten laukausten vertailu ampumahiihtäjillä. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, biomekaniikan kandidaatin tutkielma, 51 s.

Ampumahiihto vaatii sekä hyvää ammunta- että hiihtotaitoa. Kilpailuissa on pystyttävä suoriutumaan hiihdon lisäksi myös ammunnasta mahdollisimman nopeasti, eikä ohilaukauksia kärsi keskimäärin tulla yhtä enempää, mikäli pyritään kamppailemaan sijoittumisesta kärkekymmenikköön. Ampumasuorituksen tärkeitä osa-alueita ovat ase- ja asennon hallinta, tähtäys sekä liipaisu. Näitä voidaan tutkia mittamalla tähtäyspisteen liikettä optoelektronisella järjestelmällä, kehon painepisteiden liikettä voimalevyjen avulla sekä liipaisupaineen vaihtelua liipaisimeen kiinnitettävällä paineanturilla.

Tämän työn tarkoituksena oli vertailla yksittäin ammuttuja laukauksia sekä sarjojen ensimmäisiä laukauksia osumatarkkuuden ja ampumateknisten muuttujien perusteella. Tutkimukseen osallistui 26 ampumahiihtäjää, jotka olivat iältään 16–29-vuotiaita. Naisten $VO_2\max$ oli keskimäärin 59 ml/kg/min ja miesten 70 ml/kg/min. Jokaiselle koehenkilölle laskettiin muuttujien keskiarvot sekä yksittäin ammuttuista laukauksista että sarjojen ensimmäisistä laukauksista. Normaalijakautuneiden muuttujien muutoksia laukausten välillä tarkasteltiin parittaisella t-testillä, ja ei-normaalijakautuneiden muutoksia non-parametrisellä Wilcoxonin merkittävien sijalukujen testillä.

Osumatarkkuutta tarkasteltiin osumapisteen etäisyytenä taulun keskipisteestä. Kun tarkasteltiin koehenkilöiden ampumien laukausten keskiarvoja, jokainen koehenkilö osui tauluun sekä makuu- että pystyammunnassa, sekä yksittäin ammuttavissa että sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Makuuammunnassa osumapisteen etäisyys taulun keskipisteestä (2 mm, $p < 0,01$), tähtäyspisteen keskimääräinen nopeus (8 mm/s, $p < 0,05$) sekä keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä (1 mm, $p < 0,05$) olivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa. Myös pystyammunnassa keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä oli suurempi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa (6 mm, $p < 0,01$). Pitoaika taulun keskipisteen sekä keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä laukausta edeltävän 0,6 sekunnin aikana oli lyhyempi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa (6–9 prosenttiyksikköä, $p < 0,01–0,05$).

Yksittäin ammuttujen laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten ampumasuoritusten väliltä löydettiin eroja. Urheilijoiden käyttämät ampumatavat vaihtelivat yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä joko tiedostetusti tai tiedostamattomasti. Urheilijat saattoivat ampua viiden laukausten sarjat itselleen kilpailunomaisemmalla tavalla kuin yksittäiset laukaukset. Erilaiset ampumasuoritukset voivat kuitenkin johtaa yhtä hyvin lopputuloksiin. Mikäli urheilijan perusampumataidoissa on parannettavaa, harjoittelussa voi olla hyödyllistä jakaa ampumasuoritus osiin ja ampua yksittäisiä laukauksia tai keskittyä tiettyyn ampumatekniseen osa-alueeseen. Sarja-ammuntaa ja kilpailunomaista harjoittelua ei kuitenkaan tule unohtaa perusammuntaharjoittelusta huolimatta.

Asiasanat: ampumahiihto, ammunta, ampumatekniikka, tähtäys, liipaisu, tasapaino, biomekaniikka

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO.....	1
2	AMPUMAHIIHTO	3
2.1	Kilpailusuoritus	3
2.2	Harjoittelu.....	4
3	AMPUMASUORITUS.....	7
3.1	Tähtäys	7
3.1.1	Aseen vakaus ja tähtäystarkkuus	7
3.1.2	Ampumastrategiat.....	8
3.2	Liipaisu	11
3.3	Asennon hallinta.....	11
4	AMMUNNAN TESTAUS	13
4.1	Ampumatutkimuksissa käytetyt muuttujat	13
4.2	Ammuntatesteissä käytettävät laitteet	16
4.2.1	Optoelektronisen laitteiston toimintaperiaate ja käyttö.....	17
4.2.2	Voimalevyjen toimintaperiaate ja käyttö.....	19
5	TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEEESIT	21
6	MENETELMÄT.....	23
6.1	Tutkittavat.....	23
6.2	Tutkimusprotokolla	23
6.3	Aineiston keräys	24
6.4	Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät.....	27
7	TULOKSET	29
8	POHDINTA.....	35
8.1	Makuuammunta	36
8.2	Pystyammunta	39
8.3	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	41
8.4	Yhteenveto ja johtopäätökset	44
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Ampumahiihdossa suoritukseen vaikuttavat ampumataito ja -tarkkuus (Cholewa ym. 2005; Luchsinger ym. 2018), hiihtonopeus (Laaksonen ym. 2018a), kilpailupaikan sijainnin korkeus merenpinnasta, kilpailureitin korkeuserot, lumi- ja tuuliolosuhteet, kilpailun tärkeys (Skattebo & Losnegard 2018), paineiden sieto sekä kyky ylläpitää optimaalista fysiologista tilaa ja tarkkaavaisuutta (Vickers & Williams 2007; Josefsson 2020). Ampumatarkkuus (Sattlecker ym. 2014; Ihalainen ym. 2018) ja -nopeus (Heinrich ym. 2020) erottelevat eri tasoisia ampumahiihtäjiä, mutta naisten ja miesten välillä ei ole havaittu eroja ampumatarkkuudessa (Luchsinger ym. 2018). Miehet kuitenkin ampuvat nopeammin kuin naiset (Luchsinger ym. 2018).

Ampumasuorituksen automatisoimiseksi huippuampumahiihtäjät ampuvat jopa noin 22 000 laukausta vuodessa (Laaksonen ym. 2018b; Zhang ym. 2019). Kun suoritus automatisoituu, suoritustekniikkaa ei tarvitse miettiä tietoisesti, vaan voidaan keskittyä kohdentamaan huomio kehon ulkopuolelle (Vickers & Williams 2007; Zhang ym. 2019). Tämä voi myös auttaa siihen, ettei urheilija mieti fyysisen rasituksen aiheuttamaa pahaa oloa liikaa kilpailun aikana (Vickers & Williams 2007). Mielenhallinnan on todettu olevan tärkeässä roolissa ampumahiihdossa, ja esimerkiksi yhdistetyn rentoutumis- ja mielikuvaharjoittelun on havaittu parantavan ampumasuoritusta rasituksessa (Groslander ym. 2003; Josefsson ym. 2020).

Aseen vakauteen, tähtäykseen, liipaisuun sekä ampuma-asentoon liittyvien muuttujien on raportoitu olevan yhteydessä ampumasuoritukseen (Sattlecker ym. 2014, Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Kehon ja aseiden vähäisemmän huojunnan (Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018), tarkemman tähtäyksen (Köykkä ym. 2020) ja liipaisua edeltävän korkean liipaisupaineen (Sattlecker ym. 2007; Sattlecker ym. 2013; Sattlecker ym. 2017) on havaittu liittyvän onnistuneeseen ammuntaan. Ampumahiihtäjien on kuitenkin havaittu käyttävän erilaisia tähtäysstrategioita, minkä takia tähtäystarkkuudesta kertovat muuttujat eivät välttämättä kerro ampumasuorituksen onnistumisesta (Baca & Kornfeind 2012; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020).

Tässä työssä perehdytään aluksi ampumasuorituksen onnistumiseen liittyviin tekijöihin, ampumateknisiin muuttujiin sekä niiden mittaamiseen. Tämän työn tarkoituksena on tutkia, eroavatko yksittäin ammutut ja sarjojen ensimmäiset laukaukset toisistaan ampumateknisten muuttujien perusteella. Yksittäisten laukausten ampumista eli ”ykkösammuntaa” voidaan käyttää ampumatekniikkaan liittyvien perusasioiden harjoitteluun. Ampumahiihtokilpailuissa ammutaan aina viisi laukausta peräkkäin, joten yhden laukauksen ampuminen voidaan nähdä osasuorituksena, kun taas viiden laukauksen sarja kokonaissuorituksena. Käytännön tasolla tarkasteltuna yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten toteutustapa on samanlainen, kunnes laukaisu on tapahtunut. Yksittäisissä laukauksissa laukaisua seuraa ampuma-asennon purkaminen, kun taas sarjojen ensimmäisistä laukauksista jatketaan sarjan toiseen laukaukseen tekemällä latausliike.

2 AMPUMAHIIHTO

2.1 Kilpailusuoritus

Ampumahiihdossa yhdistyy tarkkaa hienomotoriikkaa vaativa ammunta sekä raskas fyysinen kuormitus. Ampumahiihtäjän tulee kyetä ampumaan 50 metrin päässä sijaitsevaan tauluun (IBU About Biathlon, 2020) raskaan noin 90 prosentilla maksimisykkeestä suoritettun hiihtosuuden jälkeen (Hoffman & Street 1992). Makuuammunnassa taulun koko on 4,5 senttimetriä ja pystyammunnassa 11,5 senttimetriä (IBU About Biathlon, 2020). Pystyammunnassa taulun koko vastaa lähestulkoon vessapaperirullan kokoa ja makuuammunnassa vessapaperirullan hylsyn kokoa. Ampumasuorituksen onnistuminen on merkittävä osa kokonaiskilpailusuoritusta (Cholewa ym. 2005; Luchsinger ym. 2018). Huipputasolla kymmenen parhaan joukkoon pääseminen edellyttää yleensä, että ohilaukauksia tulee korkeintaan yksi koko kilpailun aikana (Laaksonen ym. 2018a; Luchsinger ym. 2018).

Naisten ja miesten välillä ei ole havaittu eroa ampumatarkkuudessa (Luchsinger ym. 2018). Sen sijaan korkeammalla tasolla kilpailevien osumatarkkuuden on havaittu olevan pystyasennosta levossa ammuttaessa parempi kuin alemmilla tasoilla kilpailevilla (Sattlecker ym. 2014; Ihalainen ym. 2018). Heinrich ym. (2020) eivät saaneet samanlaisia tuloksia Sattleckerin ym. (2014) ja Ihalaisen ym. (2018) kanssa, mutta arvelivat ryhmien koon epätasaisuuden (4 huippuampumahiihtäjää, 12 alempitasoista urheilijaa) sekä pienen otannan vaikuttavan tulokseen. Ampuma-ajoista on löydetty eroja sekä miesten ja naisten (Luchsinger ym. 2018) että eri tasoilla kilpailevien väliltä (Heinrich ym. 2020). Miehet ja huipputasolla kilpailevat ampumahiihtäjät käyttävät kokonaisampumasuoritukseen lyhyemmän ajan kuin naiset ja nuoret (Luchsinger ym. 2018; Heinrich ym. 2020). Ammuntarytmissä ei kuitenkaan ole havaittu eroja eri ryhmiin kuuluvien ampumahiihtäjien välillä (Sattlecker ym. 2014). Miesten nopeammat ampuma-ajat voivat Luchsingerin ym. (2018) mukaan johtua miesten suuremmasta riskinotosta. Sekä naisilla että miehillä ampumasuoritukseen ja ampumapenkalla oloon käytetyt ajat selittivät 4–6 prosenttia sijoilla 21–30 ja 1–10 olleiden kokonaiskilpailuaikojen eroista (Luchsinger ym. 2018).

On havaittu, että ampumahiihtokokemus (vuosissa) ennustaa enemmän ampumasuorituksen onnistumista kuin taso, jolla kilpaillaan (Josefsson ym. 2020). Pelkkä hyvä ampumataito ei kuitenkaan riitä menestykseen ampumahiihdossa, vaan myös hiihto-osuudella on pärjättävä (Laaksonen ym. 2018a). Ampumasuorituksen onnistuminen määrää, kuinka monta kertaa sakkoringi joudutaan kiertämään. Hiihtonopeudesta puolestaan riippuu, kuinka kauan sakkoringien ja muun radan kiertämiseen menee aikaa. Luchsinger ym. (2018) havaitsivat, että pikakilpailuissa sijoilla 21–30 olevat urheilijat olivat sakkoringillä noin 18–19 sekuntia pidempään kuin kymmenen parhaan joukossa olevat, ja tämän havaittiin olevan suurin sijoitukseen vaikuttava osatekijä. Sijoilla 21–30 olevat urheilijat kiersivät keskimäärin yhden sakkoringin enemmän (Luchsinger ym. 2018). Myös kilpailun tärkeys, kilpailupaikan sijainnin korkeus merenpinnasta, kilpailureitin korkeuserot sekä lumi- ja tuuliolosuhteet vaikuttavat sekä hiihto- että ampumasuoritukseen (Skattebo & Losnegard 2018).

Mikäli urheilijalla on suuret paineet onnistua, se voi joskus johtaa omaa taitotasoa tai suorituskykyä heikompaan suoriutumiseen. Tällaisesta ilmiöstä käytetään termiä *choking* (Baumeister 1984). On havaittu, että suoritusta edeltävää ahdistuneisuutta ei tule ajatella negatiivisena, jos urheilija siitä huolimatta pystyy kohdentamaan huomionsa optimaaliseksi ajaksi ampumatauluun, eikä tämän myötä ole huolestunut suorituksen aikana (Vickers & Williams 2007). Huipputasolla pärjääminen on selkeästi yhteydessä urheilijoiden kykyyn ylläpitää optimaalista fyysiologista, psykologista ja tarkkaavaista tilaa (Vickers & Williams 2007; Josefsson ym. 2020).

2.2 Harjoittelu

Parhaimmat ampumahiihtäjät ampuvat vuosittain noin 22 000 laukausta, joista noin 7000 laukausta ammutaan ilman fyysistä kuormitusta (Laaksonen ym. 2018b). Näillä laukauksilla pyritään parantamaan ampumatekniikkaa ja -tarkkuutta sekä ampumapaikkatoiminnan nopeutta. Ampumarjoittelusta noin 60 prosenttia yhdistetään kestävyysharjoitteluun, mutta tästä kestävyysharjoittelusta noin 75 prosenttia on matalaintensiteettistä. Ilman fyysistä rasitusta tehtävä ammuntaharjoittelu aloitetaan yleensä toukokuussa, ja marraskuuhun asti edetään lisäten kestävyysharjoittelun yhteydessä toteutetun ampumarjoittelun osuutta. (Laaksonen ym. 2018b.) Matalatehoisen harjoittelun määrän lisäämisen sekä harjoittelun progressiivisuuden on havaittu

selittävän menestyneiden miesampumahiihtäjien suorituskyvyn kehittymistä (Schmitt ym. 2020). Harjoittelun perusteet eivät ole muuttuneet viime vuosikymmenten aikana, mutta ampuma-ajat ja -tarkkuus ovat parantuneet, joten näiden huomioimisen tärkeys harjoittelussa on korostunut etenkin yhdistettynä kilpailunomaisiin olosuhteisiin. Nykyään useat maailman-cupissa kilpailevat urheilijat keskittyvät parantamaan ampumapaikkatoiminnan nopeutta. (Laaksonen ym. 2018b.) Luchsingerin ym. (2018) mukaan harjoittelussa tulisi kuitenkin keskittyä enemmän hiihtonopeuden ja ampumasuorituksen parantamiseen kuin ampuma-aikoihin.

Zhangin ym. (2019) mukaan kivääriampujien suoritus automatisoituu kovan harjoittelun seurauksena, jolloin mielen ei tarvitse olla niin tietoinen suorituksesta. Vickers ja Williams (2007) käyttivät katseen kohteeseen kiinnittymisen kestoa arvioimaan huomion kohdentamista kehon ulkopuolelle. Submaksimaalisella kuormalla (55 % maksimisykkeestä) lyhyempi katseen kohdennus tauluun ja maksimaalisessa rasituksessa katseen pidempään pysyminen taulussa olivat yhteydessä parempaan ampumatarkkuuteen. (Vickers & Williams 2007.) Heinrich ym. (2020) eivät löytäneet katseen kohteeseen kiinnittymisen kestolla olevan yhteyttä ampumatarkkuuteen huippuampumahiihtäjillä. Ristiriidan Vickersin ja Williamsin (2007) tuloksiin verrattuna arveltiin johtuvan ryhmän homogeenisuudesta, mittausmenetelmistä sekä ampumatyylistä. Heinrichin ym. (2020) tutkimuksessa ammuttiin oikeilla luodeilla, kun taas Vickersin ja Williamsin (2007) tutkimuksessa ammuttiin ilman luoteja Noptel-järjestelmän avulla. Oikeilla luodeilla ammuttaessa laukauksesta kuuluu kova ääni, jonka Heinrich ym. (2020) esittivät voivan vaikuttaa katseen kohdentamiseen. Eri aistien päällekkäisyyksistä tarkkaavaisuuteen liittyen ei ole vielä selkeää ymmärrystä (Wahn & König 2017). On esitetty, että mikäli huomio täytyy kohdistaa tiettyihin objekteihin, näkö- ja kuuloaistilla on omat tarkkaavaisuusresurssinsa, mutta mikäli huomion kohdentaminen liittyy alueisiin perustuvaan tarkkaavaisuuteen, näkö- ja kuuloaisti voivat jakaa resurssit keskenään. (Wahn & König 2017.)

Erilaisissa taitoharjoittelututkimuksissa on havaittu, että osasuoritusten harjoittelu voi parantaa kokonaissuoritusta (Kiefer ym. 2014; Rahman & Gray 2020). Suorituksen erillisiin osa-alueisiin ei kuitenkaan tulisi keskittyä liikaa niin, että lopullinen tavoite unohdetaan (Rahman & Gray 2020). Mitä monimutkaisempi tehtävä on, sitä useampaan osaan se voidaan jakaa, ja samalla suoritustapojen lukumäärä kasvaa (Rahman & Gray 2020). On havaittu, että osasuoritusten harjoittelusta hyötyvät eniten he, jotka suorittavat tehtävän aluksi heikoiten (Lee ym. 2015).

Harjoitusvaikutukset eivät kuitenkaan ole eri yksilöiden välillä johdonmukaisia. Erilaiset oppimisstrategiat voivat joko parantaa tai heikentää oppimista oppijan ominaisuuksien perusteella. Pelkän kokonaissuorituksen harjoittelu voi kasvattaa eroja heikkojen ja taitavien suorittajien välillä. Kokonaissuorituksen opettelu voi olla haastavaa, koska oppijan on määriteltävä paras oppimistapa itse. (Lee ym. 2015.)

Ampumahiihtäjille ei ole tehty juurikaan harjoitteluinterventioita. Ainoastaan rentoutumis- ja mielikuvaharjoittelun vaikutusta ampumatarkkuuteen on tarkasteltu (Laaksonen ym. 2011, Gros Lambert ym. 2003). Gros Lambertin ym. (2003) tutkimuksessa rentoutumisharjoituksissa opeteltiin vähentämään lihasjännitystä, ja mielikuvaharjoituksissa keskityttiin kuvittelemaan pystyammuntasuoritusta ja kehon huojuntaa sen aikana. Harjoittelun todettiin parantaneen pystyammuntasuoritusta rasituksessa tasapainon ja pitokyvyn parantumisen kautta (Gros Lambert ym. 2003). Samankaltaisia tuloksia saivat myös Laaksonen ym. (2011), jotka tutkivat yhdistetyn rentoutumis- ja kuivaharjoittelun vaikutusta ampumatarkkuuteen simuloidussa ampumahiihtokilpailussa. Lisäksi Couture ym. (1999) ovat havainneet yhdistetyn rentoutumis- ja meditaatioharjoittelun parantavan ampumatarkkuutta sotilaille marssin jälkeen (rynnäkkökivääriammunta). Rentoutumis- tai meditaatioharjoittelu ei kuitenkaan yksinään vaikuttanut ampumatarkkuuteen (Couture ym. 1999). Yhdistettynä muuhun harjoitteluun mielikuva-, rentoutumis- ja kuivaharjoittelu voivat olla hyviä keinoja parantaa ampumasuoritusta (Couture ym. 1999; Gros Lambert ym. 2003; Laaksonen ym. 2011). Menestyneiden ampumahiihtäjien on kerrottu tekevän harjoituskauden aikana 120–130 harjoituskertaa kuivaharjoittelua (Laaksonen ym. 2018b).

3 AMPUMASUORITUS

Aseen vakauden, liipaisun sekä asennon kontrollointiin liittyvien muuttujien on raportoitu olevan yhteydessä ampumasuoritukseen (Laaksonen ym. 2018a). Fyysisen rasituksen on todettu pidentävän ampuma-aikoja (Heinrich ym. 2020) ja huonontavan osumatarkkuutta sekä siihen yhteydessä olevia muuttujia pystyammunnassa (Grebot ym. 2003; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Rasituksen ei ole kuitenkaan havaittu vaikuttavan otsalohkon theta-aktiivisuuteen ampumahiihtäjillä (Luchsinger ym. 2016), joka viittaa siihen, että myös rasittuneena pystytään keskittymään yhtä hyvin ammuntaan kuin lepo-olosuhteissa. Myöskään Grebotin ym. (2003) mukaan fyysinen rasitus ei heikennä ampumahiihtäjien havainnointikykyä.

3.1 Tähtäys

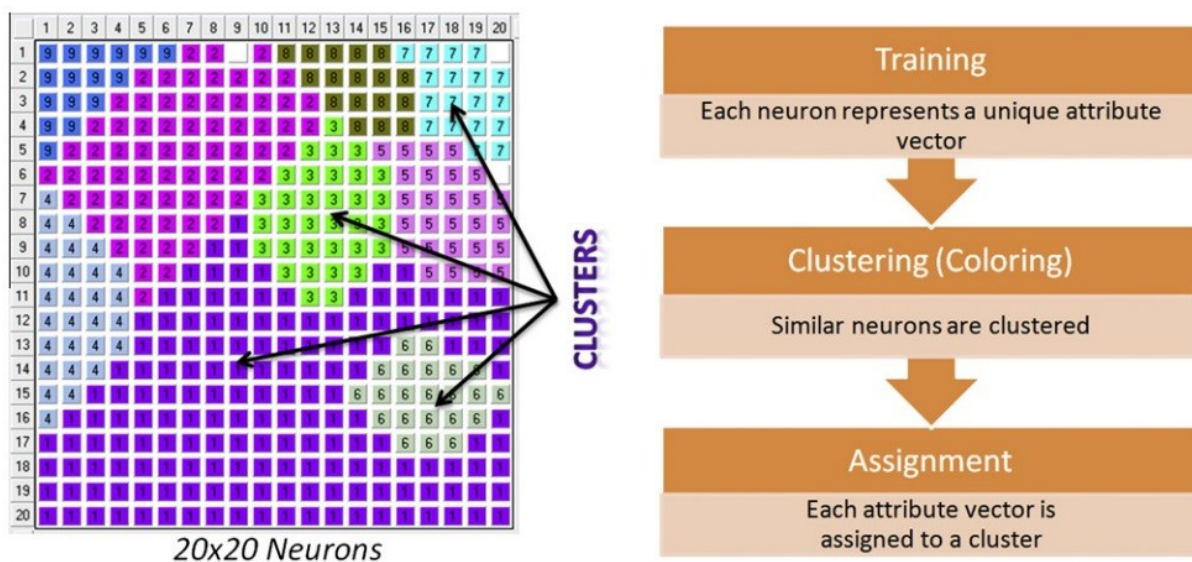
3.1.1 Aseen vakaus ja tähtäystarkkuus

Useiden aseiden vakautta kuvaavien muuttujien on havaittu olevan yhteydessä pystyammunta-suorituksen onnistumiseen ampumahiihtäjillä (Hoffman ym. 1992; Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen 2018). Aseen ja tähtäyspisteen suuremman liikkeen sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa on havaittu olevan yhteydessä huonompaan ampumatarkkuuteen levossa (Sattlecker ym. 2014, Sattlecker ym. 2017, Ihalainen ym. 2018). Sattleckerin ym. (2014; 2017) mukaan aseiden horisontaaliseen liikkeeseen vaikuttaa enemmän, kun taas Ihalaisen ym. (2018) mukaan vertikaaliseen liikkeeseen. Ihalaisen ym. (2018) mukaan tähtäyspisteen liikkeen pienempi keskijäntä vertikaalisuunnassa on yhteydessä parempaan osumatarkkuuteen myös fyysisen rasituksen jälkeen. Köykkä ym. (2020) pohtivat, että ampumahiihtotutkimuksissa tähtäyspisteen liikkeen jakaminen horisontaali- ja vertikaaliseen ei välttämättä kuvaile ampumasuoritusta kovin hyvin. Suunta, josta taulun keskipistettä lähestytään, on harvoin juuri vaak- tai pystysuuntainen ja lähestymissuunnat voivat vaihdella eri laukausten välillä (Köykkä ym. 2020). Myös suurempi tähtäyspisteen keskinopeus on yhdistetty huonompaan ampumasuoritukseen (Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017). Keskinopeuden on havaittu olevan matalampi korkealla tasolla kilpailevilla ampumahiihtäjillä verrattuna nuoriin (Sattlecker ym. 2014). Makuuammunnassa fyysisen rasituksen jälkeen aseiden heilumisen vertikaalisuunnassa on havaittu olevan tärkein ampumatarkkuutta selittävä muuttuja (Sattlecker ym. 2017).

3.1.2 Ampumastrategiat

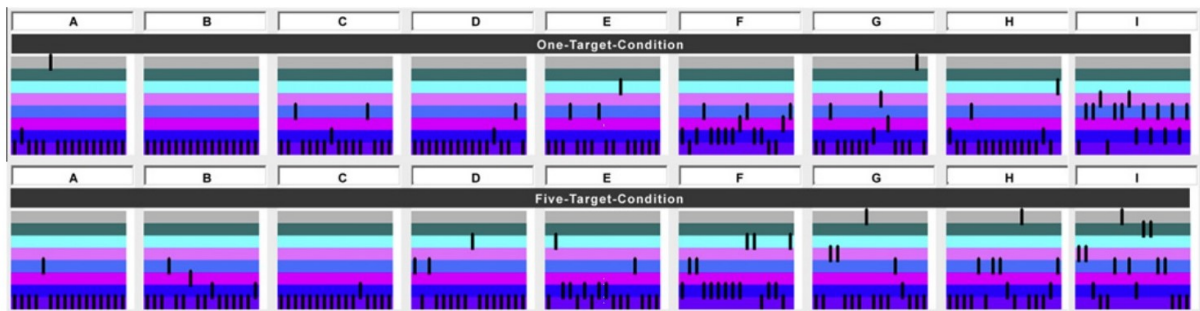
Ampumastrategioita voidaan analysoida erilaisten lihasten aktiivisuuksien perusteella (Larue ym. 1989) tai tähtäyspisteen liikkeen muutoksien avulla (Baca & Kornfeind 2012; Köykkä ym. 2020). Pistooliammunnan liikeanalyysissä (markkerit rinnassa, hartiassa/olkapäässä, käsivar-sissa, ranteissa, aseessa) havaittiin, että niitä vartalon osia ei kontrolloida, jotka eivät vaikuta suoritukseen onnistumiseen (Scholz ym. 2000). Kohteeseen voidaan kuitenkin osua, vaikka kontrolloitaisiin ylimääräisiä liikkeitä (Scholz ym. 2000). Baca ja Kornfeind (2012) käyttivät eri ammuttapojen löytämiseksi klusterianalyysiä, jota on käytetty hyödyksi myös lii-keanalyysissä (Rein ym. 2010).

Baca ja Kornfeind (2012) jaottelivat ampumahiittäjien ammuntasuoritukset kahdeksaan erilai-seen tyyppiin. Jaottelu tehtiin laskemalla ensin kahdeksan erilaista liikettä kuvaavaa muuttujaa tähtäyspisteen horisontaalisen ja vertikaalisen liikkeen avulla (Baca & Kornfeind 2012). Las-kettujen muuttujien välinen korrelaatio oli suuri, mutta koulutettavaksi neuroverkkomalliksi valittiin itseorganisoituva kartta (Self-Organizing Map, SOM), joka kykenee erottelemaan myös erittäin korreloivaa dataa. Koulutettu neuroverkko sisälsi 400 neuronua, joista tehtiin klus-terimalli (kuva 1). (Baca & Kornfeind 2012.)



KUVA 1. Koulutetun neuroverkon visuaalinen klusterimalli (Baca & Kornfeind 2012).

Tähtäysprosessi onnistuttiin jakamaan kymmeneen eri sekvenssiin klustereiden mukaisesti (Baca & Kornfeind 2012). Tulokseksi saatiin, että ampujilla A ja B tähtäyspisteen liike oli hitaampaa ja etäisyys osuapisteeseen oli lyhyempi kuin ampujilla I ja F. Sekvenssien avulla muodostetuista tähtäysprosessityypeistä ja niiden kuvaajista ei saatu kuitenkaan kaikkea haluttua tietoa selville. Seuraavaksi laukausten tyypit analysoitiin (kuva 2) kouluttamalla löydettyjen sekvenssien avulla toinen neuroverkko (Baca & Kornfeind 2012).



KUVA 2. Koulutetun neuroverkon avulla muodostettu tähtäysprosessien vertailukaavio. (Baca & Kornfeind 2012).

Toisen koulutetun neuroverkon avulla muodostettiin kahdeksan erilaista tähtäysprosessityyppiä, joiden mukaan laukaukset pystyttiin profiloimaan (Baca & Kornfeind 2012). Lähes kaikki maajoukkueurheilijoiden (A–D) laukaukset kuuluivat samaan tähtäystyyppiin. Tälle tyypille oli ominaista lyhyt etäisyys osuakohtaan ja hidas nopeus sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa. Yhdelle urheilijalle (F) tyypillistä oli selvästi suurempi vertikaalisuuntainen liike verrattuna horisontaalisuuntaan. Vaikka urheilija A ampui oikealta vasemmalle, prosessityyppi oli silti samanlainen kuin muilla maajoukkueurheilijoilla (B–D). Tämän perusteella Baca ja Kornfeind (2012) olettavat, että tähtäyspisteen siirto seuraavaan tauluun on tehty ennen latausliikettä. Samasta syystä aseiden vakaus ei luultavasti eronnut ammuttaessa yhteen tai viiteen tauluun. (Baca & Kornfeind 2012.) Aseen lataamisesta ensimmäiseen laukaukseen kulunut aika oli pidempi ensimmäisessä laukauksessa verrattuna muihin laukauksiin, ja tämän vuoksi ensimmäiset laukaukset jätettiin pois analysoinnista (Baca ym. 2009, Baca & Kornfeindin 2012 mukaan).

Köykän ym. (2020) tutkimuksessa oli tavoitteena käyttää tähtäyskäyrädataa ampumahiittäjien tähtäysstrategioiden luokitteluun pystyammunnassa. Köykän ym. (2020) mukaan osa ampumahiittäjistä ampuu käyttäen strategiaa, jossa pyritään pitämään tähtäyspiste mahdollisimman keskellä taulun keskipistettä ennen laukaisua, kun taas osa ampujista pyrkii hallitsemaan aseensa liikkeen mahdollisimman hyvin, ja ajoittaa laukaisun sopivaan kohtaan, kun lähestytään taulun keskipistettä. Köykän ym. (2020) tutkimuksen mukaan pitostrategiaa käyttävillä urheilijoilla ampumasuorituksen onnistumiseen vaikutti eniten kyky vakauttaa tähtäyspisteen liike juuri ennen laukausta ja tähdätä mahdollisimman keskelle. Sen sijaan ajoitusstrategiaa käyttävillä kyky lähestyä laukaisukohtaa hallitulla nopeudella, minimoida liipaisunaikainen liike sekä ajoittaa liipaisu optimaaliseen kohtaan olivat yhteydessä parempaan osumatarkkuuteen. Liipaisun ajoituksen määriteltiin olevan sitä parempi, mitä lähempänä laukaisuhetkeä keskimääräinen tähtäyspiste oli lähimpänä taulun keskipistettä. (Köykkä ym. 2020.)

Köykän ym. (2020) mukaan ammuntastrategia ei vaikuttanut ampumasuoritukseen, eli pito- eikä ajoitusstrategiaa käyttävien ampumasuoritukset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkittävästi. Vaikka ampumatarkkuudessa ei ollut eroa ryhmien välillä, tärkeimmät ampumasuoritukseen vaikuttavat tekijät käyttäytyivät eri tavoin ryhmissä. Köykän ym. (2020) tutkimuksessa havaittiin, että pitostrategiaa käyttävät ampujat olivat jo valmiiksi taulun osuma-alueella 0,6 sekuntia ennen laukaisua (lepoammunta), kun taas ajoitusstrategiaa käyttävät olivat vielä alueen ulkopuolella. Riippumatta tähtäysstrategiasta, tähtäyspisteen ollessa taulussa ampumahiittäjät painoivat liipaisinta nopeammin fyysisen rasituksen jälkeen kuin lepoammunnassa. Köykkä ym. (2020) arvelivat, että ampumahiittäjät saattavat luottaa liipaisun ajoitukseen enemmän väsyneenä. Pitostrategiaa käyttävillä liipaisun ajoitus ei ollut yhteydessä osumatarkkuuteen levossa eikä fyysisen rasituksen jälkeen, kun taas lyhyempi pitoaika oli yhteydessä huonompaan osumatarkkuuteen. Ajoitusstrategiaa käyttävillä parempi liipaisun ajoitus oli rasituksessa vähemmän yhteydessä parempaan osumatarkkuuteen kuin levossa ja tähtäyspisteen suuremman keskinopeuden havaittiin olevan yhteydessä huonompaan osumatarkkuuteen. Näiden seikkojen perusteella pääteltiin, että laukaisu kannattaisi ajoittaa rasituksessa samoin kuin levossa. (Köykkä ym. 2020.)

3.2 Liipaisu

Huippu-urheilijoiden liipaisupaineen voimakkuuden on havaittu olevan selkeästi suurempaa yksi sekunti ennen laukaisua kuin nuorilla urheilijoilla pystyammunnassa (Sattlecker ym. 2007). Liipaisimeen tuotetun paineen voimakkuus oli huippu-urheilijoilla 88,5 prosenttia laukaisuun tarvittavasta voimakkuudesta, kun taas nuorilla voimakkuus oli vain 66,5 prosenttia maksimista. (Sattlecker ym. 2007.) Fyysisen rasituksen jälkeen liipaisuvoimien on todettu olevan matalampia, mutta huippuampumahiihtäjät pystyvät ylläpitämään korkeaa laukausta edeltävää liipaisupainetta myös heti rasituksen jälkeen (Sattlecker ym. 2013). Korkean liipaisinpaineen ennen laukaisua ja tasaisen puristuksen asean laukaisemiseksi on todettu olevan yhteydessä parempaan asean vakauteen makuuammunnassa (Sattlecker ym. 2017). Sattlecker ym. (2017) eivät kuitenkaan havainneet liipaisupaineen käyrän muotoa kuvaavan muuttujan erottelevan eri tasoisia ampumahiihtäjiä toisistaan. Laukaisun puhtautta on arvioitu myös tarkastelemalla tähtäyspisteen kulkemaa matkaa juuri ennen laukaisua. Pidemmän tähtäyspisteen kulke- man matkan laukaisua edeltävän 0,2 sekunnin aikana on havaittu olevan yhteydessä heikom- paan osumatarkkuuteen sekä levossa että rasituksessa pystyammunnassa. (Ihalainen ym. 2018.)

3.3 Asennon hallinta

Makuuasento. Makuuammunnassa tasapainolla ei ole samanlaista merkitystä kuin pystyam- munnassa, ja makuuammunnan ampumasuoritus kertoo enemmän tarkasta tähtäyksestä ja hy- västä hienomotoriikan toiminnasta (Gros Lambert ym. 1999; Gros Lambert ym. 2003). Ampujan tulee kyetä erottelemaan täydellinen ja lähes täydellinen tähtäys toisistaan, ja liipaisun tulee tapahtua ilman käden tai käsivarren liikettä (Gros Lambert ym. 1999). Makuuammunnassa, il- man fyysistä rasitusta, olkapäähän kohdistuvan voiman on havaittu olevan tärkein ampuma- suoritukseen vaikuttava muuttuja (Sattlecker ym. 2017). Se myös korreloi negatiivisesti täh- täyspisteen horisontaalisuuntaisen keskihajonnan kanssa (Sattlecker ym. 2017), joka tarkoittaa, että kun ase on tiukemmin olkapäätä vasten, ase heiluu vähemmän. Ase- en vakaana pitämistä kuitenkin helpottaa ase- en ja olkavarren väliin kiinnitettävä hihna (Gros Lambert ym. 1999).

Pystyasento. Tasapainon on todettu olevan yksi suurimpia ampumasuoritukseen vaikuttavia tekijöitä pystyammunnassa (Sattlecker ym 2014, Sattlecker ym. 2017), ja olevan yhteydessä osu-
matarkkuuteen (Sattlecker ym. 2014; Ihalainen ym. 2018). Pystyasennossa etummainen käsi tuetaan lonkkaa vasten ja ase vedetään taaempaa olkapäätä vasten kuvan 3 mukaisesti (Sattlecker ym. 2014). Tämä mahdollistaa vakaan ampuma-asennon luomisen, mutta asento ei saisi myöskään olla liian jäykkä (Sattlecker ym. 2014). Sattlecker ym. (2014) havaitsivat nuorilla ampumahiihtäjillä suurempaa kehon huojuntaa pystyammunnan aikana aikuisiin verrattuna, ja esittivät Grunebergin ym. (2004) tutkimukseen perustuen, että se voisi johtua liian suuresta kehon jäykkyydestä ammunnan aikana (Sattlecker ym. 2014).

Kehon painekeskipisteen ja tähtäyspisteen liikkeen on havaittu olevan yhteydessä toisiinsa (Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018), joka kertoo kehon liikkeiden ja asennon kontrolloinnin vaikuttavan aseeseen vakauteen. Sattlecker ym. (2014) arvioivat kehon ja aseeseen massakeskipisteen liikettä 3D-liikkeenanalyysin avulla, ja saivat samankaltaisia tuloksia. Sattlecker ym. (2014) totesivatkin, että hyvä tasapaino ja aseeseen vakaana pitäminen ovat olennaisia perusammuntataitoja, jotka edistävät vakaata pystyammunta-asentoa myös kilpailuissa.

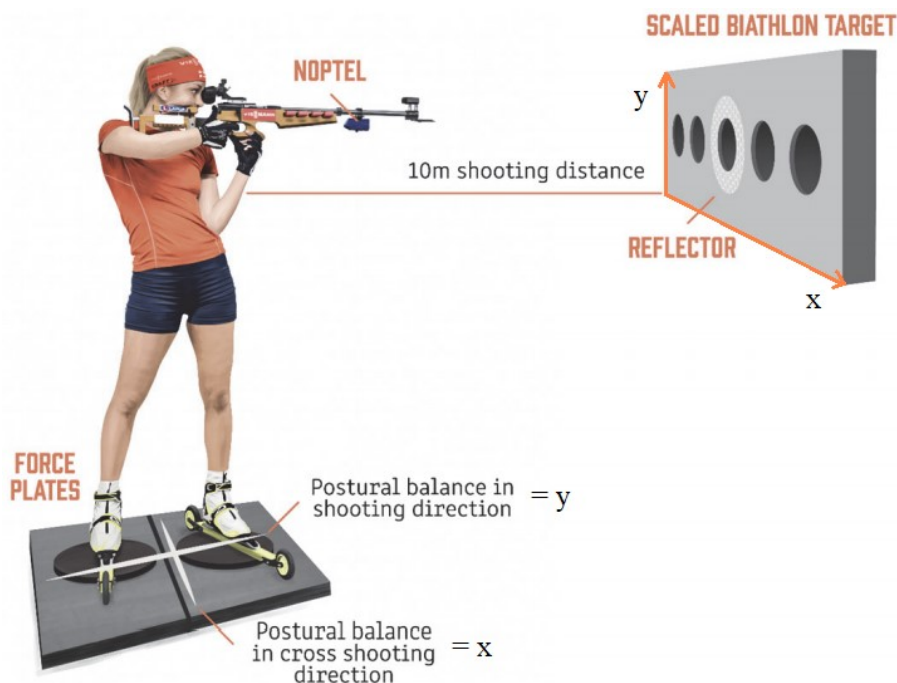
Ilmakivääriammunnassa kehon huojunnan tähtäyslinjaan kohtisuorassa suunnassa on todettu olevan jopa kaksinkertaista verrattuna huojuntaan ampumalinjan suunnassa (Niinimaa & McAvoy 1983). Tämä voi johtua siitä, että tavallisesta pystyasennosta ammuttaessa nilkan poikittainen liikkuminen on pienempää, koska jalat ovat selvästi erillään toisistaan, jonka seurauksena heilahdukset ampumasuunnassa eivät välttämättä häiritse tähtäystä (Chiari ym. 2002 ja Kirby ym. 1987, Sattleckerin ym. 2014 mukaan). Tätä täytyisi Sattleckerin ym. (2014) mukaan tutkia lisää ampumahiihtäjillä.

Köykkä ym. (2020) eivät havainneet eri tähtäysstrategioita (pito- vs. ajoitus -ryhmät) käyttävien ryhmien välillä eroja tasapainossa, minkä johtopäätöksenä todettiin, etteivät tähtäysstrategiaryhmiä erottelvat ampumasuoritukseen yhteydessä olevat tekijät olleet yhteydessä tasapainoon. Kuitenkin pitostrategiaa käyttävillä heikentynyt tasapaino johti heikentyneeseen tähtäys-tarkkuuteen, joten pitostrategia voi olla herkempi tasapainon heikkenemisen vaikutuksille kuin ajoitusstrategia. (Köykkä ym. 2020.)

4 AMMUNNAN TESTAUS

4.1 Ampumatutkimuksissa käytetyt muuttujat

Ammunnan nopeasta kehityksestä huolimatta ammuntaan liittyviä biomekaanisia tekijöitä on tutkittu, ja ampumasuoritukseen yhteydessä olevia muuttujia on löydetty (Sattlecker ym. 2014, Sattlecker ym. 2017, Ihalainen ym. 2018, Köykkä ym. 2020). Taulukkoihin 1 ja 2 on koottu muuttujia, joiden avulla ampumahiihdon ampumasuoritusta on tutkittu. Kuvassa 3 on malliesimerkki ampumahiihtotutkimusten mittaasetelmasta. Kuvassa 3 on myös havainnollistettuna suunnat, joissa ase- ja kehon huojuntaa on tarkasteltu uusimmissa tutkimuksissa (Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Ampumahiihtotutkimuksissa on ammuttu lajinomaisesti useita viiden laukauksen sarjoja, ja sarjojen kaikkia laukauksia on tarkasteltu samassa joukossa. Ainoastaan Baca ja Kornfeind (2012) ovat raportoineet jättäneensä sarjojen ensimmäiset laukaukset pois tarkastelusta, koska ase- latauksesta ase- laukaisuun kulunut aika erosi selkeästi muista laukauksista.



KUVA 3. Tähtäyspisteen liikkeen suunnat ovat valittu siten, että liike vertikaalisuunnassa on y-suunta ja liike horisontaalisuunnassa on x-suunta. Painekeskipisteen liikkeen/kehon huojunnan suunnat ovat valittu siten, että huojunta ampumalinjan suunnassa on y-suunta, ja huojunta ampumalinjaan kohtisuorassa suunnassa on x-suunta. (Mukailtu Ihalainen 2018).

TAULUKKO 1. Aikaisemmissa tutkimuksissa käytetyt ampumateknisiä tekijöitä kuvaavia muuttujia (mukailtu Köykkä ym. 2020, Ihalainen ym. 2018 & Sattlecker ym. 2017).

Komponentti	Muuttuja (yksikkö)	Kuvaus
Osumatarkkuus	SP (mm)	Osumapisteen etäisyys taulun keskipisteestä ^a
	Hit% (%)	Osumaprosentti ^b
	Score (rings)	Ammuntasuoritus laskettuna ringeistä 0–10. Osumaksi lasketaan makuulta ringit 10–8 ja pystystä ringit 10–4 ^c
Ammunta-aika	Shooting time (s)	Kokonaisammunta-aika ensimmäisestä laukauksesta viimeiseen viiden laukauksen sarjan aikana ^b
	Inter-shot time (s)	Keskimääräinen kahden laukauksen välinen aikaväli. ^a
Keskinopeus	MV (mm/s)	Tähtäyspisteen kokonaiskeskinopeus viimeisen 0,6 sekunnin ajalta ennen laukaisua (tähtäyspisteen kulkema kokonaismatka / aika). ^{a, c}
Pidon vakaus / asehuojunta	DevX (mm), DevY (mm)	Tähtäyspisteen paikan keskihajonta horisontaalisuunnassa (DevX) ja vertikaalisuunnassa (DevY) laukaisua edeltävän viimeisen 0,6 sekunnin aikana. (Pienemmän DevX- ja DevY-arvot kuvaavat parempaa pitokykyä.) ^{a, b, c*}
Tähtäystarkkuus	COG (mm)	Tähtäyspisteen keskimääräisen paikan etäisyys taulun keskipisteestä laukaisua edeltävän 0,6 sekunnin aikana. ^{a, b}
Absoluuttinen liipaisu-arvo / laukaisun puhkaus	ATV (mm)	Tähtäyspisteen kulkema matka laukaisua edeltävän viimeisen 0,2 sekunnin aikana. Pienempi ATV-arvo kuvaa parempaa liipaisu-puhtautta. ^{a, b}
Laukaisukerroin	Trigger coefficient = TC	Kerroin, joka sisältää laukauksen lähtöarvon ja käyrän kaltevuuden. $TC = \sqrt{RMSE/mean^2} * k$, jossa RMSE on keskineliövirheen neliöjuuri (lineaarinen regressiomalli), mean on tarkasteltavan signaalin keskiarvo, ja k on regressiosuoran kulmakerroin. ^c
Liipaisuun ajoittaminen	TIRE ₆ (indeksi)	Aikaväli, jolloin tähtäyspisteen keskimääräisen paikan etäisyys taulun keskipisteestä on ollut lyhimmillään: 1 = -0,6...-0,5 s, 2 = -0,5...-0,4 s, 3 = -0,4...-0,3 s, 4 = -0,3...-0,2 s, 5 = -0,2...-0,1 s, 6 = -0,1...0,0 s ^a
	TIRE ₃ (indeksi)	1 = -0,6...-0,4 s, 2 = -0,4...-0,2 s, 3 = -0,2...0 s ^b
Pitoaika	HT (%)	Prosentuaalinen osuus laukaisua edeltävästä 0,6 sekunnista, jonka ajan tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteeseen oli $< 2/3 * 57,5$ mm (kaksi kolmasosaa osuma-alueesta). ^a

a. Köykkä ym. 2020, b. Ihalainen ym. 2018, c. Sattlecker ym. 2017,

* Käytetty 0,5 sekunnin aikaväliä.

TAULUKKO 2. Aiempien tutkimusten tasapainoa ja olkapäähän kohdistuvaa voimaa kuvailevat muuttujat (mukailtu Köykkä ym. 2020, Ihalainen ym. 2018 & Sattlecker ym. 2017).

Komponentti	Muuttuja (yksikkö)	Kuvaus
Tasapaino / kehon huojunta	SDX (mm), SDY (mm)	COP:n* paikan keskihajonta laukaisua edeltävän viimeisen 0,6 sekunnin aikana X- ja Y-suunnissa**. a, b, c
	SDX_F (mm), SDX_R (mm), SDY_F (mm), SDY_R (mm)	Etummaisesta ja taaemman jalan*** COP:n sijainnin keskihajonta X- ja Y-suunnissa laukaisua edeltävän viimeisen 0,6 sekunnin aikana. (Ihalaisen ym. (2018) tutkimuksessa puhutaan oikeasta ja vasemmasta jalasta.) a, b
	COP _{MVxy} (mm/s)	Keskimääräinen COP:n liikkumisen nopeus. c
	Force distribution (%)	Vasemmalla (edessä olevalla) jalalla oleva suhteellinen paino, $F_L / (F_L + F_R) \times 100$, (F = force, L = left, R = right). b
Olkapäähän kohdistuva voima	shoulder_mean (N) / SF _M	Keskimääräinen kiväärin perän olkapäähän kohdistama voima. c
	shoulder_SD (N) / SF _{SD}	Aseen perän olkapäähän kohdistaman voiman keskihajonta. c

a. Köykkä ym. 2020, b. Ihalainen ym. 2018, c. Sattlecker ym. 2017

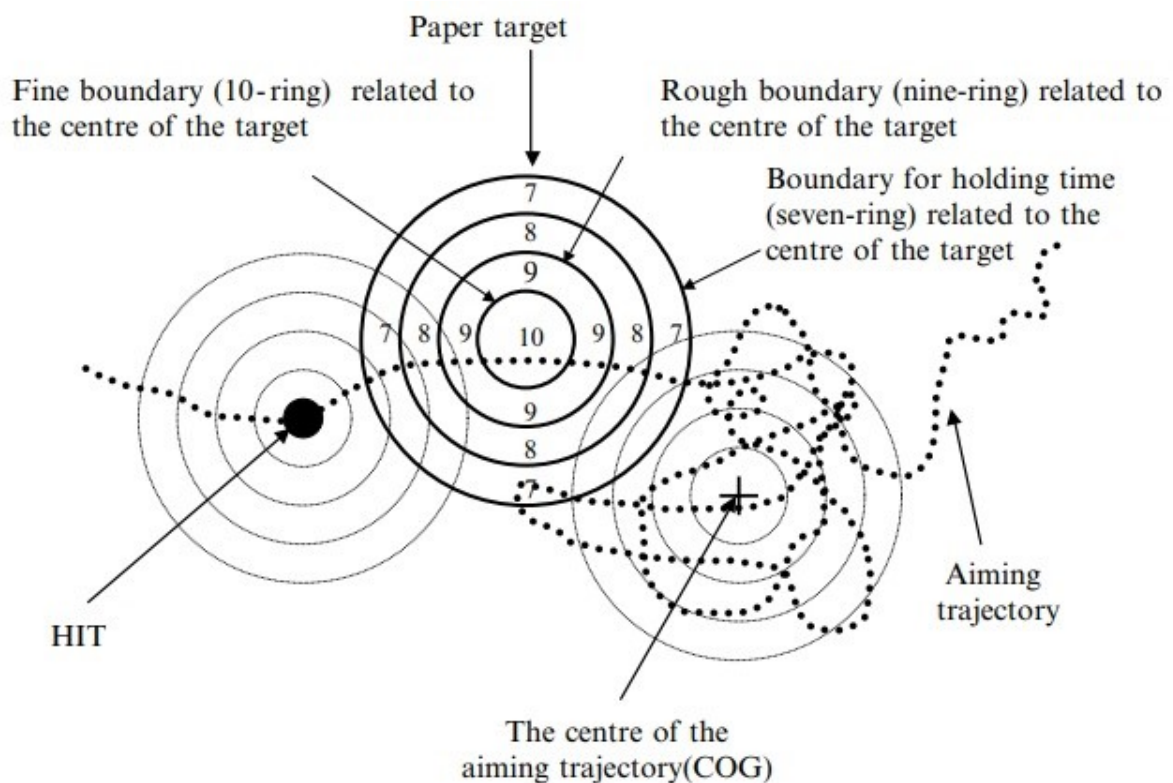
* COP, koko kehon paineakeskipiste

** X, tähtäyslinjaan nähden kohtisuorassa suunnassa; Y, tähtäyslinjan suuntaisesti

*** F, etummainen jalka; R, taaempi jalka

Ampumahiihtotutkimuksissa käytetyt muuttujat on laskettu pääasiassa keskiarvoina yhden tai 0,6 sekunnin ajalta ennen laukaisuhetkeä. Köykkä ym. (2020) ovat havainneet, että ampumahiihtäjät käyttävät kahta erilaista ammuntastrategiaa; pito- tai ajoitusstrategiaa. Pitostrategiaa käyttävät pyrkivät pitämään tähtäyspisteen valmiiksi taulun keskipisteessä, kun taas ajoitusstrategiaa käyttävät pyrkivät ampumaan heti, kun tähtäyspiste oli osuma-alueella (Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Ihalaisen ym. (2018) mukaan on mahdollista, että 0,6 sekunnin aikavälin käyttö tähtäystarkkuuden laskemisessa ei kuvasta todellista tähtäystarkkuutta ajoitusstrategiaa käyttävillä, koska he eivät edes yritä tähdätä koko aikaa keskelle. Taulukoissa 1 ja 2 esiteltyjen muuttujien lisäksi tutkimuksissa on tarkasteltu muun muassa sekä ampujan että aseiden massakeskipisteen nopeutta ja liikelaajuutta horisontaali- ja vertikaalisuunnissa (Sattlecker ym. 2014). Sattlecker ym. (2014) laskivat myös ampujan paineakeskipisteen liikelaajuuksia.

Liikkuvaan maaliin ammunnan analysoinnissa on käytetty pitoaikaa tietyllä alueella kuvaavia muuttujia (Mononen ym. 2003). Kyseisessä tutkimuksessa havaittiin, että COG_R -muuttuja eroteli voimakkaimmin aloittelijoita ja kokeneita ampujia. Tämä muuttuja kertoo, kuinka suuren osuuden kokonaistähtäysajasta tähtäyspiste oli tähtäyspisteen keskimääräisen sijainnin (COG) ympärille piirretyn 9-ringin kokoisen alueen sisällä (kuva 4). COG-piste on keskimääräisen tähtäyspisteen (x, y) paikka, joka saadaan laskemalla erikseen x- ja y-koordinaattien keskiarvot tietyltä aikaväliltä. Keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä ollun ajan lisäksi Mononen ym. (2003) tarkastelivat osuma-alueen keskipisteen ja osumapisteen ympärillä oltuja aikoja sekä keskimääräisen tähtäyspisteen ja osumapisteen välistä etäisyyttä. (Mononen ym. 2003.)



KUVA 4. Pitoaikaa tietyllä alueella kuvaavien muuttujien havainnollistus (Mononen ym. 2003).

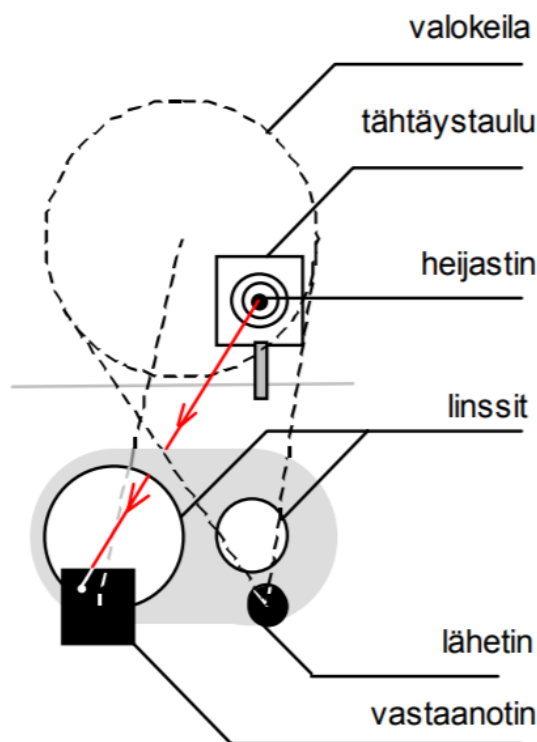
4.2 Ammuntatesteissä käytettävät laitteet

Ampumahiihtotutkimuksissa yleisimmin käytettyjä mittauslaitteita ovat tähtäyspisteen seuraamiseen kehitetyt erilaiset elektroniset järjestelmät sekä voimalevyt (Laaksonen ym. 2011; Gallicchio ym. 2016; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018; Heinrich ym. 2002; Köykkä ym.

2020). Lisäksi voidaan käyttää erilaisia paineantureita liipaisupaineen mittaamiseen ja 3D-liikkeen analyysiä ampujan ja aseenn massakeskipisteen liikkeen analysointiin (Sattlecker ym. 2014).

4.2.1 Optoelektronisen laitteiston toimintaperiaate ja käyttö

Noptel ST-2000 -ammunnanharjoittelulaite perustuu primatekniikkaan. ”Primatekniikkaan perustuvat ammunnanharjoittelulaitteet koostuvat aseeseen kiinnitettävästä optisesta osasta, tietokoneesta sekä tauluun kiinnitettävästä heijastimesta, prismasta tai prismaticyhmästä. Osuman mittaaminen tapahtuu optisesti valaisemalla taulun alue lähinkeilalla ja vastaanottamalla heijastimesta palautuva valo vastaanottimella (kuva 5). Mittausalueen koko eli taulun maksimikoko siis kasvaa suoraan etäisyyden mukaan.” (Noptel Oy 2004, s. 7.)

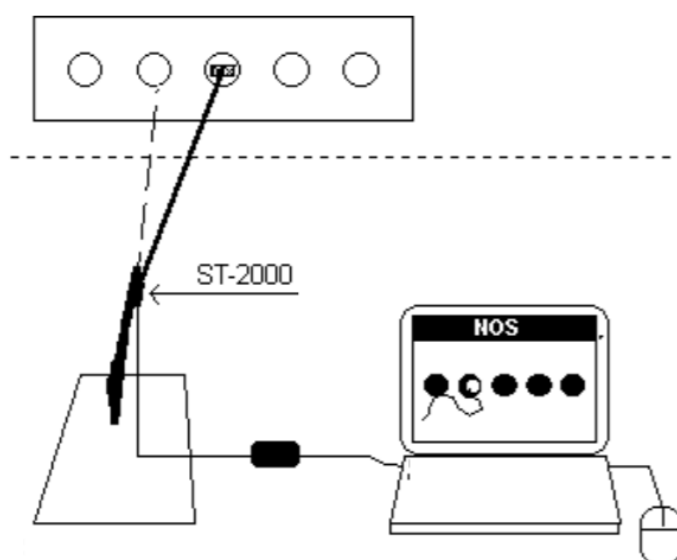


KUVA 5. Osumapisteen mittauksen periaate (Noptel Oy 2004, s. 7).

Laitteiston asetuksia säätäessä on tärkeää huomioida pienin hyväksyttävä signaalitaso. Laitteiston toiminta perustuu heijastukseen, joten esim. katosta mahdollisesti tulevat heijastukset voivat aiheuttaa virheellisen laukauksen. (Noptel Oy, 2004, s. 80.) Käytettäessä Noptel ST-2000 -laitteistoa ampumahiihdossa, ammuntaetäisyys on mitattava tarkasti, jotta osuman paikka

maalitaululla mitataan oikein ja maalitaulu näkyy ampujan tähtäimistä oikean kokoisena. ”Mikäli ampumamatkan ja maalitaulun paikkojen suhteessa havaitaan eroa, kyseessä oleva ero voidaan vielä korjata skaalaamalla maalitaulujen paikkoja ohjelmiston avulla.” (Noptel Oy, 2004, s. 93.)

Kohdistus voidaan tehdä joko sarjan laukausten painopisteeseen kohdistamalla tai hiirellä osoittamalla (Noptel Oy 2004, s. 29). Kohdistaminen sarjan painopisteeseen mukaan tarkoittaa kohdistamista osumien ”kasan” keskipisteeseen, jonka jälkeen maalitaulun keskipiste on tässä kohdassa. Pikakohdistus hiiren avulla voidaan tehdä jopa kesken sarjan. Tällöin ”haluttu kohdistuspiste on yleensä ampujan viimeisimmän laukauksen painopistealueen keskellä tai aiempien osumien osumakeskeispisteessä”. (Noptel Oy 2004, s.38.) Monitauluammunnassa on tärkeää, että aseeseen kiinnitetty optinen osa on ammuttaessa vaakasuorassa (Noptel Oy, 2004, s.39). Mikäli optinen osa on kallistuneena, kallistus nähdään maalitauluissa siten, että osumat ovat toisen laidan taulussa keskitason alapuolella, ja toisessa laidassa keskitason yläpuolella. Ohjelmisto pystyy huomioida kallistuksen kohdistuksessa, mikäli näin valitaan. Kallistuksen määrittäminen muuttaa yleensä keskipisteen kohdistusta, joten se täytyy tehdä uudelleen. (Noptel Oy, 2004, s. 39.) NOS4-ohjelmistossa voidaan valita ammuttatyypiksi ampumahiihdon makuu- tai pysyvämmunta (Noptel Oy, 2004, s. 96). Tällöin optisessa maalitaulussa on viisi maaliympyrää ja yksi heijastin kiinnitettynä keskimmäiseen tauluun (kuva 6).



KUVA 6. Laitteiston toimintaperiaate ampumahiihtoammunnassa (Noptel Oy, 2004, s. 96).

4.2.2 Voimalevyjen toimintaperiaate ja käyttö

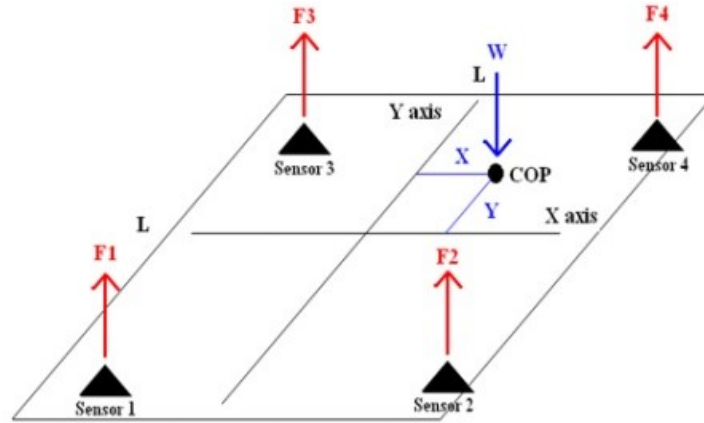
Voimalevyillä voidaan mitata maan reaktivoimia (Enoka 2008, s. 57). Resultanttivoima voidaan jakaa kolmeen eri suuntaiseen voimavektoriin (x-, y- ja z-suunnat/ylös-alas, eteen-taakse ja sivulta sivulle). Nämä komponentit kuvaavat maan reaktioita ihmisen liikkeeseen, joka kulkee jalkojen välityksellä maahan ja vastaa kehon kiihtyvyyttä näissä eri suunnissa. Minkä tahansa kehon segmentin aiheuttaman maan reaktivoiman suuruus riippuu sen massasta ja sen massakeskipisteen (COM) kiihtyvyydestä. (Enoka 2008, s. 57.) Pieninkin segmentin liike aiheuttaa massakeskipisteen siirtymisen, joka johtaa kehon epätasapainoon, joka puolestaan täytyy korjata kaatumisen välttämiseksi (Paillard 2017). Samalla, kun kehon asentoa kontrolloidaan ja kehon massakeskipisteen paikka sekä kehon eri segmenttien kiihtyvyyden ja niiden suunnat vaihtelevat, muuttuu siis myös maan reaktivoiman suuruus.

Kun maan reaktivoimia mitataan voimalevyillä, mitatun voiman suuruus edustaa jalan alle jakautuneen paineen summaa (Forner Cordero ym. 2004). Maan reaktivoimavektorin paikka jalkojen alla vastaa painekeskipesteen (COP, center of pressure) paikkaa, joka on jalkaan kohdistuneen paineen keskipiste (Enoka 2008, s. 60–61). Kun käytetään voimalevyä, jonka jokaisessa nurkassa sijaitsee joko vastusvenymäliuska tai punnituskennoanturi, joiden avulla saadaan muunnettua aistitut vastuksen/jännitteen muutokset kuvaamaan maan reaktivoimien suuruutta, voidaan painekeskipesteen sijainti (kuva 7) laskea kaavoilla 1 ja 2 (Huang ym. 2013).

$$x_{cop} = \frac{[(F4+F2)-(F1+F3)]*L}{W} \quad (1)$$

$$y_{cop} = \frac{[(F3+F4)-(F1+F2)]*L}{W} \quad (2)$$

, joissa W = neljästä kulmasta mitattujen voimien yhteenlaskettu suuruus ja L = etäisyys sensorien välillä.



KUVA 7. Havainnollistus painekeskapisteen (COP) sijainnin määrittämisestä (Huang ym. 2013).

Viimeisimmissä ampumahihtotutkimuksissa ampujien tasapainoa kuvaavan painekeskapisteen liikkeen mittaamiseen on käytetty kahta voimalevyä (Köykkä ym. 2020, Ihalainen ym. 2018, Sattlecker ym. 2017). Kahta voimalevyä käyttämällä voidaan tarkastella painon jakautumista oikealle ja vasemmalle jalalle sekä analysoida kummankin jalan painekeskapisteen paikka erikseen (Winter ym. 2003). Koko kehon painekeskapisteen liike sivuttaissuunnassa liittyy lonkan lähentäjä- ja loitontajalihasten kontrollointiin, joka näkyy painon jakautumisessa oikealle ja vasemmalle jalalle. Tarkastelemalla erikseen kummankin jalan painekeskapisteen liikettä eteen- taakse-suunnassa saadaan tietoa nilkan ojennukseen osallistuvien lihasten hallinnasta. (Winter ym. 2003.) Kun käytetään kahta voimalevyä, koko kehon painekeskapisteen paikka voidaan arvioida laskemalla kummaltakin voimalevyiltä lasketuille painekeskipisteille painotettu keskimääräinen paikka vertikaalisuuntaisten maan reaktiovoimakomponenttien avulla (kaavat 3 ja 4) (Winter ym. 2003; Yamaguchi ym. 2013).

$$x_{COP} = \frac{x_{COP_1} * F_{Z_1} + x_{COP_2} * F_{Z_2}}{F_v} \quad (3)$$

$$y_{COP} = \frac{y_{COP_1} * F_{Z_1} + y_{COP_2} * F_{Z_2}}{F_v} \quad (4)$$

, joissa COP_1 ja COP_2 ovat 1. ja 2. voimalevyn painekeskipisteet, F_{Z_1} ja F_{Z_2} ovat 1. ja 2. voimalevyn vertikaalisuuntaiset reaktiovoimat ja F_v on F_{Z_1} + F_{Z_2}.

5 TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT

Ampumatekniikkaan liittyvien perusasioiden harjoitteluun käytetään esimerkiksi yksittäisten laukausten ampumista (Köykkä 2016), joka voidaan nähdä ampumasuorituksen jakamisena osasuoritukseen (Kiefer ym. 2014; Rahman & Gray 2020). Ainakin käytännön tasolla ampumasuorituksen pitäisi yksittäin ammutuissa laukauksissa olla samanlainen kuin sarjojen ensimmäisissä laukauksissa siihen saakka, kunnes laukaisu on tapahtunut. Yksittäisissä laukauksissa laukaisua seuraa ampuma-asennon purkaminen, kun taas sarjojen ensimmäisistä laukauksista jatketaan sarjan toiseen laukaukseen tekemällä latausliike. Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, ovatko ampumasuoritukset ampumateknisten muuttujien perusteella samanlaiset yksittäisissä laukauksissa ja sarjojen ensimmäisissä laukauksissa, vai muuttuuko suoritus, kun tarkoituksena on ampua koko viiden laukauksen sarja. Eri laukauksien vertailuista ei ole aiempia tutkimusjulkaisuja.

Ongelma 1: Onko osumatarkkuudessa ja ampumateknisissä muuttujissa eroja yksittäisten laukausten ja viiden laukauksen sarjojen ensimmäisten laukausten välillä makuuammunnassa?

Hypoteesi 1: Oletetaan, ettei osumatarkkuudessa tapahdu tilastollisesti merkitsevää muutosta laukausten välillä, suoritukset eivät käytännön tasolla eroa toisistaan. Makuuammunta vaatii tarkkaa tähtäystä ja hyviä hienomotorisia taitoja (Gros Lambert ym. 1999; Gros Lambert ym. 2003), joten mikäli eroja laukausten väliltä löytyy, oletetaan niiden liittyvän tähtäystarkkuuteen ja laukaisun puhtauteen. Ihalainen ym. (2018) kuvailivat keskimääräisen tähtäyspisteen paikan ja tähtäyspisteen kulkeman matkan liipaisun aikana kertovan näistä osatekijöistä.

Ongelma 2: Onko ampumateknisissä ja tasapainoon liittyvissä muuttujissa sekä osumatarkkuudessa eroa yksittäisten laukausten ja viiden laukauksen sarjojen ensimmäisten laukausten välillä pystyammunnassa?

Hypoteesi 2: Oletetaan, ettei osumatarkkuudessa tapahdu tilastollisesti merkitsevää muutosta laukausten välillä, koska suoritukset eivät käytännön tasolla eroa toisistaan. Tasapainoon liittyvien muuttujien on todettu olevan selkeästi yhteydessä pystyammuntasuoritukseen (Sattlecker

ym. 2014, Sattlecker ym. 2017), ja tasapainomuuttujien ja aseiden vakautta kuvaavien muuttujien on havaittu olevan yhteydessä toisiinsa (Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018). Sekä yksittäiset että sarjojen ensimmäiset laukaukset ammutaan levossa, joten tasapainoon liittyvissä muuttujissa ei oleteta tapahtuvan muutosta. Mikäli eroja löytyy, oletetaan niiden liittyvän tähtäystarkkuutta ja laukaisun puhtautta kuvaaviin muuttujiin kuten makuuammunnassa.

6 MENETELMÄT

Tämä työ tehtiin osana suurempaa tutkimusta ”Ampumahiihtäjien hiihtosuorituskyvyn sekä ampumateknisten ominaisuuksien kehittymisen seuranta”. Tutkimusprojektin tavoitteena on tutkia ampumahiihtäjien ominaisuuksien kehittymistä sekä kehittää ampumahiihtäjille tehtäviä testejä laadukkaammiksi. Ampumatestien toissijaisena tavoitteena on tutkia, ovatko uusien ammunnan perustestien (pitotesti, ykköslaukaustesti) tulokset yhteydessä lajiammuntataitoon sekä kehittää tähtäyspisteen liikkeen, vartalon huojunnan sekä liipaisutekniikan vaihtoehtoisia muuttujia, joita voidaan käyttää tasapainon kontrollointistrategioiden selvittämisessä sekä optimaalisen liipaisutekniikan selvittämisessä. Tutkimukseen oli lupa Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta. Tässä työssä hyödynnettiin ykköslaukaus- ja sarja-ammuntatestien tuloksia. Kaikki ampumasuoritukset tehtiin lepo-olosuhteissa.

6.1 Tutkittavat

Vapaaehtoiset koehenkilöt rekrytoitiin kansainvälisen ja kansallisen tason ampumahiihtäjien joukosta. Projektin päättökija selvitti tutkimuksen sisällön suullisesti koehenkilöille, ja kaikki tutkittavat saivat luettavakseen tietosuojailmoituksen ja allekirjoittivat suostumuslomakkeen tieteelliseen tutkimukseen. Tutkimukseen osallistuneet olivat iältään 16–29-vuotiaita, ja heistä kaikki kuuluivat Suomen Ampumahiihtoliiton maajoukkueryhmiin tai Vuokatti-Ruka Urheilukatemian harjoitusryhmään. Tutkittavia oli yhteensä 26, joista miehiä oli 16 ja naisia 10. Tutkimukseen osallistuneet kävivät vuonna 2019 Jyväskylän yliopiston Vuokatin yksikössä testattavana 2–3 kertaa harjoituskauden aikana. Tässä työssä tarkastellaan poikkileikkauksena yhden testikerran tuloksia.

6.2 Tutkimusprotokolla

Kaikki testit suoritettiin kontrolloiduissa laboratorio-olosuhteissa sisätiloissa. Tutkimusprotokollaan kuului ammuttatestit ja suora maksimaalinen hapenottokykytesti rullahiihtäen. Jokaisella urheilijalla oli testien välissä vähintään kahden tunnin tauko. Ammuttatesteihin kuului ykköslaukaustesti ja sarja-ammuntatesti, jotka suoritettiin sekä makuu- että pystyasennosta.

Ykköslaukaustestissä ammuttiin 10 yksittäistä laukausta 30 sekunnin välein yhteen tauluun. Sarja-ammuntatestissä ammuttiin puolestaan kuusi viiden laukauksen sarjaa (viiteen vierekkäiseen tauluun). Myös sarjojen välissä oli 30 sekunnin tauot. Tässä tutkimuksessa kaikki ammunnat suoritettiin levossa ja koehenkilöitä ohjeistettiin ampumaan normaalilla kilpailurytmillään ja tekniikallaan.

Suora testi suoritettiin hiihtäen wassberg-tyylillä. Alkuverryttelyn aikana (15 minuuttia) annettiin lupa hiihtää myös kuokkaa. Alkuverryttelyn aikaista sykettä seuraamalla valittiin aloituskuormaksi 6,5 km/h, 8 km/h tai 9 km/h jaottelun mennessä pääasiassa juniori naiset, juniori miehet/naiset ja miehet. Kuormien kesto oli 3 minuuttia ja nopeutta lisättiin 1,5 km/h jokaisen kuorman alussa. Maton kulma oli koko ajan 3 astetta. Testi päättyi, kun testattava valui liian taakse matolla tai ilmaisi haluavansa lopettaa. Veren laktaattipitoisuus mitattiin noin 1 min ennen testin alkua, jokaisen kuorman jälkeen, sekä testin päättymisen jälkeen 1 min, 4 min, 7 min ja 10 min kohdalla. Matto pysäytettiin näytteenoton ajaksi. Testin jälkeen ensimmäiset 4 minuuttia oli passiivista palauttelua, jonka jälkeen tehtiin 6 minuutin loppuverryttely. Tässä tutkielmassa maksimihapenottokykytestien tuloksia käytettiin ainoastaan urheilijoiden tason kuvailuun.

6.3 Aineiston keräys

Ampumatatetit. Jokainen koehenkilö ampui testeissä omalla ampumahiihtoon tarkoitettulla pienoiskiväärillään. Tähtäyspisteen liikettä ajan suhteen mitattiin Noptel ST-2000 Sport II -ammunnanharjoittelujärjestelmää hyödyntäen (Noptel Oy, Oulu, Suomi), jota myös Sattlecker ym. (2017), Ihalainen ym. (2018) sekä Köykkä ym. (2020) ovat käyttäneet tutkimuksissaan. Keräystaajuutena käytettiin 67 Hz:ä ja mittaustarkkuus oli 0,1 mm. Laitteistoon kuuluva 80 grammaa painava optinen osa kiinnitettiin aseensa piippuun, optinen heijastintaulu asetettiin seinälle 10 metrin päähän ja optinen osa kytkettiin tietokoneeseen. Aseen kohdistus suoritettiin ampuen makuuasennosta hihnatuelta ja käyttäen NOS4-ohjelmistoa (Noptel Oy, Oulu, Suomi). Noptel-laitteistolla mitatusta datasta laskettiin taulukossa 3 kuvailut muuttujat. Ampumasuorituksen onnistumista kuvailtiin tässä tutkimuksessa osumapisteen etäisyytenä taulun keskipisteestä, koska se antaa tarkemman kuvan osumatarkkuudesta kuin pelkkien osumien laskeminen tai

pisterinkien käyttäminen. Ampumahiihdon kilpailusuorituksia analysoitaessa on todettu ohilaukauksia ammuttavan niin vähän, että eri muuttujien yhteydestä osumatarkkuuteen on vaikea tehdä johtopäätöksiä, mikäli lasketaan vain osumia ja ohilaukauksia (Luchsinger ym. 2019).

TAULUKKO 3. Tähtäyspisteen koordinaattien perusteella lasketut tässä työssä käytetyt muuttajat. Kaikki muuttajat laskettiin laukaisuhetkeä edeltäneeltä 0,6 sekunnin ajalta lukuun ottamatta ATV-muuttujaa, joka laskettiin 0,2 sekunnin ajalta ennen laukaisua. Osumapisteen etäisyys keskipisteestä on laskettu laukaisuhetkeltä.

Komponentti	Muuttuja	Kuvaus	Kaava*
Osumatarkkuus	SP (mm)	Osumapisteen etäisyys taulun keskipisteestä.	$\sqrt{(x_{HIT} - x_{KP})^2 + (y_{HIT} - y_{KP})^2}$
Keskinopeus	MV (mm)	Tähtäyspisteen keskinopeus tietyllä aikavälillä.	$\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}}{\Delta t}$
Aseen vakaus	DevX (mm)	Tähtäyspisteen x-koordinaattien keskihajonta tietyllä aikaväliltä.	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
	DevY (mm)	Tähtäyspisteen y-koordinaattien keskihajonta tietyllä aikaväliltä.	$\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$
Tähtäystarkkuus	COG _{DIST} (mm)	Tietyn aikavälin keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä.	$\sqrt{(x_{COG} - x_{KP})^2 + (y_{COG} - y_{KP})^2}$
	COG _{HIT} (mm)	Tietyllä aikaväliltä lasketun keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys osumapisteestä.	$\sqrt{(x_{COG} - x_{HIT})^2 + (y_{COG} - y_{HIT})^2}$
Pitoaika	HT (%)	Tietyllä aikaväliltä laskettu prosentuaalinen pitoaika tietyllä alueella. Alueiden keskipisteet: TARGET = osuma-alueen keskipiste, COG = keskimääräinen tähtäyspiste, HIT = osumapiste, Alueiden säteet: makuu: 22,5 mm, (2/3) * 22,5 mm, pysty: 57,5 mm, (2/3) * 57,5 mm	KUN $0 \leq i < n$, JOS $\sqrt{(x_i - x_{KP})^2 + (y_i - y_{KP})^2} < \text{säde}$, NIIN $n_alueella = n_alueella + 1$ JA $t_i = \frac{\Delta t}{n - 1}$ JA $HT = \frac{n_alueella * t_i}{\Delta t} * 100$
Liipaisun puhtaus	ATV (mm)	Tähtäyspisteen kulkema matka tietyllä aikavälillä.	$\sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$

* Kaavoissa Δt = tarkasteltava aikaväli, n = tietyn aikavälin mittauspisteiden lukumäärä, (x, y) = tähtäyspisteen koordinaatit, HIT = osumapiste, KP = keskipiste, COG = keskimääräinen tähtäyspiste (määritetään laskemalla erikseen x- ja y-koordinaattien keskiarvot tietyllä aikavälillä)

Pystyammunnassa ampujan alustaan tuottamia vertikaalisuuntaisia voimia ja horisontaalisuuntaisia momentteja mitattiin kahdella AMTI-voimalevyllä (Advanced Mechanical Technology Inc, Watertown, USA) kuten myös Ihalainen ym. (2018) sekä Köykkä ym. (2020). Signaalit kerättiin 400 hertsin taajuudella. Voimien ja momenttien avulla laskettujen painekeskipesteen koordinaattidata suodatettiin fourth-order zero-phase lag digital low pass -filterillä rajataajuuden ollessa 7 Hz. Voimalevyillä kerätyn datan avulla laskettiin tasapainoon liittyviä muuttujia, jotka ovat kuvailtu taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Pystyammuntasuorituksesta analysoidut tasapainoon liittyvät muuttujat. Kaikki muuttujat laskettiin laukaisua edeltävältä 0,6 sekunnin jaksolta.

Muuttuja	Kuvaus
SDX (mm)	Koko kehon painekeskipesteen paikan keskihajonta tähtäyslinjaan kohtisuorassa suunnassa.
SDY (mm)	Koko kehon painekeskipesteen paikan tähtäyslinjan suuntainen keskihajonta.
SDX front (mm)	Etummaisien jalan painekeskipesteen paikan keskihajonta tähtäyslinjaan kohtisuorassa suunnassa.
SDY front (mm)	Etummaisien jalan painekeskipesteen paikan tähtäyslinjan suuntainen keskihajonta.
SDX rear (mm)	Taaemman jalan painekeskipesteen paikan keskihajonta tähtäyslinjaan kohtisuorassa suunnassa.
SDY rear (mm)	Taaemman jalan painekeskipesteen paikan tähtäyslinjan suuntainen keskihajonta.
Voiman jakautuminen (%)	Etummaiselle jalalle jakaantuneen voiman osuus koko kehon painekeskipesteeseen kohdistuvasta vertikaalisuuntaisesta voimasta

Liipaisupainetta mitattiin asean liipaisimeen kiinnitettävällä piezoresistiivisellä pintapaineanturilla (FSR 402, Interlink Electronics Inc., Irvine, CA), jonka keräystaajuus oli 400 Hz. Liipaisupaine määritettiin ajanhetkiltä 0,6 sekuntia ja yksi sekunti ennen laukaisua suhteellisena voimana asean laukaisemiseen tarvittavasta voimasta. Liipaisimeen kiinnitettävän pintapaineanturin ja voimalevyjen mittaama data synkronoitiin laukaisuhetkeen erillisen mikrofonitriggerin avulla, joka tunnisti asean laukaisun äänen perusteella. Mikrofonin keräystaajuus oli 400 hertsiä. Noptel-laitteistossa on oma laukaisuhetken triggaukseen. Kaikkien laitteiden signaalien ja datan

keräykseen käytettiin Coachtech-järjestelmää (Jyväskylän yliopisto, Vuokatti, Suomi), joka on ohjelmoitu suorittamaan datan muuntamisen helpommin käsiteltävään muotoon sekä muuttujien laskemisen. Tallennuksen päätyttyä Coachtech- järjestelmän avulla poimittiin NOS4-ohjelmiston tallentamasta tiedostosta laukaisuhetki, jotta tähtäyskäyrädata saatiin synkronoitua voimalevy- ja liipaisupainedataan.

Suorat rullahiihtotestit. Maksimaalinen hapenottookykytesti tehtiin rullahiihtäen leveällä juoksumatolla (2,7 m x 3,5 m, Rodby RL3500E, Rodby Innovations, Vänge, Ruotsi). Kaikki koehenkilöt suorittivat testin samoilla rullasuksilla (Marwe 610 A, pyörimisvastus standard/6, Marwe Oy, Hyvinkää, Suomi). Hengityskaasuja mitattiin kannettavalla COSMED K5 -hengityskaasuanalysointilaitteella, jota käytettiin OMNIA-ohjelmiston kautta (Cosmed The Metabolic Company, Rooma, Italia). Sydämen sykettä mitattiin Garminin sykesensorilla, joka yhdistettiin suoraan hengityskaasuanalysointilaitteeseen ja OMNIA-ohjelmistoon. Hengityskaasuanalysointilaitteeseen kalibroitiin ennen jokaista testiä ja mittauksissa käytettiin sekoituskammioita. Sormenpästä otetut kapillaariverinäytteet analysoitiin Biosen S_line Lab+ -laktaattianalysointilaitteella (EKF Diagnostic, Magdeburg, Saksa).

6.4 Aineiston analysointi ja tilastolliset menetelmät

Ammuntatestien tulokset analysoitiin pääasiassa toukokuun testien perusteella. Neljän koehenkilön kohdalla havaittiin, että aseeseen kiinnitettävä optinen osa ja samalla ase olivat olleet kallistuneena (Noptel Oy, 2004, s. 39.). Näiden koehenkilöiden ammuntasuoritukset analysoitiin seuraavalta onnistuneelta mittauskerralta, joko elo- tai lokakuulta. Analysoitavia laukauksia oli yhteensä 2080, joista ykkösammuntana ammuttuja laukauksia oli 520, ja sarjoina ammuttuja laukauksia 1560. Sarjojen ensimmäisiä laukauksia oli 312. Laukauksista puolet olivat makuuammunnasta ja puolet pystyammunnasta.

Tulosten käsittelyyn käytettiin Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaa (versio 2004: Microsoft Corp. Redmond, USA), ja tilastotestit tehtiin IBM SPSS Statistics -ohjelmistolla (versio 26: IBM, Yhdysvallat). Jokaiselle urheilijalle laskettiin kaikkien muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat yksittäin ammutuille laukauksille ja sarjojen ensimmäisille laukauksille. Kaikkien muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro-Wilkin testillä. Muuttujien ollessa

normaalijakautuneita, yksittäisten laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten vertailuun käytettiin parittaisten otosten t-testiä. Jos normaalijakautuneisuuden ehto ei täyttynyt, vertailuun käytettiin Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä. Luottamustasoksi valittiin kaikissa testeissä 95 prosenttia, ja sekä parittaisten otosten t-testit että Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testit tehtiin kaksisuuntaisina testeinä, koska selkeätä hypoteesia muutoksista eikä niiden suunnista ollut.

Niistä koehenkilöistä, joiden ammuntestien tulokset olivat mukana analyysissä, 23 tekivät myös suoran maksimihapenottokykytestin. Näiden urheilijoiden tulosten perusteella laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat kestävyysominaisuuksia kuvailevista muuttujista Microsoft Excel -ohjelmistolla. Mattotestien tulokset analysoitiin kultakin urheilijalta samalta testikerralta kuin ammuntestien tulokset. Yhden urheilijan suoran testin tulokset jätettiin pois analyysistä kalibroinnissa tapahtuneen häiriön takia, jolloin tarkasteltavaksi jäi 22 koehenkilöä.

7 TULOKSET

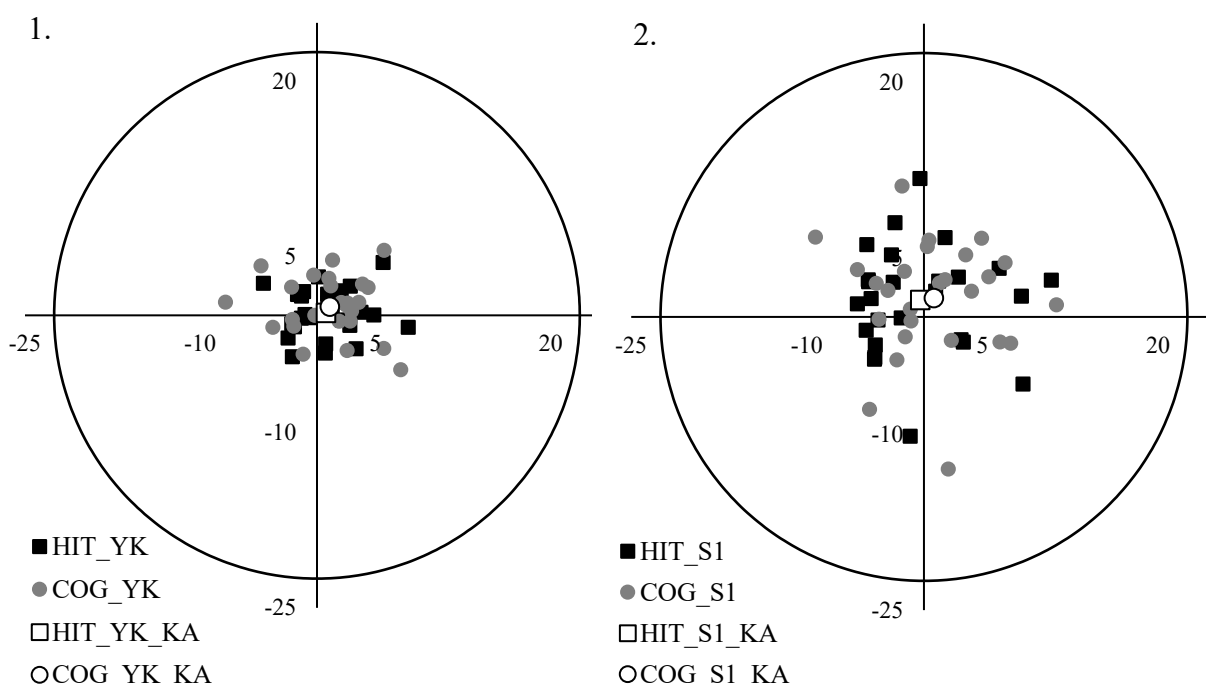
Tutkimukseen osallistuneiden urheilijoiden kestävyysominaisuuksia kuvailevat muuttujat on raportoitu taulukossa 5. Tarkasteltaessa koehenkilöiden keskimääräisiä osumatarkkuuksia havaittiin, että jokainen koehenkilö osui keskimäärin osuma-alueelle sekä makuu- että pystyammunnassa. Tämä tarkoittaa, että mikäli olisi ammuttu kaatuviin tauluihin, keskimäärin kaikki taulut olisivat kaatuneet. Yksittäisten laukausten joukossa oli muutama ohiammuttu laukaus. Makuuammunnassa suurin osa sarjojen ensimmäisten laukausten ja yksittäisten laukausten erotuksista eivät olleet normaalijakautuneita, kun taas pystyammunnassa suurin osa oli normaalijakautuneita.

TAULUKKO 5. Koehenkilöiden kestävyysominaisuuksia kuvailevat muuttujat ja niiden arvot. Tässä tarkastelussa mukana oli 9 naista ja 13 miestä.

Muuttuja	Naiset	Miehet
VO ₂ MAX (ml/kg/min)	58,7 ± 4,6	70,4 ± 6,1
Maksiminopeus (km/h)	15,0 ± 1,1	18,3 ± 1,2
Maksimilaktaatti (mmol/l)	10,9 ± 1,4	12,2 ± 2,0

Makuuammunta. Makuuammunnassa yksittäisten laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten väliltä löytyi tilastollisesti melkein merkitsevää eroa tähtäystarkkuudessa (COG_{DIST}, t(25) = 2,365, p = 0,026, kuva 8) ja tähtäyspisteen kokonaiskeskinopeudessa (MV, p = 0,020). Tilastollisesti merkitsevää eroa oli osumatarkkuudessa (SP, p = 0,003, kuva 8). Sarjan ensimmäiset laukaukset osuivat kauemmas keskipisteestä kuin yksittäin ammutut laukaukset. Tähtäyspisteen keskimääräinen etäisyys taulun keskipisteestä ja tähtäyspisteen liikkeen kokonaiskeskinopeus laukaisua edeltävän 0,6 sekunnin aikana olivat suurempia sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa. Muista muuttujista ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja makuuammunnassa. Kaikkien tarkasteltujen ampumateknisten muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat sekä erot yksittäisten laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä makuuammunnassa ovat raportoitu taulukossa 6. Kuvassa 9 on havainnollistettuna

tähtäyspisteen nopeus laukaisua edeltävän 0,6 sekunnin aikana. Koska tähtäyspisteen keskino-
peudessa havaittiin tilastollisesti melkein merkitsevää eroa yksittäin ammuttujen ja sarjojen en-
simmäisten laukausten välillä, haluttiin lisäksi tarkastella kuvaajien avulla, miten tähtäyspisteen
liikkeen hetkellinen nopeus vaihteli laukausta edeltävän 0,6 sekunnin aikana. Jokaiselle koe-
henkilölle laskettiin oma keskimääräinen tähtäyspisteen nopeutta kuvaava käyrä (kuva 9), joi-
den lisäksi laskettiin vielä kaikkien koehenkilöiden keskimääräinen nopeuskäyrä sekä yksittäin
ammutuista että sarjojen ensimmäisistä laukauksista.



KUVA 8. Makuuammunta. Koordinaatistojen pisteet (0,0) kuvaavat taulun keskipistettä. Koh-
dassa 1. on jokaisen koehenkilön keskimääräiset osumapisteet (HIT_YK) ja keskimääräiset tähtäyspisteet (COG_YK) sekä kaikkien urheilijoiden laukausten perusteella painotettu keskimää-
räinen osumapiste (HIT_YK_KA) ja keskimääräinen tähtäyspiste (COG_YK_KA) yksittäisistä
laukauksista. Kohdassa 2. on samat muuttujat sarjojen ensimmäisistä laukauksista (HIT_S1,
COG_S1, HIT_S1_KA, COG_S1_KA).

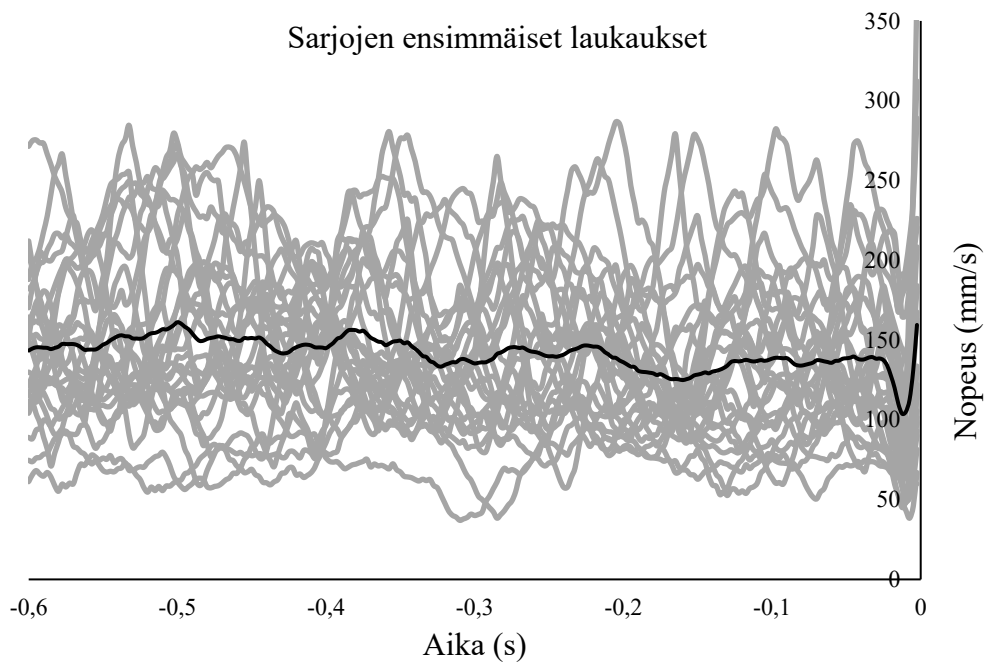
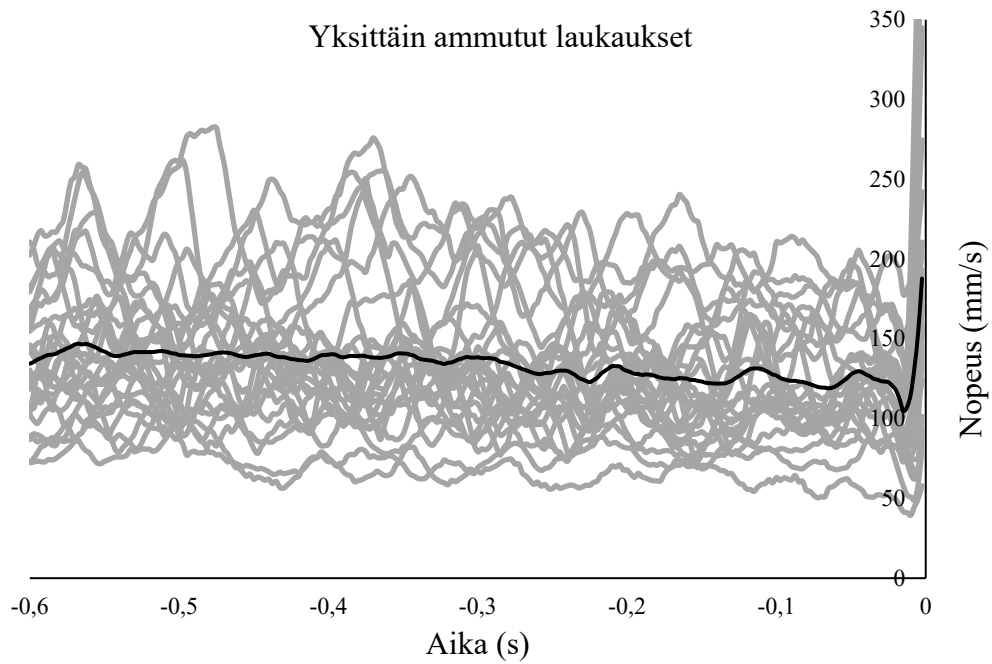
TAULUKKO 6. Makuuammunnan ykköslaukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten väli-
set erot ja kuvailevat tunnusluvut. Kaikissa muuttujissa havaintoyksikköjä oli 26. Taulukkoon
on merkitty kirjaimilla, ovatko testit tehty parittaisella t-testillä (T) vai nonparametrisellä Wil-
coxonin merkittyjen sijalukujen testillä (W).

	Yksittäiset laukaukset (\pm sd [†])	Sarjojen 1. laukaukset (\pm sd)	Ero	p-arvo	Testi
SP (mm)	9 \pm 2	10 \pm 2	2** (22 %)	0,003	W
MV (mm/s)	131 \pm 36	139 \pm 38	8* (6 %)	0,020	W
DevX (mm)	5 \pm 2	5 \pm 2	0 (2 %)	0,501	W
DevY (mm)	5 \pm 1	5 \pm 1	0 (2 %)	0,518	T
COG _{DIST} (mm)	7 \pm 2	9 \pm 3	1* (20 %)	0,026	T
COG _{HIT} (mm)	7 \pm 2	8 \pm 3	0 (7 %)	0,325	T
HT _{TARGET_22.5} (%)	97 \pm 4	95 \pm 7	-2 (-2 %)	0,570	W
HT _{TARGET_(2/3)*22.5} (%)	85 \pm 11	78 \pm 17	-7 (-8 %)	0,112	W
HT _{COG_22.5} (%)	88 \pm 12	84 \pm 17	-4 (-4 %)	0,412	W
HT _{COG_(2/3)*22.5} (%)	65 \pm 17	61 \pm 21	-4 (-6 %)	0,321	T
HT _{HIT_22.5} (%)	96 \pm 7	95 \pm 9	-0 (0 %)	0,709	W
HT _{HIT_(2/3)*22.5} (%)	83 \pm 14	80 \pm 14	-3 (-3 %)	0,181	T
ATV (mm)	25 \pm 7	26 \pm 7	1 (5 %)	0,174	W
TF -1.0 (%)	83 \pm 11	81 \pm 11	-2 (-2 %)	0,454	W
TF -0.6 (%)	89 \pm 9	87 \pm 9	-2 (-2 %)	0,242	W

[†] sd eli keskihajonta

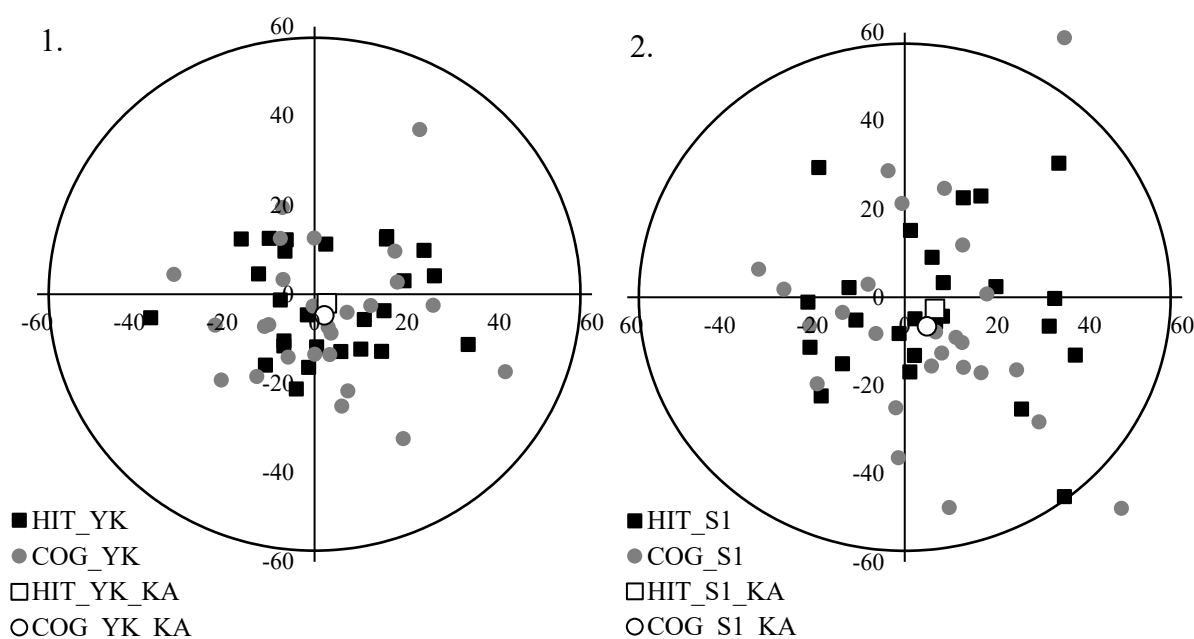
* p < 0,05, tilastollisesti melkein merkitsevä ero

** p < 0,01, tilastollisesti merkitsevä ero



KUVA 9. Makuuammunta. Tähtäyspisteen nopeus ajan suhteen kuvattuna 0,6 sekunnin ajalta ennen laukaisuhetkeä sekä yksittäin ammutuista että sarjojen ensimmäisistä laukauksista. Kuvaajissa on havainnollistettu, miten tähtäyspisteen nopeus vaihtelee keskimäärin kaikilla koehenkilöillä makuuammunnassa. Musta käyrä kuvaa kaikkien koehenkilöiden keskiarvoa ja harmaalla on jokaiselle koehenkilölle lasketut keskimääräiset tähtäyspisteen nopeuskäyrät.

Pystyammunta. Pystyammunnassa yksittäin ammuttujen laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevää eroa keskimääräisessä tähtäystarkkuudessa (COG_{DIST} , $t(25) = 3,967$, $p < 0,001$). Tähtäyspisteen keskimääräinen etäisyys taulun keskipisteestä laukaisua edeltävän 0,6 sekunnin aikana oli merkittävästi suurempi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa (kuva 10). Pystyammunnassa löydettiin myös tilastollisesti merkitsevää eroa pitoajoissa taulun keskipisteen ja keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä ($\text{HT}_{\text{TARGET}_{(2/3)*22.5}}$ ($t(25) = -3,678$, $p = 0,001$). Tilastollisesti melkein merkitsevää eroa havaittiin muuttujissa $\text{HT}_{\text{TARGET}_{22.5}}$ ($t(25) = -2,665$, $p = 0,013$) ja $\text{HT}_{\text{COG}_{22.5}}$ ($t(25) = -2,705$, $p = 0,012$). Liitteessä 2 on yhden urheilijan tähtäyskäyrät laukausta edeltävältä 0,6 sekunnin ajalta havainnollistamassa tähtäyksen eroa yksittäisissä ja sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Kaikkien tarkasteltujen ampumateknisten muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat sekä erot yksittäisten laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä pystyammunnassa ovat raportoitu taulukossa 7.



KUVA 10. Pystyammunta. Koordinaatistojen pisteet (0,0) kuvaavat taulun keskipistettä. Kohdassa 1. on jokaisen koehenkilön keskimääräiset osumapisteet (HIT_YK) ja keskimääräiset tähtäyspisteet (COG_YK) sekä kaikkien urheilijoiden laukausten perusteella painotettu keskimääräinen osumapiste (HIT_YK_KA) ja keskimääräinen tähtäyspiste (COG_YK_KA) yksittäisistä laukauksista. Kohdassa 2. on samat muuttujat sarjojen ensimmäisistä laukauksista (HIT_S1, COG_S1, HIT_S1_KA, COG_S1_KA).

TAULUKKO 7. Pystyammunnan ykköslaukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten väliset erot ja kuvailevat tunnusluvut. Kaikissa muuttujissa havaintoyksikköjä oli 26. Taulukkoon on merkitty kirjaimilla, ovatko testit tehty parittaisella t-testillä (T) vai nonparametrisellä Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testillä (W).

	Yksittäiset laukaukset (\pm sd [†])	Sarjojen 1. laukaukset (\pm sd)	Ero	p-arvo	Testi (T/W)
SP (mm)	33 \pm 8	34 \pm 12	2 (6 %)	0,403	T
MV (mm/s)	255 \pm 45	257 \pm 45	2 (1 %)	0,675	T
DevX (mm)	18 \pm 4	18 \pm 4	-0 (-1 %)	0,789	T
DevY (mm)	16 \pm 4	16 \pm 4	0 (0 %)	0,967	T
COG _{DIST} (mm)	28 \pm 10	34 \pm 14	6*** (22 %)	< 0,001	T
COG _{HIT} (mm)	33 \pm 8	34 \pm 10	1 (3 %)	0,567	T
HT _{TARGET_57.5} (%)	86 \pm 12	80 \pm 19	-6* (-7 %)	0,013	T
HT _{TARGET_(2/3)*57.5} (%)	63 \pm 18	54 \pm 21	-10** (-15 %)	0,001	T
HT _{COG_57.5} (%)	62 \pm 20	52 \pm 23	-9* (-15 %)	0,012	T
HT _{COG_(2/3)*57.5} (%)	36 \pm 15	30 \pm 18	-6 (-16 %)	0,079	T
HT _{HIT_57.5} (%)	79 \pm 12	78 \pm 14	-2 (2 %)	0,448	T
HT _{HIT_(2/3)*57.5} (%)	58 \pm 13	55 \pm 16	-3 (-5 %)	0,357	T
ATV (mm)	51 \pm 13	52 \pm 11	1 (2 %)	0,598	T
TF -1.0 (%)	78 \pm 13	75 \pm 15	-2,42 (-3 %)	0,094	T
TF -0.6 (%)	82 \pm 13	81 \pm 14	-1,52 (-2 %)	0,180	T
SDY (mm)	0,59 \pm 0,17	0,57 \pm 0,20	-0,02 (-3 %)	0,248	W
SDX (mm)	0,91 \pm 0,30	0,90 \pm 0,24	-0,01 (-1 %)	0,694	W
SDY _{FRONT} (mm)	1,06 \pm 0,44	1,01 \pm 0,40	-0,05 (-5 %)	0,453	T
SDX _{FRONT} (mm)	0,26 \pm 0,15	0,26 \pm 0,15	-0,01 (-3 %)	0,661	T
SDY _{REAR} (mm)	0,92 \pm 0,41	0,93 \pm 0,38	0,01 (1 %)	0,857	T
SDX _{REAR} (mm)	0,16 \pm 0,07	0,15 \pm 0,10	-0,00 (-2 %)	0,238	W
Painon jakautuminen oikealle jalalle (%)	58 \pm 4	58 \pm 4	-0,16 (0 %)	0,307	T

[†] sd eli keskihajonta

* p < 0,05, tilastollisesti melkein merkitsevä ero

** p < 0,01, tilastollisesti merkitsevä ero

*** p < 0,001, tilastollisesti erittäin merkitsevä ero

8 POHDINTA

Makuuammunnassa osumatarkkuus oli hypoteesin vastaisesti sarjojen ensimmäisissä laukauksissa tilastollisesti merkitsevästi suurempi kuin yksittäisissä laukauksissa. Ero oli kuitenkin keskimäärin vain yhden millimetrin suuruinen. Muita muuttujia tarkastellessa havaittiin, että makuuammunnassa tilastollisesti merkitseviä muutoksia tapahtui tähtäyspisteen keskinopeudessa ja keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyydessä keskipisteestä. Pystyammunnassa osumatarkkuus ei hypoteesin mukaisesti muuttunut tilastollisesti merkitsevästi, vaikka ero oli keskimäärin yhtä suuri. Pystyammunnassa urheilijoiden välinen keskihajonta oli suurempaa, eivätkä muutokset olleet riittävästi saman suuntaisia, jotta muutos olisi ollut tilastollisesti merkitsevää. Samoin kuin makuuammunnassa, myös pystyammunnassa keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys keskipisteestä muuttui, mutta tähtäyspisteen keskinopeudessa ei havaittu muutosta. Sen sijaan pystyammunnassa laukausten välillä havaittiin eroa pitoajoissa taulun keskipisteen ja keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä. Näiden havaintojen perusteella voidaan todeta, että makuu- ja pystyammunnassa tähtäys muuttuu eri tavalla yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä. Hypoteeseina oli, että mikäli sekä makuu- että pystyammunnassa löydetään eroja yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä, erot liittyvät tähtäystarkkuuteen ja liipaisun puhtauteen. Näiden hypoteesien voidaan todeta toteutuneen ainakin osittain.

Koehenkilöiden maksimaaliseksi hapenottokyvyksi (VO_{2MAX}) mitattiin rullahiihtotestissä naisilla $58,7 \pm 4,6$ ml/kg/min ja miehillä $70,4 \pm 6,1$ ml/kg/min. Tässä työssä tarkastelun kohteena olleista ampumahiihtäjistä varsinkin miehet saavuttivat keskimäärin lähes yhtä korkeita hapenottolukemia kuin Heikuran (2017) tarkastelussa olleet Suomen maastohiihtomaajoukkueen urheilijat (miesten välillä ero noin 1 ml/kg/min, naisten välillä noin 4 ml/kg/min), mutta testeissä saavutetuissa maksiminopeuksissa oli selkeät erot sekä miesten että naisten välillä. Suorassa maksimaalisessa hapenottokykytestissä saavutetun korkeamman maksiminopeuden on havaittu olevan yhteydessä parempiin FIS-pisteisiin maastohiihdon distanssimatkoilla (Heikura 2017), joten testissä saavutettu maksiminopeus on oletettavasti yhteydessä todelliseen suorituskykyyn myös ampumahiihtäjillä.

8.1 Makuuammunta

Makuuammunnassa sarjojen ensimmäisissä laukauksissa verrattuna yksittäin ammuttuihin laukauksiin havaittiin nousua tähtäyspisteen keskinopeudessa (MV) ja keskimääräisen tähtäyspisteen paikan etäisyydessä taulun keskipisteestä (COG_{DIST}). Samalla myös osumatarkkuus (SP) oli huonompi. Uusimmissa ampumahiihtotutkimuksissa ainoastaan Sattlecker ym. (2017) ovat tutkineet biomekaanisia ampumateknisiä muuttujia makuuammunnassa. Lepoammunnassa he havaitsivat, että paremmat ampumapisteet saaneilla ase oli vedetty tiukemmin olkapäätä vasten. Tässä työssä ei mitattu olkapäähän kohdistuvia voimia eikä myöskään jaettu urheilijoita ryhmiin ampumatarkkuuden perusteella. Sattleckerin ym. (2017) havaintojen perusteella voidaan päätellä, että huonompi osumatarkkuus sarjojen ensimmäisissä laukauksissa voisi viitata olkapäähän kohdistuneen voiman laskuun. Mikäli mitattaisiin olkapäähän kohdistuvia voimia sekä tehtäisiin ampumasuorituksesta 3D-liikeanalyysi, voitaisiin päästä käsiksi siihen, tapahtuuko ampuma-asennon hallinnassa muutoksia yksittäisten laukausten ja sarja-ammunnan välillä.

Havaittiin, että sarjojen ensimmäisissä laukauksissa osumatarkkuus oli huonompi ja tähtäyspisteen keskimääräinen nopeus (MV) oli suurempi kuin yksittäisissä laukauksissa. MV-muuttujan yhteyttä osumatarkkuuteen tai muihin ampumateknisiin muuttujiin ei kuitenkaan tarkasteltu. Sattlecker ym. (2017) havaitsivat, että liipaisupaineen käyrän muotoa kuvaava kerroin oli yhteydessä tähtäyspisteen keskinopeuteen. Heidän johtopäätöksensä oli, että laukaisua edeltävä korkea liipaisupaine, ja tasainen liipaisimen puristus viimeisten 0,5 sekunnin aikana parantavat ase-aseen vakautta. Urheilijoiden liipaisupaineet olivat 0,6 sekuntia ennen laukaisua keskimäärin 88 prosenttia yksittäisissä laukauksissa ja 87 prosenttia sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Liipaisupaine juuri tällä ajanhetkellä ei siis muuttunut tilanteiden välillä. Näiden arvojen perusteella ei vielä tiedetä, oliko ase-aseen laukaisuun johtava lopullinen liipaisun puristus tasainen. Liitteen 1 kuvista voidaan kuitenkin nähdä, että urheilijoiden keskimääräiset liipaisupainekäyrät olivat hieman jyrkempiä sarjojen ensimmäisissä laukauksissa verrattuna yksittäisiin laukauksiin. Tämä viittaa siihen, että sarja-ammunnan alussa liipaisu ei välttämättä ollut yhtä tasainen kuin ammuttaessa yksittäisiä laukauksia.

Ihalainen ym. (2018) arvioivat laukaisun puhtautta tähtäyspisteen viimeisen 0,2 sekunnin aikana kulkeman matkan avulla (ATV). Suuremmat ATV-arvot on yhdistetty heikompaan osu-matarkkuuteen sekä pystyammunnassa sekä levossa että rasituksessa (Ihalainen ym. 2018). Tässä työssä tarkasteltiin ATV-muuttujan käyttäytymistä yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä, mutta tilastollisesti merkitseviä muutoksia ei havaittu. Kun tarkastellaan kuvaa 9, havaitaan, että keskimäärin tähtäyspisteen liikkumisnopeus vaikuttaa olevan koko 0,6 sekunnin ajan hieman suurempaa sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Harmaata osiota tarkastelemalla nähdään, että tähtäyspisteen liikkumisnopeus hidastui viimeisten noin 0,4 sekunnin aikana yksittäisissä laukauksissa useammalla koehenkilöllä kuin sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Hitaampi tähtäyspisteen liikkumisnopeus yksittäisissä laukauksissa vaikuttaa painotuvan osalla koehenkilöistä hieman enemmän liipaisuhetkeen, mutta useammalla koko laukaisua edeltävälle 0,6 sekunnin ajalle. Kuvan 9 kuvaajat viittaavat urheilijoiden suurempaan pyrkimykseen vakauttaa ase ennen liipaisua sekä joidenkin urheilijoiden parempaan liipaisutekniikkaan yksittäisissä laukauksissa kuin sarjojen ensimmäisissä laukauksissa.

Laukaisua edeltävän 0,6 sekunnin ajalta lasketun keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä (COG_{DIST}) oli tilastollisesti melkein merkitsevästi pidempi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa verrattuna yksittäisiin laukauksiin. Tätä muuttujaa on tarkasteltu aiemmin ampumahiihtotutkimuksissa ainoastaan pystyammunnassa (Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Ihalainen ym. (2020) havaitsivat COG_{DIST} -muuttujan olevan yhteydessä tähtäyspisteen horisontaali- ja vertikaalisuuntaiseen liikkeeseen sekä TIRE-indeksiin (taulukko 1). Suurempi TIRE-indeksi kuvastaa parempaa laukaisun ajoitusta. Ihalainen ym. (2018) siis havaitsivat, että mitä kauempana 0,6 sekunnin ajalta laskettu keskimääräinen tähtäyspiste on keskipisteestä, sitä paremmin laukaisu on ajoitettu. Tämä kuvastaa, että vaikka keskimääräinen tähtäyspiste olisi kauempana taulun keskipisteestä, se ei välttämättä tarkoita huonompaa laukaisua. Sen sijaan se antaa viitteitä siitä, että on pystytty ampumaan hyvään tähtäyskuvaan ennen kuin tähtäyspiste ehtii liikkua kauemmas keskipisteestä.

Tässä työssä havaittiin yhtä aikaa sekä keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyyden kasvua keskipisteestä sekä suurempaa tähtäyspisteen keskinopeutta verrattaessa sarjojen ensimmäisiä laukauksia yksittäin ammuttuihin laukauksiin. Baca ja Kornfeind (2012) havaitsivat, että maajoukkueryhmään kuuluvien tähtäyksessä tyypillistä oli tähtäyspisteen lyhyt etäisyys osumakohtaan

sekä hidas nopeus sekä horisontaali- että vertikaalisuunnassa. Lisäksi Köykkä ym. (2020) ovat havainneet, että pitostrategiaa käyttävillä lyhyempi tähtäyspisteen keskimääräinen etäisyys taulun keskipisteestä ja pidempi pitoaika taulun keskipisteen ympärillä olivat tärkeimpiä hyvään ampumasuoritukseen yhteydessä olevia tekijöitä. Sen sijaan ajoitusstrategiaa käyttävillä tärkeimpiä ampumasuorituksen onnistumiseen yhteydessä olevia tekijöitä olivat matalampi tähtäyspisteen keskinopeus sekä lyhyempi tähtäyspisteen liikkuma matka juuri ennen laukausta (ATV). Ajoitusstrategiaa käyttävillä myös suurempi TIRE-indeksi oli yhteydessä parempaan osumatarkkuuteen ammuttaessa levosta. (Köykkä ym. 2020.)

Tässä työssä ei käytetty TIRE-indeksiä, mutta pitoaikaa taulun osuma-alueella tarkasteltiin. Pitoajassa taulun keskipisteen, COG-pisteen tai osumapisteen ympärillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä. Kuitenkin pitoajassa taulun osuma-alueella pienemmän alueen sisällä havaittiin -6,6 prosenttiyksikön muutos ($HT_{TARGET_2/3} * 22.5$, $p = 0,112$). Yhdistämällä Baca ja Kornfeindin (2012), Ihalaisen ym. (2018) sekä Köykin ym. (2020) löydökset, vaikuttaa siltä, että tähtäysstrategia muuttui yksittäisistä laukauksista sarjojen ensimmäisiin laukauksiin pitostrategiasta ajoitusstrategiatyyppiseen tähtäykseen. Vaikka ATV-muuttujasta ei löydetty tilastollisesti merkitseviä muutoksia, sen arvo kuitenkin suureni samalla kun osumatarkkuus huononi tilastollisesti merkitsevästi, joka myös viittaa enemmän ajoitusstrategiatyyppiseen ammuntaan.

Köykkä ym. (2020) eivät havainneet pito- ja ajoitusstrategiaa käyttävien välillä eroa ampumatarkkuudessa, joten huonompaa osumatarkkuutta sarjojen ensimmäisissä laukauksissa ei voida perustella erilaisella tähtäysstrategialla. On myös tärkeää muistaa, että Baca ja Kornfeind (2012), Ihalainen ym. (2018) sekä Köykkä ym. (2020) tarkastelivat ainoastaan pystyammuntasuoritusta. Vaikka osumatarkkuus oli keskimäärin huonompi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäisissä laukauksissa, tähtäyspisteen horisontaali- ja vertikaalisuuntaisessa (DevX ja DevY) liikkeessä ei ollut havaittavissa muutosta. Sattlecker ym. (2017) eivät myöskään havainneet näiden muuttujien erottelvan osumapisteiden perusteella jaoteltuja ryhmiä toisistaan. Pystyammunnassa havaitut osumatarkkuuden ja aseiden horisontaali- ja vertikaalisuuntaisen heilumisen väliset yhteydet (Hoffman ym. 1992; Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen 2018) eivät siis ole suoraan yhdistettävissä makuuammuntaan.

Tässä työssä tarkasteltiin myös keskimääräisen tähtäyspisteen ja osumapisteen etäisyyttä toisistaan. Tätä muuttujaa ei ole raportoitu ampumahiihtotutkimuksissa, mutta Mononen ym. (2003) ovat käyttäneet sitä tutkiessaan liikkuvaan maaliin ampujien suorituksia. Havaittiin, että sekä osumapiste, että keskimääräinen tähtäyspiste olivat sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kauempana taulun keskipisteestä kuin yksittäisissä laukauksissa. Kuitenkaan näiden pisteiden etäisyys toisistaan ei muuttunut tilastollisesti merkitsevästi (-0,5 mm, $p = 0,325$). Kuvasta 8 nähdään, että keskimäärin sekä osumapiste että keskimääräinen tähtäyspiste liikkuvat samaan suuntaan (keskimäärin enemmän ylöspäin) verrattaessa yksittäisiä laukauksia ja sarjojen ensimmäisiä laukauksia. Huomataan myös, että urheilijoiden välillä oli selkeästi enemmän hajontaa sekä tähtäyspisteen että osumapisteen paikassa sarjojen ensimmäisissä laukauksissa verrattuna yksittäisiin laukauksiin. Sattleckerin ym. (2017) löydökset tähtäyspisteen keskinopeuden yhteydestä liipaisuun ja olkapäähän kohdistuvaan voimaan voivat antaa viitteitä huonommasta asennon ja hienomotoriikan kontrolloinnista sarjojen ensimmäisissä laukauksissa, joka myös selittäisi huonomman osumatarkkuuden johtuvan näistä seikoista.

8.2 Pystyammunta

Tasapainon on todettu olevan yksi suurimmista pystyammuntasuoritukseen yhteydessä olevista tekijöistä (Sattlecker ym. 2014, Sattlecker ym. 2017). Tasapainoon liittyvissä muuttujissa ei tässä työssä havaittu muutoksia yksittäisten laukausten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä. Aseen heilumista ja heilumisnopeutta kuvaavien muuttujien on todettu olevan yhteydessä tasapainomuuttujiin (Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018), eikä myöskään näissä muuttujissa havaittu muutoksia eri ampumasuoritusten välillä tässä työssä.

Keskimääräisen tähtäyspisteen paikan etäisyys keskipisteestä (COG_{DIST}) oli pystyammunnassa erittäin merkitsevästi pidempi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa verrattuna yksittäisiin laukauksiin. Köykkä ym. (2020) havaitsivat, että pitostrategiaa käyttävillä COG-muuttuja ja tähtäyspisteen pitoaika taulun osuma-alueella kuvaava muuttuja vaikuttivat eniten ampumasuoritukseen. Suurempi pitoaika osuma-alueella oli yhteydessä parempaan osumatarkkuuteen (Köykkä ym. 2020). Tässä työssä havaittiin, että pystyammunnassa pitoajat taulun keskipisteen ja keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä ($HT_{TARGET_57.5}$, $p < 0,05$; $HT_{TARGET_2/3*57.5}$, $p <$

0,01; $HT_{COG_57.5}$, $p < 0,05$) olivat lyhyempiä sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kuin yksittäin ammutuissa laukauksissa, mutta osumatarkkuudessa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä oli siis suurempi ja tähtäyspiste sijaitsi vähemmän aikaa sekä taulun osuma-alueella että keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä sarjojen ensimmäisissä laukauksissa ilman että osumatarkkuus kuitenkaan muuttui. Nämä havainnot viittaavat siihen, että laukaisu on ajoitettu paremmin yhtä hyvään kohtaan sarjojen ensimmäisissä laukauksissa eli on pystytty ampumaan yhtä hyvään tähtäyskuvaan ennen kuin tähtäyspiste ehtii viipyä alueella kauaa (Ihalainen ym. 2018).

Kun tarkastellaan pitoaikaa tietyllä alueella kuvaavia muuttujia, huomataan, että osumapisteen ympärillä olleessa ajassa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Pitoajat osumapisteen ympärillä olivat keskimäärin lähes yhtä suuret sekä yksittäisissä että sarjojen ensimmäisissä laukauksissa, mutta tästä ei voida päätellä urheilijakohtaisia muutoksia, koska keskihajonta urheilijoiden välillä oli suurta. Urheilijoiden välillä laukauksissa tapahtui siis eri suuntaisia muutoksia. Joka tapauksessa, voisi olettaa, että jos laukaisu ajoitetaan aikaisemmin yhtä optimaaliseen tähtäyskuvaan, myös osumapisteen ympärillä oltaisiin lyhyempi aika. Näin ei kuitenkaan käynyt, vaikka taulun keskipisteen ja keskimääräisen tähtäyspisteen ympärillä oltiin lyhyemmät ajat sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Myöskään osumapisteen ja keskimääräisen tähtäyspisteen välinen etäisyys ei muuttunut. Tämän ilmiön ymmärtämiseksi täytyisi muuttujia analysoida lisää.

Ammuntatilanteen muuttuminen vaikutti siis tähtäykseen, mutta ei tasapainoon eikä aseensa vaikauteen tai liipaisusta (ATV, TF) kertoviin muuttujiin. Tähtäyksessä muuttui ainoastaan liipaisun ajoitus. Pitoajassa tapahtunut muutos taulun keskipisteen ympärillä oli tilastollisesti merkitsevämpää taulun osuma-aluetta pienemmällä alueella kuin koko taulun kokoisella alueella. Tähtäyspisteen liike ampumahiihtoammunnassa viimeisten 0,6 sekunnin voi ajoittua melkein täysin osuma-alueelle (kuva 11). Tämä voi selittää, miksi pitoaika osuma-alueen kokoisella alueella ei muutu niin herkästi kuin pienemmällä alueella, vaikka tähtäysstrategia olisi laukausten välillä erilainen. Mononen ym. (2003) laskivat tähtäyspisteen liikettä kuvaavat muuttujat laukausta edeltävältä kolmelta sekunnilta. He kuitenkin tarkastelivat liikkuvaan maaliin ammuntaa. Köykkä ym. (2020) ovat raportoineet ampumahiihtäjillä laukausten välisen ajan olevan sarja-ammunnassa noin kolme sekuntia, ja Sattlecker ym. (2014) noin kaksi sekuntia. Osa tästä

ajasta menee aseensa lataamiseen, mutta voisi olla mielenkiintoista tarkastella tähtäyskäyrän käyttäytymistä myös pidemmältä kuin 0,6 sekunnin ajalta.

8.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Koejärjestelyn vahvuuksiin kuului samojen muuttujien ja mittauslaitteiden käyttö kuin osassa aikaisemmista ampumahiihtotutkimuksista (Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Ihalainen ym. 2018 sekä Köykkä ym. (2020) laskivat muuttujat laukausta edeltävältä 0,6 sekunnin ajalta kuten tässä työssä tehtiin. Koehenkilöitä oli 26, joten myös otannan suuruus oli hyvä, ja samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa keskimäärin (Sattlecker ym. 2014; Sattlecker ym. 2017; Ihalainen ym. 2018; Köykkä ym. 2020). Koejärjestelyn etuna oli, että tutkimuslaboratorio oli suurimmalle osalle koehenkilöistä jo entuudestaan tuttu. Mittaukset tehtiin Vuokatissa Snowpolis-rakennuksessa, joka kuuluu Vuokatin urheilupuiston kampusalueeseen, kuten myös Vuokatin Olympiavalmennuskeskus ja Vuokatti-Ruka-urheiluakatemia. Urheilijat käyttivät ampumatesteissä omaa asettaan ja heitä ohjeistettiin ampumaan omalla kilpailurytmillään, jotta testisuoritus olisi mahdollisimman samanlainen kuin harjoittelu- ja kilpailutilanteissa.

Ampumatestit suoritettiin sisätiloissa, joten ammunnessa ei käytetty patruunoita, vaan mittauksissa hyödynnettiin Noptel ST-2000 -ammunnanharjoittelujärjestelmää ja mikrofoni-triggeriä. Laukaisuhetki tunnistettiin liipaisusta kuuluvasta naksahdusäänestä, mutta patruunoilla ammuttaessa ääni on paljon suurempi. On mahdollista, että patruunoilla ammuttaessa kova ääni vaikuttaa suoritukseen (Wahn & König 2017; Heinrich ym. 2020). Toisaalta tässä työssä tarkasteltiin ainoastaan sarjojen ensimmäisiä laukauksia eikä analysoitu muuttujia liipaisuhetken jälkeen, joten kovan äänen puuttuminen ei luultavasti vaikuttanut suoritukseen eikä muuttujien arvoihin. Ilman patruunoita ammuttaessa puuttuu myös rekylin vaikutus. Tässä työssä vertailtiin kuitenkin laukauksia, jotka kummatkin suoritettiin samanlaisissa olosuhteissa, joten laukausten vertailu on mielekästä. Täytyy kuitenkin huomioda, että patruunoilla ammuttaessa ei välttämättä saada samanlaisia tuloksia.

Koska koehenkilöt ampuivat itselleen tutulla rytmillä, he myös ampuivat sarjojen ensimmäiset laukaukset haluamaansa tauluun. Olisi voinut olla hyödyllistä kirjata, missä järjestyksessä tauluihin ammuttiin sarja-ammunnassa. Baca ja Kornfeind (2012) vertailivat, erosivatko saman urheilijan laukaukset toisistaan, kun ammuttiin yhteen tai viiteen tauluun. Kummassakin tilanteessa ammuttiin viiden laukauksen sarjoja. Baca ja Kornfeind (2012) eivät löytäneet selviä viitteitä siitä, onko tähtäysprosessi vakaampi ammuttaessa yhteen tai viiteen tauluun. Heidän mielestään kolmen urheilijan kohdalla voitiin sanoa, että yhteen tauluun ammuttaessa tähtäys oli vakaampi. Muiden kohdalla tämä joko ei ollut selkeää tai jopa viiteen tauluun ammuttaessa tähdättiin vakaammin. Baca ja Kornfeind (2012) tutkivat kuitenkin vain pystyammuntaa, joten makuuammunnassa viiteen eri tauluun ampuminen voi vaikuttaa eri tavalla muuttujiin. Makuuammunnassa kyynärpäät pyritään pitämään tukevasti maassa, joten aseensuuntaaminen voi olla vaikeampaa kuin pystyasennossa.

Noptel ST 2000 -laitteella ammuttaessa, tulokset voivat hieman vääristyä johtuen aseensuuntaamisesta kohdistuslinjaan nähden (Noptel Oy 2004, s. 39; Baca & Kornfeind 2012). Tällaiset virheet pyrittiin havaitsemaan käymällä laukaukset läpi manuaalisesti. Tässä työssä pyrittiin minimoimaan muuttujien virheet analysoimalla ainoastaan niiden urheilijoiden ammuntaa, joilla ei havaittu kallistuksesta johtuvaa virhettä. Tulevaisuudessa voisi miettiä, olisiko mahdollista havaita kallistus jo ennen testisuoritusta, ja huomioida kallistus kohdistuksessa tai asettamalla optinen osa aseeseen nähden hieman vinoon, jolloin se olisi testitilanteessa suorassa (Noptel Oy, 2004, s. 39). Olisi myös mielenkiintoista tietää lisää Noptel-järjestelmän monitauluammunnan toiminnasta, jotta voisi arvioida, minkä verran vino tähtäyslinja muuhin kuin keskimmäiseen tauluun ammuttaessa aiheuttaa virhettä tähtäyspisteen paikan koordinaatteihin.

Muuttuja, joka olisi ollut hyvä ottaa huomioon, on aseensuuntaamisesta liipaisemiseen kulunut aika. Baca ja Kornfeind (2012) havaitsivat, että edellä mainittu aikaväli poikkesi huomattavasti sarjan ensimmäisen laukauksen ja sarjan muiden laukausten välillä. Tässä työssä havaittiin, että tähtäysstrategia oli erilainen sekä makuu- ja pystyammunnassa yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä. Vaikka koehenkilöitä ohjeistettiin ampumaan itselleen normaalilla kilpailurytmillä sekä yksittäisiä laukauksia että sarjoja ampuessa, ei voida tietää, millä tavalla urheilijat tulkitsevat tämän ohjeistuksen. Yksittäistä laukausta ammuttaessa ei välttämättä koeta

samanlaista aikapainetta kuin kilpailunomaisessa suorituksessa, joten urheilijat ovat voineet tiedostamattomasti ampua yksittäiset laukaukset hitaammin.

Ampumatekniset muuttujat laskettiin urheilijoiden jokaisesta laukauksesta, jonka jälkeen jokaiselle urheilijalle laskettiin muuttujien keskiarvot yksittäisistä ja sarjojen ensimmäisistä laukauksista. Yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten vertailussa voi siis olla virhettä, mikäli urheilijoiden yksittäisistä tai sarjojen ensimmäisistä laukauksista laskettujen muuttujien keskihajonta on ollut suurta. Tässä työssä ei raportoitu ollenkaan urheilijakohtaisia laukausten keskihajontoja. Tämä voisi olla tarpeellista tulosten luotettavuuden varmistamiseksi. Toinen vaihtoehto olisi tarkastella yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välisiä muutoksia ensin urheilijakohtaisesti kaikista ammutuista laukauksista. Täytyy myös muistaa, että muuttujat ovat laskennallisia, eivätkä anna täydellistä kuvaa koko ampumasuorituksesta. Muuttujien analysoinnissa satunnaisvirheiden mahdollisuuden huomiointi otettiin huomioon tilastollisissa testeissä luottamusvälin avulla. Tilastotestien p-arvot kertovat, kuinka suurella todennäköisyydellä lasketut erot ovat pelkästään otantavirhettä. Myös systemaattiset virheet ovat mahdollisia, mutta niitä on hyvin hankala huomata. Niitä voi olla mihin tahansa laitteeseen (erityisesti Noptel-laitteiston kohdistukseen), ohjelmistoihin tai koeasetelmiin liittyen.

Aiemmissä ampumahihtotutkimuksissa naisia ja miehiä on tarkasteltu samassa ryhmässä (Ihalainen ym. 2018; Sattlecker ym. 2017), koska naisten ja miesten välillä ei ole havaittu eroja ampumatarkkuudessa. Tässäkin työssä naisia ja miehiä ei jaettu omiin ryhmiinsä muuten kuin kestävyysominaisuuksien tarkastelua varten. Miesten on kuitenkin todettu ampuvan nopeammin, jonka on arveltu olevan yhteydessä miesten suurempaan riskinottoon (Luchsinger ym. 2018). Tämän työn tulokset osoittivat, että tähtäysstrategia voi erota yksittäisten ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä. Olisi mielenkiintoista tarkastella, onko tähtäysstrategioissa sukupuolieroja eri tilanteissa.

Tuloksia analysoidessa havaittiin, että vaikka makuuammunnassa sarjojen ensimmäisissä laukauksissa osumatarkkuus oli tilastollisesti merkitsevästi huonompi kuin yksittäisissä laukauksissa, joukkoon mahtui viisi urheilijaa, jotka ampuivat sarjojen ensimmäiset laukaukset paremmin kuin yksittäiset laukaukset. Pystyammunnassa osumatarkkuus ei muuttunut tilastollisesti

merkitsevästi ampumatilanteiden välillä ja havaittiin, että 11 urheilijaa ampui sarjojen ensimmäiset laukaukset keskimäärin paremmin kuin yksittäiset laukaukset. Urheilijat voitaisiin jakaa ryhmiin sen perusteella, ampuvatko he yksittäiset vai sarjojen ensimmäiset laukaukset paremmin. Tällöin voitaisiin tarkastella, onko ryhmien sisällä ominaista ampua tietyllä tavalla. Ryhmiä voitaisiin vertailla myös keskenään.

8.4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Sekä makuu- että pystyammunnassa havaittiin, että keskimääräinen tähtäyspiste sijaitsi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa kauempana keskipisteestä kuin yksittäisissä laukauksissa. Mikäli suurempi keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä on yhteydessä parempaan laukaisun ajoitukseen, se voi kertoa laukaisun paremmasta ajoituksesta (Ihalainen ym. 2018). Pystyammunnassa havaittiin, että taulun osuma-alueen ympärillä oltiin sarjojen ensimmäisissä laukauksissa lyhyempi aika kuin yksittäisissä laukauksissa. Köykkä ym. (2020) ovat havainneet, että taulun osuma-alueella oltu aika on selkeästi suurempi pito- kuin ajoitusstrategiaa käytävillä. Hypoteesin mukaisesti pystyammunnassa osumatarkkuus ei muuttunut laukausten välillä, joten muuttujien (COG_{DIST} , HT_{TARGET}) avulla voidaan päätellä, että sarjojen ensimmäisissä laukauksissa liipaisu ajoitettiin nopeammin yhtä optimaaliseen tähtäyskuvaan kuin yksittäisissä laukauksissa.

Makuuammunnassa osumatarkkuus oli hypoteesin vastaisesti heikompi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Pitoaika taulun osuma-alueella ei kuitenkaan muuttunut tilastollisesti merkitsevästi ($HT_{TARGET_{(2/3)*22.5}}$: -7 prosenttiyksikköä, $p = 0,112$). Hienoisen muutoksen $HT_{TARGET_{(2/3)*22.5}$ -muuttujassa sekä keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyyden perusteella on mahdollista, että makuuammunnan sarjojen ensimmäisissä laukauksissa käytettiin enemmän ajoitustyyppistä tähtäysstrategiaa kuin yksittäisissä laukauksissa. On myös mahdollista, että suurempi keskimääräisen tähtäyspisteen etäisyys taulun keskipisteestä kertoo huonommasta tähtäyksestä, jolloin se selittäisi ainakin osittain huonomman osumatarkkuuden.

Makuuammunnan sarjojen ensimmäisissä laukauksissa havaittiin, että tähtäyspisteen keskinopeus oli suurempi kuin yksittäisissä laukauksissa. Myös tämä voi liittyä ajoitustyyppisen

tähtäyksen käyttöön sarjojen ensimmäisissä laukauksissa, koska kuvan 9 perusteella oli havaittavissa, että yksittäisissä laukauksissa tähtäyspisteen liike hidastuu ennen liipaisua. Tämä voi viitata siihen, että urheilijat pyrkivät pitämään asetta paikoillaan juuri ennen laukaisua yksittäisissä laukauksissa. Suurempi tähtäyspisteen keskinopeus voi liittyä myös huonompaan liipaisutekniikkaan osalla urheilijoista (Sattlecker ym. 2017, liite 1), mikä selittäisi huonomman osumatarkkuuden sarjojen ensimmäisissä laukauksissa. Lisäksi huonompi osumatarkkuus voi liittyä aseiden heikompaan pitoon olkapäätä vasten (Sattlecker ym. 2017). Osumatarkkuuden (SP), tähtäyspisteen keskinopeuden (MV) ja tähtäystarkkuuden (COG_{DIST}) erotukset eivät olleet normaalijakautuneita makuuammunnassa, mikä antaa viitteitä siitä, että haja-arvot saattoivat edesauttaa tilastollisten merkitsevyyksien löytymistä, vaikka näissä tapauksissa erojen tarkasteluun käytettiinkin nonparametristä Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä. Tämä tukee havaintoa, jonka mukaan huonompi osumatarkkuus sarjojen ensimmäisissä laukauksissa voisi liittyä joidenkin urheilijoiden huonompaan liipaisutekniikkaan näissä laukauksissa, ja että ampumatilanteen muuttuminen ei vaikuttanut samalla tavalla kaikkiin urheilijoihin.

Tässä työssä saadut tulokset antavat mielenkiintoista pohdittavaa. Sarjojen ensimmäiset laukaukset eivät käytännön tasolla eroa yksittäisistä laukauksista muutoin kuin siinä, että sarjaammunnassa ensimmäisen laukauksen jälkeen ei puretakaan ampuma-asentoa vaan tehdään lautasliike ja valmistaudutaan seuraavaan laukaukseen. Mahdollinen syy laukausten välisiin eroihin voisi olla, että sarjoja ammuttaessa tilanne koetaan kilpailunomaisemmaksi, joka voisi tuoda suoritukseen enemmän paineita ja näin ollen vaikuttaa suoritukseen (Baumeister 1984; Vickers & Williams 2007).

Keskittyminen voi myös jakaantua eri tavalla, kun yksittäisen laukauksen sijaan täytyykin olla valmiina ampumaan viisi laukausta. Viiden laukauksen ampuminen voidaan nähdä ampumahiihtäjillä kokonaissuorituksena ja yksittäisen laukauksen ampuminen osasuorituksena. Ampumasuoritus voidaan myös jakaa esimerkiksi asennon hallintaan, pitoon, tähtäykseen ja liipaisuun. Tällöin voitaisiin tulkita, että sarjaammunnassa kohdennettaisiin keskittyminen eri osa-alueisiin kuin yksittäisiä laukauksia ammuttaessa; sarjaammunnassa tähtäykseen ja liipaisuun ajoittamiseen, yksittäisissä laukauksissa asennon hallintaan, etenkin hienomotorisen kontrollin kautta, sekä pitokykyyn. Kun kyseessä on monimutkainen suoritus, kaikkia osa-alueita ei välttämättä ole mahdollista suorittaa täydellisesti (Rahman & Gray 2020). Tällöin

kokonaissuorituksen optimointi voi vaatia joidenkin osa-alueiden suorittamista hieman huonommin kuin pelkkää osasuoritusta tehdessä olisi mahdollista (Rahman & Gray 2020). Ampumahiihdon kilpailutilanteessa ammutaan aikapaineen alaisena viisi laukausta peräkkäin. Voi olla mahdollista, että ajoitustyyppisempi tähtäys sarja-ammunnassa liittyy esimerkiksi pyrkimykseen ampua mahdollisimman nopeasti. Yhdistämällä EEG-mittaus ampumatesteihin, voitaisiin tarkastella, nähdäänkö laukausten välillä eroja aivojen eri osien aktiivisuuksissa, ja arvioida keskitytäänkö johonkin osa-alueeseen eri tavalla.

Jokaisen urheilijan kohdalla tulisi erikseen tarkastella, kuinka paljon perusammuntaharjoittelua tarvitaan, ja mihin osa-alueisiin tulisi keskittyä. Taitoharjoittelututkimusten perusteella osasuoritusten harjoittelu voi parantaa kokonaissuoritusta, mutta lopullista tavoitetta ei tulisi unohtaa (Rahman & Gray 2020). Lisäksi on havaittu, että heikoimmin suoriutuvat hyötyvät osasuoritusten harjoittelusta eniten (Lee ym. 2015). Vaikka urheilijan perusampumataidoissa olisi paljon parannettavaa ja harjoittelussa päätettäisiin käyttää ykkösammuntaa, sarja-ammuntaa ja kilpailunomaisia harjoituksia ei tule unohtaa. Etenkin pystyammunnassa havaitut tulokset osoittavat, että kilpailunomaisemmassa sarja-ammunnassa ammutaan herkästi eri tavalla kuin yksittäisiä laukauksia ammuttaessa. Hyvät perusammuntataidot ovat hyvä lähtökohta onnistuneelle ampumasuoritukselle, mutta mikäli sarja-ammuntaa ei harjoitella tarpeeksi eikä urheilija ammu yksittäisiä laukauksia samalla tavalla kuin viiden laukauksen sarjoja, jokin kilpailunomaisempaan suoritukseen liittyvä elementti voi jäädä liian vähälle huomiolle.

Yksittäin ammuttujen ja sarjojen ensimmäisten laukausten ampumasuoritusten väliltä löydettiin eroja. Joidenkin urheilijoiden liipaisutekniikka oli mahdollisesti huonompi sarjojen ensimmäisissä laukauksissa makuuammunnassa. Urheilijoiden käyttämät ampumatavat vaihtelivat yksittäin ammuttujen ja sarjojen ensimmäisten laukausten välillä joko tiedostetusti tai tiedostamattomasti. Urheilijat saattoivat ampua viiden laukauksen sarjat itselleen kilpailunomaisemmalla tavalla kuin yksittäiset laukaukset. Vaikka ampumasuoritukset olivat erilaisia tarkasteltujen laukausten välillä, osumatarkkuus ei silti eronnut tilastollisesti merkitsevästi pystyammunnassa. Erilaiset ampumatavat voivat siis johtaa yhtä hyviin tuloksiin. Vaikka voidaan tarkastella ja spekuloida eri muuttujien välisiä yhteyksiä, syy-seuraussuhteet ovat hankalammin selvitettävissä. Olisi mielenkiintoista tutkia tarkemmin niiden muuttujien yhteyttä osumatarkkuuteen ja muihin muuttujiin, jotka erottelivat yksittäisiä laukauksia ja sarjojen ensimmäisiä laukauksia.

LÄHTEET

- Baca, A. & Kornfeind, P. 2012. Stability analysis of motion patterns in biathlon shooting. *Human Movement Science* 31, 295–302.
- Baumeister, R. F. 1984. Choking Under Pressure: Self-Consciousness and Paradoxical Effects of Incentives on Skillful Performance. *Journal of Personality and Social Psychology* 46 (3), 610–620.
- Cholewa, J., Gerasimuk, D., Szepelawy, M & Zajac, A. 2005. Analysis of Structure of the Biathlon Runs. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Gymnica* 35 (1), 35–42.
- Couture, R. T., Singh, M., Lee, W., Chahal, P., Wankel, L., Oseen, M. & Wheeler, G. 1999. Can mental training help to improve shooting accuracy? *An International Journal of Police Strategies & Management* 22 (4), 696–711.
- Enoka, R. 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Forner Cordero, A., Koopman, H. J. F. M. & van der Helm, F. C. T. 2004. Use of pressure insoles to calculate the complete ground reaction forces. *Journal of Biomechanics* 37 (9), 1427–1432.
- Gallichio, G., Finkenzeller, T., Sattlecker, G, Lindinger, S. & Hoedlmoser, K. 2016. Shooting under cardiovascular load: Electroencephalographic activity in preparation for biathlon shooting. *International Journal of Psychophysiology* 109, 92–99.
- Grebot, C., Gros Lambert, A., Pernin, J.-N., Burtheret, A. & Rouillon, J.-D. 2003. Effects of Exercise on Perceptual Estimation and Short-Term Recall of Shooting Performance in Biathlon. *Perceptual and Motor Skills* 97, 1107–1114.
- Gros Lambert, A., Candau, R., Grappe, F., Dugué, B. & Rouillon, J. D. 2003. Effects of Autogenic and Imagery Training on the Shooting Performance in Biathlon. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 74 (3), 337–342.
- Gros Lambert, A., Candau, R., Hoffman, M. D., Bardy, R. & Rouillon, J. D. 1999. Validation of Simple Tests of Biathlon Shooting Ability. *International Journal of Sports Medicine* 20, 179–182.

- Grüneberg, C., Bloem, B. R., Honegger, F. & Allum, J. H. J. 2004. The influence of artificially increased hip and trunk stiffness on balance control in man. *Experimental Brain Research* 157, 472–485.
- Heikura, E. 2017. Kilpailusuoritusten ennustettavuus testitulosten perusteella maastohiihtomaajoukkueella kausina 2015–2016 ja 2016–2017. Liikuntafysiologian Pro Gradu -tutkielma. Liikuntabiologia. Jyväskylän yliopisto.
- Heinrich, A., Witzner Hansen, D., Stoll, O. & Cañal-Bruland, R. 2020. The impact of physiological fatigue and gaze behavior on shooting performance in expert biathletes. *Journal of Science and Medicine in Sport* 23, 883–890.
- Hoffman, M. D. & Street, M. 1992. Characterization of the Heart Rate Response during Biathlon. *International Journal of Sports Medicine* 13 (5), 390–394.
- Huang, C.-W., Sue, P.-D, Abbod, M. F., Jiang, B. C. & Shieh, J.-S. 2013. Measuring Center of Pressure Signals to Quantify Human Balance Using Multivariate Multiscale Entropy by Designing a Force Platform. *Sensors* 13, 10151–10166.
- IBU About Biathlon. Viitattu 13.1.2020. <https://www.biathlonworld.com/about-biathlon/>
- Ihalainen, S., Laaksonen, M. S., Kuitunen, S., Leppävuori, A., Mikkola, J., Lindinger, S. J. & Linnamo, V. 2018. Technical Determinants of Biathlon Standing Shooting Performance Before and After Race Simulation. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 28 (6), 1700–1707.
- Josefsson, T., Gustafsson, H., Iversen Rostad, T., Gardner, F. L. & Ivarsson, A. 2020. Mindfulness and shooting performance in biathlon. A prospective study. *European Journal of Sport Science*, <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1821787>.
- Kiefer, A. W., Cremades, J. G. & Myer, G. D. 2014. Train the Brain: Novel Electroencephalography Data Indicate Links between Motor Learning and Brain Adaptations 4 (2), doi:10.4172/2165-7025.1000198.
- Köykkä, M. 2016. Ampumahiihdon lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi kansainvälisellä tasolla. Valmennus- ja testausoppi. LBIA028. Liikuntabiologian laitos. Jyväskylän yliopisto.
- Köykkä, M., Ihalainen, S., Linnamo, V., Ruotsalainen, K., Häkkinen, K. & Laaksonen, M. S. 2020. Aiming strategy affects performance related factors in biathlon standing shooting. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. Accepted Author Manuscript. doi: 10.1111/sms.13864

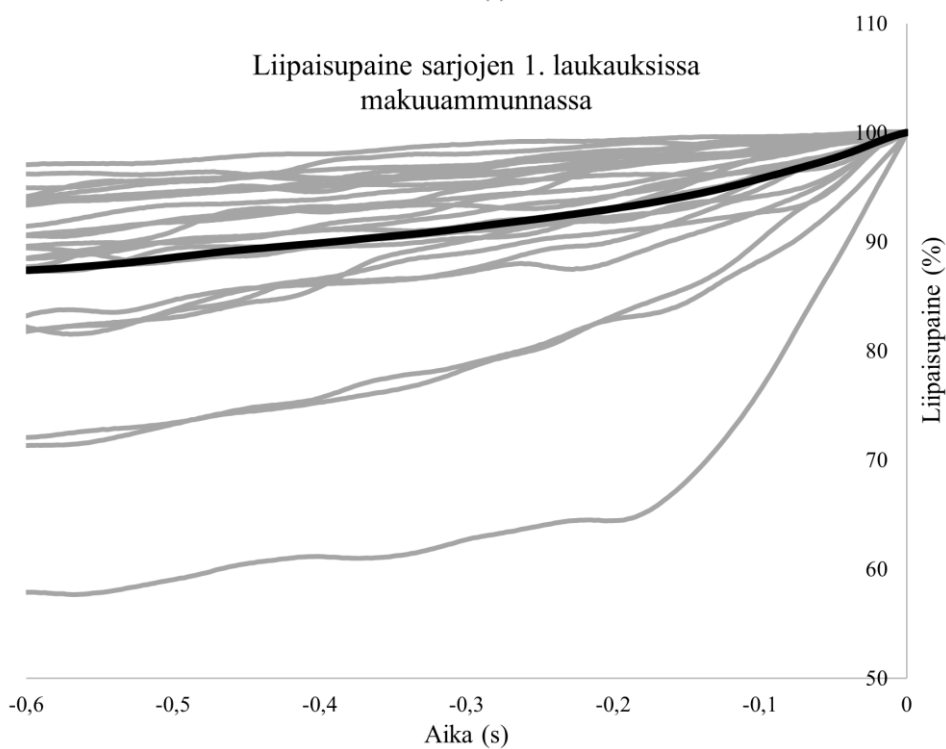
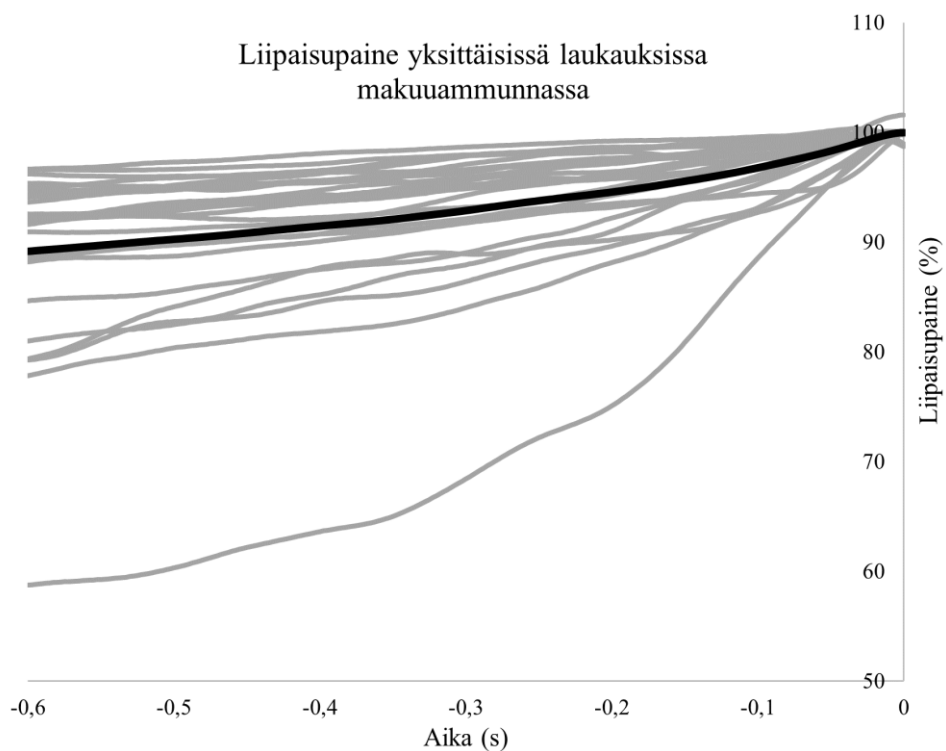
- Laaksonen, M., Ainegren, M. & Lisspers, J. 2011. Evidence of Improved Shooting Precision in Biathlon After 10 Weeks of Combined Relaxation and Specific Shooting Training. *Cognitive Behaviour Therapy* 40 (4), 237–250.
- Laaksonen, M., Finkenzeller, T., Holmberg, H.-C. & Sattlecker, G. 2018a. The influence of physiobiomechanical parameters, technical aspects of shooting and psychophysiological factors on biathlon performance: A review. *Journal of Sport and Health Science* 7, 394–404.
- Laaksonen, M. S., Jonsson, M. & Holmberg, H.-C. 2018b. The Olympic Biathlon – Recent Advances and Perspectives After Pyeongchang. *Frontiers in Physiology* 9 (796). doi: 10.3389/fphys.2018.00796.
- Larue, J., Bard, C., Otis, L. & Fleury, M. 1989. Stability in shooting: the effect of expertise in the biathlon and in rifle shooting (Abstract). *Canadian Journal of Sport Sciences* 14 (1), 38–45.
- Lee, H., Boot, W. R., Baniqued, P. L., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C. & Kramer, A. F. 2015. The Relationship between Intelligence and Training Gains Is Moderated by Training Strategy. *PLoS ONE* 10 (4), e0123259.
- Losnegard, T. & Hallén, J. 2014. Elite cross-country skiers do not reach their running VO₂max during roller ski skating (Abstract). *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 54 (4), 389–393.
- Luchsinger, H., Sandbakk, Ø., Schubert, M., Ettema, G. & Baumeister, J. 2016. A Comparison of Frontal Theta Activity During Shooting among Biathletes and Cross-Country Skiers before and after Vigorous Exercise. *PLoS ONE* 11 (3), e0150461.
- Luchsinger, H., Kocbach, J., Ettema, G. & Sandbakk, Ø. 2018. Comparison of the Effects of Performance Level and Sex on Sprint Performance in the Biathlon World Cup. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13, 360–366.
- Luchsinger, H., Talsnes, R. K., Kocbach, J. & Sandbakk, Ø. 2019. Analysis of a Biathlon Sprint Competition and Associated Laboratory Determinants of Performance. *Frontiers in Sports and Active Living* 1 (60), doi: 10.3389/fspor.2019.00060.
- Mononen, K., Viitasalo, J. T., Era, P. & Kontinen, N. 2003. Optoelectronic measures in the analysis of running target shooting. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13, 200–207.

- Niinimaa, V. & McAvoy, T. 1983. Influence of exercise on body sway in the standing rifle shooting position (Abstract). *Canadian Journal of Applied Sport Science* 8 (1), 30–33.
- Noptel Oy. 2004. Noptel ST-2000 Käyttäjän Opas. Noptel Oy, Oulu, Suomi.
- Paillard, T. 2017. Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 72, 129–152.
- Rahman, R. & Gray, W. D. 2020. SpotLight on Dynamics of Individual Learning. *Topics in Cognitive Science* 12, 975–991.
- Rein, R., Button C., Davids, K. & Summers, J. 2010. Cluster Analysis of Movement Patterns in Multiarticular Actions: A Tutorial. *Motor Control* 14, 211–239.
- Sattlecker, G., Buchecker, M., Gressenbauer, C., Müller, E. & Lindinger, S. J. 2017. Factors Discriminating High From Low Score Performance in Biathlon Shooting. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12, 377–384.
- Sattlecker, G., Buchecker, M., Müller, E. & Lindinger, S. J. 2014. Postural Balance and Rifle Stability During Standing Shooting on an Indoor Gun Range Without Physical Stress in Different Groups of Biathletes. *International Journal of Sports Science & Coaching* 9 (1), 171–183.
- Sattlecker, G., Finkenzeller, T., Buchecker, M., Gressenbauer, C., Müller, E. & Lindinger, S. J. 2013. Effects of Fatigue on Shooting Performance and Biomechanical Patterns in Elite Biathletes. Conference Paper: Conference: 6 th International Congress on Science and Skiing. ICSS. St. Christoph/Arlberg – Austria.
- Sattlecker, G., Lindinger, S. & Müller, E. 2007. Biomechanical factors of biathlon shooting in elite and youth athletes. Conference Paper: 4 th International congress on science and skiing. ICSS.
- Scholz, J. P., Schöner, G. & Latash, M. L. 2000. Identifying the control structure of multijoint coordination during pistol shooting. *Experimental Brain Research* 135, 382–404.
- Schmitt, L., Bouthiaux, S. & Millet, G. P. 2020. Eleven Years' Monitoring of the World's Most Successful Male Biathlete of the Last Decade. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, (Ahead of Print), <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0148>.
- Skattebo, Ø. & Losnegard, T. 2018. Variability, Predictability, and Race Factors Affecting Performance in Elite Biathlon. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13, 313–319.

- Tønnessen, E., Haugen, T. A., Hem, E., Leirstein, S. & Seiler, S. 2015. Maximal Aerobic Capacity in the Winter-Olympics Endurance Disciplines: Olympic-Medal Benchmarks for the Time Period 1990–2013. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 10, 835–839.
- Vickers, J. N. & Williams, A. M. 2007. Performing Under Pressure: The Effects of Physiological Arousal, Cognitive Anxiety, and Gaze Control in Biathlon. *Journal of Motor Behavior* 39 (5), 381–394.
- Wahn, B. & König, P. 2017. Is Attentional Resource Allocation Across Sensory Modalities Task-Dependent. *Advances in Cognitive Psychology* 13 (1), 83–96.
- Winter, D. A., Patla, A. E., Ishac, M. & Gage, W. H. 2003. Motor mechanisms of balance during quiet standing. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 13, 49–45.
- Yamaguchi, T., Yano, M., Onodera, H. & Hokkirigawa, K. 2013. Kinematics of center of mass and center of pressure predict friction requirement at shoe-floor interface during walking. *Gait & Posture* 38, 209–214.
- Zhang, L., Zhou, Q., Liu, Z. & Tang, S. 2019. Evaluation on Directed Functional Brain Connectivity during the Expert Rifle Pre-shot Period. *Journal of Motor Behavior* 51 (5), 511–520.

LIITTEET

LIITE 1. Kuviin on piirretty jokaisen koehenkilön keskimääräiset liipaisupainekäyrät laukaisua edeltävältä 0,6 sekunnin ajalta. Musta käyrä kuvaa kaikkien koehenkilöiden keskiarvoa.



LIITE 2. Yhden koehenkilön pystyammunnan tähtäyskäyrät laukausta edeltävältä 0,6 sekunnin ajalta 1) yksittäisistä ja 2) sarjojen ensimmäisistä laukauksista. Yksittäisistä laukauksista on piirretty kuuden ensimmäisen laukauksen tähtäyskäyrät. Ulommainen ringi kuvaa koko taulun osuma-alueen kokoa ja sisemmän ringin koko on kaksi kolmasosaa osuma-alueesta.

