

**PELIVÄLINEMANIPULAATIOILLA TOTEUTETUN
DIFFERENTIAALIOPPIMISEN VAIKUTUKSET KIEKONKÄSITTELYTAIDON
KEHITTYMISEEN LAPSIJÄÄKIEKKOILJOILLA**

Manu Lähtenmäki

Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2023

TIIVISTELMÄ

Lähteenmäki, M. 2023. Pelivälinemanipulaatiolla toteutetun differentiaalioppimisen vaikutukset kiekonkäsittelytaidon kehittymiseen lapsijääkiekkoilijoilla. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma. 63 s., 1 liite.

Kiekonkäsittelytaito on tärkeä taito jääkiekossa, mutta sen kehittämistä käsitteleviä tutkimuksia on hyvin niukasti. Kiekonkäsittelyä harjoitellaan usein jään ulkopuolella erilaisilla pelivälineillä. Differentiaalioppimisen periaatteet huomioiden tämän aikaansaama vaihtelu voi olla taidon oppimiselle eduksi. Tässä tutkimuksessa esitetty pelivälinemanipulaatio on yksi tapa soveltaa differentiaalioppimista kiekonkäsittelytaidon harjoittelussa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella, miten pelivälinemanipulaatiolla toteutettu differentiaalioppiminen vaikuttaa lapsijääkiekkoilijoiden kiekonkäsittelytaidon kehittymiseen ja kehityksen säilymiseen.

Tutkimuksen aloitti 44 tutkittavaa, joista 28 suoritti tutkimuksen loppuun. Tutkittavat olivat 9–14-vuotiaita jääkiekkoilijoita. Tutkimuksen loppuun asti suorittaneista 14 kuului pelivälinemanipulaatioryhmään, 8 muuttumattoman pelivälineen ryhmään ja 6 kontrolliryhmään, joka jatkoi vain tavanomaista lajiharjoitteluaan. Kiekonkäsittelytaitoa mitattiin testiradalla, jonka suoritus-aika toimi kiekonkäsittelytaidon mittarina. Pelivälinettä radalla kuljettaen tehtyjen suoritusten lisäksi rata suoritettiin myös ilman pelivälinettä, jotta lisäksi kuljettamisvaje saatiin laskettua. Alkutestin ja lopputestin välissä pelivälinemanipulaatioryhmä ja muuttumattoman pelivälineen ryhmä osallistuivat ryhmiensä mukaisesti 8 viikon mittaisiin kiekonkäsittelytaidon harjoitusinterventioihin. Kolme viikkoa lopputestin jälkeen pidetyssä säilyvyystestissä tarkasteltiin interventiolla saavutetun kehityksen säilymistä. Ryhmien sisäistä kehitystä tarkasteltiin Friedmanin testillä ja ryhmien välisiä eroavaisuuksia Kruskal-Wallis -testillä.

Pelivälinemanipulaatioryhmä oli ryhmistä ainoa, joka saavutti harjoitusjakson aikana tilastollisesti merkitsevää ($p < 0,05$) ryhmän sisäistä kehitystä kuljettamisajoissa ($-1,85 \pm 2,21$ s alkutestistä lopputestiin). Pelivälinemanipulaatioryhmän kehitys säilyi säilyvyystestiin ($-3,16 \pm 3,13$ s alkutestistä säilyvyystestiin, $p < 0,05$). Kruskal-Wallis -testillä ei kuitenkaan löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien väliselle kehitykselle. Mikään ryhmistä ei saavuttanut tilastollisesti merkitsevää kehitystä kuljettamisvajeiden osalta.

Pienet ryhmäkoot vaikuttivat osaltaan siihen, miksi merkitsevyyksiä ryhmien välisille eroille ei löytynyt. Tutkimustulos antaa kuitenkin vahvistusta sille, että differentiaalioppiminen on hyvä keino kehittää motorista taitoa. Kiekonkäsittelytaidon osalta differentiaalioppimista voidaan aikaansaada pelivälinemanipulaation avulla.

Asiasanat: jääkiekko, kiekonkäsittely, differentiaalioppiminen, pelivälinemanipulaatio

ABSTRACT

Lähteenmäki, M. 2023. Differential learning achieved by implement manipulation can help to develop youth ice hockey players' stickhandling skill. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 63 pp. 1 appendix.

Even though stickhandling is an essential skill in ice hockey, there is a lack of studies investigating it. Stickhandling is often practiced off-ice with varying implements. Given the benefits of differential learning, this can be in fact beneficial for learning the skill. Implement manipulation is one example on how to add differential learning to stickhandling practices. The aim of this study is to examine how differential learning achieved by implement manipulation affects the development of youth ice hockey players' stickhandling skill.

A total of 44 participants took part in the study, and 28 participants finished the study. The participants were youth ice hockey players from the age scale of 9 to 14. Of the 28 participants that finished the study, 14 was in an implement manipulation group, 8 was in a regular implement group, and 6 was in a control group that continued their normal ice hockey training throughout the study. The measurements were held on a stickhandling track, where performance time was assessed. The track was performed with and without the stickhandling task, so that the deficit caused by stickhandling could also be measured. Between pre-test and post-test, 8-week dribbling skill interventions were held for implement manipulation group and regular implement group. The retention of the skill development was assessed with a retention test that was held 3 weeks after post-test. Changes within the groups were tested with Friedman's test, and differences between the groups were tested with Kruskal-Wallis test.

The implement manipulation group enhanced their stickhandling speed within the group significantly ($p < .05$) from pre-test to post-test ($-1,85 \pm 2,21$ s) and retained the development to retention test ($-3,16 \pm 3,13$ s from pre to retention, $p < .05$) as the only group that had significant development. However, there were no statistically significant differences found between the groups when tested with Kruskal-Wallis test. None of the groups had significant changes in stickhandling deficits.

Small group sizes in part explain why no statistically significant differences were found between the groups. However, the results of this study strengthen the idea that differential learning is a good tool for motor learning. In the context of stickhandling, differential learning can be achieved by implement manipulation.

Key words: ice hockey, stickhandling, differential learning, implement manipulation

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	MOTORISTEN TAITOJEN HARJOITTELU JA OPPIMINEN	3
2.1	Käsitteitä ja teorioita motorisen oppimisen taustalla.....	3
2.1.1	Käsitteet ja teoriat lineaarisen pedagogiikan taustalla.....	5
2.1.2	Käsitteet ja teoriat epälineaarisen pedagogiikan taustalla	6
2.2	Motorinen oppiminen käytännössä; lineaarinen ja epälineaarinen pedagogiikka .	10
2.3	Motorisen taidon säilyminen ja siirtyminen	16
2.4	Motorisen taidon oppimisen mittaaminen	16
3	HARJOITTELUN VAIHTELEVUUS – DIFFERENTIAALIOPPIMINEN.....	18
4	VÄLINEIDEN MANIPULOINTI MOTORISESSA OPPIMISESSA	20
5	KIEKONKÄSITTELYTAITO JA SEN MITTAAMINEN	22
5.1	Kiekonkäsittelytaito jääkiekossa	22
5.2	Kiekonkäsittelytaidon kehittäminen	23
5.3	Kiekonkäsittely- ja kuljettamistaidon mittaaminen.....	26
5.3.1	Kuljettamistaidon mittaaminen muissa lajeissa.....	26
5.3.2	Kiekonkäsittelytaidon mittaaminen jääkiekossa	27
6	TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESIT.....	30
7	TUTKIMUSMENETELMÄT	32
7.1	Tutkittavat.....	32
7.2	Tutkimuksen kulku.....	33
7.2.1	Kiekonkäsittelytaidon testirata	33

7.2.2 Kiekonkäsittelytaidon harjoitusinterventiot	38
7.3 Mittauslaitteisto ja harjoitusvälineet.....	40
7.3.1 Mittauslaitteisto	40
7.3.2 Harjoitusvälineet.....	40
7.4 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät	42
8 TULOKSET.....	43
9 POHDINTA.....	49
LÄHTEET	55

LIITTEET

Liite 1: Tutkittavakohtaiset aikataulut.

1 JOHDANTO

Kiekonkäsittelytaidolla viitataan yleensä kiekon kuljettamiseen ja kuljettamisen yhteydessä tapahtuvaan kiekonkäsittelyyn. Tämä taito on keskeisessä roolissa jääkiekon strategisesti tärkeissä pelitilanteissa (Seppänen ym. 2022a; Seppänen ym. 2022b; Seppänen ym. 2022c). Kiekonkäsittelytaidon tärkeästä roolista huolimatta sen kehittämiseen liittyviä tutkimuksia on hyvin niukasti – tietävästi vain yksi julkaistu tutkimus (Stark ym. 2009) sekä pari pro gradu -tutkielmaa (Fickel 2017; Komenda 2011).

Kiekonkäsittelyn määrät tavanomaisessa jääkiekon joukkueharjoittelussa ja ottelutoiminnassa jäävät yksilöillä tehokkaan oppimisen kannalta turhan pieniksi (Fickel 2017). Peleissä kiekonkäsittelyä tulee enimmilläänkin vain noin 9 % jäälläoloajasta ja suurimmalla osalla määrä jää paljon tätäkin pienemmäksi (Seppänen 2019; Seppänen 2020). Kiekonkäsittelytaidon tehokas kehittäminen vaatii siihen erikseen suunnattua harjoittelua (Fickel 2017; Komenda 2011). Käytännössä tämä tuntuu toteutuvan yleensä innokkaiden nuorten jääkiekkoilijoiden omaehtoisena harjoitteluna, kun he käsittelevät mailoillaan erilaisia pelivälineitä, kuten puukuulaa, tennispalloa, salibandy palloa tai kuivaharjoitteluun tarkoitettua kiekkoa. Myös joukkueen organisoimaa ohjattua kiekonkäsittelytaidon harjoittelua näkee tehtävän jäähalleilla ja jäähallien kulmilla. Tällöinkin harjoittelu tapahtuu lähes aina jään ulkopuolella jollain edellä mainituista välineistä. Tämä on sikäli ymmärrettävää, että jääaika on kallista ja rajallista.

Joku voisi kuitenkin esittää huolen, että miten jään ulkopuolella normaaleista poikkeavin pelivälinein tehtävä harjoittelu siirtyy itse lajiin. Tämänkaltainen huoli kumpuaa perinteisestä tavasta ajatella taitoharjoittelua – niin kutsutusta lineaarisesta pedagogiikasta. Lineaarisessa pedagogiikassa liikkeiden vaihtelevuus nähdään uhkana oppimiselle ja siinä pyritään toistamaan määrällisesti mahdollisimman paljon spesifejä ihannetoistoja harjoiteltavasta motorisesta taidosta (Crotti ym. 2021; Lee ym. 2014).

Nykyään on kuitenkin kattavaa näyttöä siitä, että toistojen ja harjoittelun vaihtelevuus on itseasiassa tärkeässä roolissa motorisen taidon oppimisessa (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005). Sen mukaista harjoittelua voidaan kutsua differentiaalioppimiseksi (Kalaja 2016; Mohammadi Orangi ym. 2021; Rico-Gonzales ym. 2022). Differentiaalioppimisen ideana on tehdä toisistaan poikkeavia mutta kuitenkin toisiaan riittävän lähellä olevia toistoja, jotka auttavat urheilijaa havaitsemaan eroja liikkeiden välillä ja sopeuttamaan toimiansa ympäristön erilaisiin vaatimuksiin eri tilanteissa (Kalaja 2016). Vaihtelevuuden periaatteen mukaisen harjoittelun onkin osoitettu siirtyvän paremmin erilaisiin tilanteisiin (Buszard ym. 2017; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991) sekä jatkuvan pidempään ja säilyvän paremmin (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991). Lisäksi vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu koetaan mielekkäämpänä kuin yksipuolinen harjoittelu (Ribeiro ym. 2021).

Tässä valossa tarkasteltuna vaihtelevissa ympäristöissä ja vaihtelevilla välineillä toteutettu kiekonkäsittelytaidon harjoittelu ei vaikuta lainkaan huonolta vaihtoehdolta. Vaihtelevuuden periaatteen mukaisen kiekonkäsittelytaidon harjoittelun onkin osoitettu kehittävän kiekonkäsittelytaitoa merkitsevästi (Stark ym. 2009). Myös esimerkiksi maahockeyssa vaihtelevuuden periaatteen mukainen kuljettamistaidon harjoittelu oli tilastollisesti merkitsevästi tehokkaampaa kuin tavallinen harjoittelu (Brocken ym. 2020). Molemmissa esimerkeissä harjoittelun vaihtelevuus toteutettiin pelivälinettä manipuloimalla (Brocken ym. 2020; Stark ym. 2009).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella, miten pelivälinemanipulaatiolla aikaansaatu differentiaalioppiminen kiekonkäsittelytaidon harjoitteissa vaikuttaa lapsijääkiekkoilijoiden kiekonkäsittelytaidon kehittymiseen ja kehityksen säilymiseen. Tutkimuksen aihe syntyi Huippu-urheilun instituutti KIHU:n aihe-ehdotuksesta liittyen ympäristö- tai välinemanipulaation hyödyntämiseen lasten urheilussa.

2 MOTORISTEN TAITOJEN HARJOITTELU JA OPPIMINEN

Taidoilla tarkoitetaan tavoitesuuntautuneita toimintoja, joiden toteutumisen tehokkuus riippuu saavutetusta kyvykkyydestä (Higgins 1991). Oppimisella taas tarkoitetaan jossain määrin pysyviä muutoksia kyvykkyydessä jonkin asian suhteen. Harjoittelu on merkittävin oppimista edistävä tekijä. (Kantak & Winstein 2012.) Harjoittelu saa aivoissa aikaan taidon kannalta suotuisia rakenteellisia ja toiminnallisia muutoksia (Karni ym. 1995; Pascual-Leone ym. 1994; Steele & Penhune 2010), jotka ovat jossain määrin pysyviä (Tsokas ym. 2016; Kwapis & Helmstetter 2014).

Motorinen oppiminen voidaan määrittää kokemuksen aikaansaamaksi kehitykseksi motorisessa suorituksessa (Krakauer ym. 2019). Motoristen taitojen oppiminen on monivaiheinen prosessi. Jo harjoitussession aikana tapahtuu nopeaa oppimista, joka vahvistuu useiden tuntien ajan harjoituksen päätyttyä. Säännöllisesti toistuvan harjoittelun seurauksena tapahtuu pidemmällä aikavälillä hidasta kumuloituvaa ja pysyvämpää oppimista. (Karni ym. 1998.) Näitä oppimisen vaiheita kutsutaan muistiin koodaukseksi, muistin lujittumiseksi ja muistiin palauttamiseksi (Monfils ym. 2005; Robertson 2009). Motoristen taitojen koodausvaiheen nopea oppiminen tapahtuu lihasten yhteistoiminnan mukautumisen, uudelleenorganisoinnin ja tehostumisen myötä. Motoristen taitojen edustusten uudelleenorganisointi primäärisellä motorisella aivokuorella saa aikaan pysyvämmän oppimisen. (Monfils ym. 2005.) Pysyvän oppimisen ansiosta motoriset taidot säilyvät käyttämättäkin melko hyvin (Arthur ym. 1998). Motorisen taidon suorittaminen vaatii oppimisen alkuvaiheessa runsaasti kognitiivisia resursseja, mutta lopulta pysyvän oppimisen seurauksena taidon suorittaminen automatisoituu (Beilock ym. 2002).

2.1 Käsitteitä ja teorioita motorisen oppimisen taustalla

Fittsin ja Posnerin (1967) motorisen oppimisen kolme vaihetta. Fitts ja Posner (1967) jakoivat motorisen oppimisen kolmeen vaiheeseen, jotka ovat kognitiivinen vaihe, assosiativinen vaihe ja autonominen vaihe. Mallin mukaan motorista taitoa lähdetään opettelemaan vaihe vaiheelta ja se vaatii alussa deklarativista, eli selittävää/toteavaa, tietoutta taitoon liittyen. Tätä oppimisen vaihetta kutsutaan kognitiiviseksi vaiheeksi, koska se vaatii paljon kognitiivisia resursseja

kuten tietoisuutta ja työmuistia. Seuraavassa oppimisen vaiheessa, assosiatiivisessa vaiheessa, kognitiivisia resursseja vapautuu assosiaatioiden tekemiselle tiettyjen ärsykkeiden ja niihin parhaiten sopivien vasteiden välille. Viimeisessä oppimisen vaiheessa eli autonomisessa vaiheessa taidon suorittaminen on automatisoitunut eikä se vaadi enää huomiota ja kognitiiviset resurssit voidaan suunnata tehtävän ulkopuolelle kuten ympäristön havainnointiin. (Fitts & Posner 1967.)

Suljetut ja avoimet taidot. Opeteltavat taidot voidaan luokitella joko suljetuiksi tai avoimiksi taidoiksi sen mukaan, minkälaisissa ympäristöissä taitoja suoritetaan. Suljetun taidon suoritusta ei tarvitse sopeuttaa ympäristön muuttuvien vaatimusten mukaan, vaan se voidaan suorittaa kutakuinkin vakioidusti ennalta harjoitellulla tavalla. Avoimen taidon suorituksissa taidon suorittaminen täytyy aina sopeuttaa ympäristön muuttuviin vaatimuksiin sopivaksi. (Formenti ym. 2021.)

Vapausasteet. Vapausasteilla kuvataan yleisesti vaihtelevien muuttujien lukumäärää (Walker 1940). Moroisen oppimisen yhteydessä vapausasteilla (engl. degrees of freedom) tarkoitetaan kaikkia motorisen toiminnon osasysteemejä, kuten vaikkapa eri kehonosia, jotka voivat järjestäytyä keskenään eri tavoin. Mitä enemmän osasysteemejä, eli niin kutsuttuja vapausasteita, motorisen toiminnon toteuttamiseen liittyy, ja mitä enemmän vaihtoehtoja vapausasteiden keskinäisellä järjestäytymisellä on, sitä vaikeammasta taidosta on kyse. (Guimarães ym. 2020.)

Motorinen ohjelma. Motorisella ohjelmalla (engl. motor program) tarkoitetaan keskushermoston suunnitelmaa vapausasteiden hallitsemiseen motorisen toiminnon suorittamiseksi. Motoriseen ohjelmaan liittyy keskeisesti aiempien toistojen tuottama palaute ja oppiminen. Muistiin koodattuja ja muistiin lujittuneita kokemuksia voidaan palauttaa muistiin motoriseksi ohjelmaksi, kun lähdetään tekemään motorista suoritusta. Motoristen ohjelmien on esitetty mahdollistavan automatisoituneen taidon suorittamisen. (Summers & Anson 2009.)

Luoppiteoriat. Kun ajatus motorisista ohjelmista yleistyi, alettiin motorista oppimista selittää erilaisin luoppiteorioin, joiden varhaisimmat mallit olivat *avoimen luupin teorioita* (engl. open-loop theory). Avoimen luupin teorioiden mukaan havaittuun motoriseen ongelmaan palautetaan

muistista ratkaisuksi oikeanlainen motorinen ohjelma, joka ajaa itsensä alusta loppuun sellaiseenaan. Suorituksen lopputulosta arvioimalla saadaan palautetta, jonka mukaan motorinen ohjelma kehittyy. (Schmidt ym. 2019, 170–174.) *Suljetun luupin teorian* (engl. closed-loop theory) taas huomioivat lisäksi myös suorituksen aikaisen aistipalautteen ja sen mukaan liikkeen hienosäätämisen suorituksen aikana (Adams 1917; Schmidt 1975). Suljetun luupin teoriaa käsitteellään lisää seuraavan alaluvun alla.

2.1.1 Käsitteet ja teoriat lineaarisen pedagogiikan taustalla

Suljetun luupin teoria. Suljetun luupin teorioissa, joista tunnetuimpana Adamsin (1971) suljetun luupin teoriassa, keskiössä on oikean motorisen ohjelman aloittamisesta vastaavan muistiin palauttamisen lisäksi suorituksen aikaisen aistipalautteen havainnoiminen ja tunnistaminen, minkä mukaan suoritusta hienosäädetään vielä suorituksen aikana. Tieto suorituksen lopputuloksista (engl. knowledge of results) muokkaa muistiin palauttamisen järjestelmää (engl. memory trace) ja suorituksen aikaisesta kehon sisäisestä toiminnasta saatava palaute muokkaa niin kutsuttua tunnistamisjärjestelmää (engl. perceptual trace). Adamsin malli painottaa nimenomaan tunnistamisjärjestelmän tärkeää roolia motorisessa oppimisessa ja esittää, että oppimista voidaan tunnistamisjärjestelmän avulla jatkaa vaikka tieto suoritusten lopputuloksista viettäisiin pois. Tunnistamisjärjestelmässä suorituksesta eri aistikanavia pitkin saatavaa palautetta verrataan ihanteelliseen suoritukseen ja etsitään virheitä, joiden mukaan liikettä korjataan. Suljetun luupin teorian yhteydessä voidaankin puhua *tietoisesta oppimisesta* ja kehon sisäiseen toimintaan suuntautuneesta huomiosta. (Adams 1971; Masson 1990.) Suljetun luupin teoriat perustuvat uuden hidastempoisen ja tarkkuutta vaativan motorisen taidon opettelemiseen, ja teorian sopivuus muunlaisiin motorisiin taitoihin on herättänyt epäilyksiä, sillä nopeissa motorisissa suorituksissa tunnistamisjärjestelmällä ei ole aikaa reaktioajan puitteissa hienosäätää käynnissä olevaa suoritusta (Schmidt 1975).

Määrätietoinen harjoittelu. Ericsson (1993) esitteli viulisteista ja pianisteista tekemiensä tutkimusten perusteella, että eksperttitason saavuttamista tietyssä taidossa selittäisi pitkälti vähintään 10 vuoden määrätietoinen harjoittelu. Tässä mallissa oppiminen nähdään määrätietoisen harjoittelun lineaarisena tuotteena. Määrätietoisella harjoittelulla hän tarkoitti suljetun luupin

teorian kaltaista harjoittelua, jossa palaute suoritusten oikeellisuudesta sekä lukuisat samankaltaiset toistot ovat keskiössä oppimisessa. Heikkouksien kehittäminen ja virheiden korjaaminen on tässä mallissa keskeistä. Valmentajan tai opettajan antamalla tarkoilla ohjeilla on keskeinen rooli tässä määrätietoiseksi harjoitteluksi nimetyssä mallissa. Ericsson kuvailee leikillisen oppimisen olevan vastakohtaista määrätietoiselle harjoittelulle ja kritisoi, että leikin kautta ei ole mahdollista saavuttaa hänen tärkeänä pitämäänsä keskitetyn keskittymisen tasoa. Määrätietoinen harjoittelu ei ole itsessään nautinnollista, vaan pikemminkin kovaa työtä, jota oppijat ovat motivoituneet tekemään kehittyäkseen. (Ericsson 1993.)

Lineaarinen pedagogiikka. Perinteisesti motoristen taitojen harjoittelussa on vallinnut ajatus lineaarisesta pedagogiikasta (Lee ym. 2014), joka pohjautuu Adamsin (1971) suljetun luupin teorian ja Ericssonin (1993) määrätietoisen harjoittelun mukaisille periaatteille. Kuten määrätietoisessa harjoittelussa (Ericsson 1993), myös lineaarisessa pedagogiikassa oppiminen nähdään täsmällisen harjoittelun lineaarisena seurauksena. Lineaarinen pedagogiikka on opettaja- tai valmentajajohtoista keskitettyä harjoittelua, jossa oppijat pyrkivät toistamaan suuria määriä samanlaisia ihannetoistoja harjoiteltavasta motorisesta tehtävästä. Huomio on siis suunnattu ihanteelliseen suoritustekniikkaan eli kehon sisäiseen toimintaan. Tässä lähestymistavassa suoritusten vaihtelevuus on nähty uhkana oppimiselle. Vaihtelevat suoritukset nähdään virheinä, joista halutaan päästä eroon, jotta päästäisiin kohti juuri tietynlaista ihannesuoritusta. (Crotti ym. 2021.)

2.1.2 Käsitteet ja teoriat epälineaarisen pedagogiikan taustalla

Epälineaariset systeemit ja dynaamisten systeemien teoria. Epälineaarilla systeemeillä viitataan ilmiöihin, jotka käyttäytyvät epälineaarisesti ja ennustamattoman tuntuaisesti niin, että systeemin vaste ei ole verrannollinen siihen kohdistettuun syötteeseen (Thietart & Forgues 1995). Hyvin iso osa luonnontieteellisistä ilmiöistä ovat luonteeltaan epälineaarisia (Mosconi ym. 2008). Dynaamisten systeemien teoria kuvaa monista keskenään vuorovaikutuksissa olevista osista koostuvien dynaamisten epälineaaristen systeemien *itseorganisoituvaa* epälineaarista käyttäytymistä (Connel ym. 2017; Thelen & Smith 1998). Yksinkertaistenkin *epälineaaristen dynaamisten systeemien* käyttäytyminen voi vaikuttaa helposti arvaamattoman kaoottiselta,

vaikka nekin voisivat olla periaatteessa täysin ennustettavissa, jos kaikki niihin vaikuttavat tekijät tunnettaisiin tarkkaan (Grebogi ym. 1987).

Ekologisen dynamiikan teoria. Motorisen oppimisen kontekstissa ekologisen dynamiikan teoria keskittyy oppijan ja ympäristön väliseen yhteyteen. Taitojen harjoittelu tapahtuu aina oppijan, tehtävän ja ympäristön välisessä jatkuvassa vuorovaikutuksessa. Jos yksi systeemin osista muuttuu, vaikuttaa se systeemin muihinkin osiin. Ympäristöön ja tehtävään liittyvät tekijät nähdään toimintaa ohjaavina *rajoitteina*. (Davids ym. 2013.) Dynaamisten systeemien teoria ja toimintojen itseorganisoituminen kuuluvat olennaisena osana ekologiseen dynamiikkaan. Dynaamisten systeemien teorian mukaan oppijat tulisi nähdä epälineaarina dynaamisina systeeminä, jotka koostuvat useista osasysteemeistä. Nämä osasysteemit ovat keskenään vuorovaikutuksissa ja itseorganisoituvat muodostaen vakaita malleja. (Lee ym. 2014.)

Rajoitelähtöinen lähestymistapa. Rajoitelähtöinen lähestymistapa (engl. constraint-led approach) on yksi oleellisimmista *epälineaarisen pedagogiikan* työkaluista. Siinä dynaamisten systeemien teorian mukaisesti oppijan, ympäristön ja tehtävän asettamat rajoitteet toimivat tehtävässä ikään kuin rajoina, jotka ohjaavat toimintaa kohti tavoitetta. Näiden rajoitteiden *manipuloiminen* on valmentajan tärkeimpiä työkaluja oppimisympäristöjä luodessa. Tarkoituksenmukaisten rajoitteiden avulla valmentaja pyrkii luomaan mahdollisuuksia oppimiselle ja suuntaamaan oppimista haluttuun suuntaan. Esimerkkejä manipuloitavista rajoitteista ovat tehtävän, ympäristön ja välineiden manipulointi. (Crotti ym. 2021; Lee ym. 2014.) Tarkoituksenmukaisten rajoitteiden luominen vaatii valmentajalta tai opettajalta ekologisen dynamiikan teorian ymmärtämistä, jotta toimintaa pystytään rajoitteita muokkaamalla suuntaamaan haluttuun suuntaan (Renshaw & Chow 2019).

Skeemateoria. Schmidt (1975) kehitti motorisen oppimisen skeemateorian, sillä näki puutteita vallalla olleissa motorisen oppimisen suljetun luupin teorioissa. Suljetun luupin teoria ei esimerkiksi sopinut selittämään toimintaa nopeatempoisissa tai avoimissa motorisissa tehtävissä. Schmidt päätyikin jalostamaan oman teorianensa enemmän avoimen luupin mukaiseen motoriseen toimintaan perustuen, mutta huomioi myös teoriaansa soveltuvat suljetun luupin periaat-

teet. Schmidt huomioi, että liikkumisen vapausasteilla on lähes rajaton määrä erilaisia järjestäytymismahdollisuuksia, eli ihmiset voivat suorittaa lähes rajattoman määrän erilaisia motorisia suorituksia. Usein nämä motoriset suoritukset täytyy vieläpä soveltaa ympäristön vaatimukseen (avoimet taidot), jolloin jokainen suoritus on hieman uniikki – esimerkiksi tenniksen kämmenlyönti on aina hieman erilainen riippuen siitä millaiseen lyöntiin sillä vastataan ja mistä asennosta lyönti joudutaan suorittamaan. Jos jokaiselle vähänkään toisesta eriävälle liikesuoritukselle pitäisi olla keskushermostossa oma tarkka motorinen ohjelmansa (ajatus, johon aiemmat motorisen oppimisen teoriat perustuivat), täytyisi ihmisellä olla käytännössä rajaton varasto erilaisia motorisia ohjelmia. Voidaan myös pohtia, miten täysin uudenlaisten suoritusten tekeminen olisi mahdollista, jos motoriset toiminnot perustuisivat tarkkoihin ja täsmällisiin motorisiin ohjelmiin. (Schmidt 1975.)

Skeemateoria perustuu motoristen suoritusten skeemoihin, eli yleisluontoisiin malleihin motorisista suorituksista, joista voidaan puhua myös yleistyneinä motorisina ohjelmina (engl. generalized motor programs). Tenniksen kämmenlyönnin voidaan ajatella olevan esimerkki motorisesta skeemasta, jota sovelletaan aina ainutlaatuisesti tilanteen vaatimalla tavalla. Skeemateoriassa harjoittelun monipuolisuudella ja suoritusten vaihtelevuudella nähdään tärkeä rooli oppimisessa, eli motoristen skeemojen laajentamisessa. Skeemateoriassa virheitä ei nähdä uhkina vaan mahdollisuuksina oppimiselle. (Schmidt 1975.)

Kontekstuaalinen interferenssi. Shea ja Morgan (1979) esittelivät motorisen oppimisen yhteydessä kontekstuaalisen interferenssin käsitteen. Kontekstuaalinen interferenssi viittaa siihen, missä järjestyksessä erilaisia suorituksia harjoittelussa tehdään, ja sillä tarkoitetaan suoriutumiseen ja oppimiselle aiheutuvaa häiriötä siitä, kun jokin taito suoritetaan toisten taitojen seassa. Kontekstuaalisen interferenssin on havaittu aiheuttavan akuutisti häiriötä taidon suorittamiseen ja harjoituskerran aikaiseen oppimiseen, mutta parantavan pidemmän aikavälin oppimista, taidon säilymistä (engl. retention) ja siirtovaikutusta (engl. transfer) verrattuna harjoitteluun, jossa eri taitoja harjoitellaan blokeittain. Yhtenä selityksenä kontekstuaalisen interferenssin hyödyille on pidetty sitä, että se saa aikaan oppimiselle hyödyllistä eroavaisuuksien havainnointia ja vertailua liikkeiden välille. (Shea & Morgan 1979.) Toiseksi selittäväksi mekanismiksi ilmiön taustalle on ehdotettu muiden suoritusten välissä tekemisen aiheuttamaa liikkeen toimintasuun-

nitelman hetkellistä unohtamista, mikä pakottaa uudelleenmuodostamaan toimintasuunnitelman seuraavalla kerralla kun sama suoritus tehdään uudestaan, minkä on ajateltu olevan hyödyksi oppimiselle (Lee & McGill 1983; Lee & McGill 1985).

Shea ja Wright (1991) havaitsivat tutkimuksessaan, että toimintasuunnitelman unohtaminen oli hyödyksi taidon säilyttämiselle vain jos unohtaminen tapahtui muita samaan liikeryhmään kuuluvia suorituksia tekemällä. Mekanismi parantuneen taidon säilyvyyden taustalla ei siis ollut itseisarvoisesti toimintasuunnitelman unohtaminen, vaan pikemminkin erilaisten, kuitenkin lähellä toisiaan olevien, suoritusten tekemisen tuoma vaihtelevuus. Hall & McGill (1995) esittivät tutkimustuloksiansa perusteella, että kontekstuaalisen interferenssin hyödyt oppimiselle ovat todennäköisimpiä silloin, kun harjoittelussa vuorotellaan eri liikeryhmiin kuuluvien taitojen välillä, kun taas harjoittelun vaihtelevuuden hyödyt oppimiselle ovat suurimpia, kun tehdään erilaisia samoihin liikeryhmiin kuuluvia suorituksia. Tutkimuksia yhteen vetäen vaikuttaisi siltä, että varsinaisen kontekstuaalisen interferenssin hyödyt oppimiselle ovat hieman epäselviä ja iso osa siihen liitetystä hyödyistä selittyvätkin itseasiassa harjoittelun vaihtelevuudella.

Epälineaarinen pedagogiikka. Epälineaarisen pedagogiikan periaatteet pohjautuvat vahvasti ekologisen dynamiikan teoriaan ja siihen kuuluvaan dynaamisten systeemien teoriaan ja toimintojen itseorganisoitumiseen (Crotti ym. 2021; Lee ym. 2014). Siinä oppiminen nähdään epälineaarisenä systeeminä (Mayer-Kress ym. 2009). Epälineaarinen pedagogiikka on ottanut vahvasti vaikutteita myös skeemateoriasta (Schmidt 1975). Epälinearisessa pedagogiikassa valmentaja pyrkii tarkkojen ohjeistusten sijaan luomaan sellaisia harjoitteita ja oppimisympäristöjä, jotka opettavat tekijälleen haluttuja asioita tiedostamatta. Epälineaarisen pedagogiikan mukaisessa lähestymistavassa hyväksytään se, että haluttuun lopputulokseen voi päästä useaa eri reittiä ja jokaiselle oppijalle sallitaan heidän oma luontainen tapansa liikkua. Näin ollen mahdolliset ohjeetkin kohdennetaan lähinnä oppijan ulkopuolelle, kuten haluttuun lopputulokseen, eikä niinkään oppijan sisäiseen toimintaan, kuten suoritustekniikkaan. Tämä mahdollistaa dynaamisten systeemien teorian mukaisen toimintojen itseorganisoitumisen. Suoritusten ja harjoittelun vaihtelevuudella nähdään olevan tärkeä rooli epälinearisessa pedagogiikassa. (Crotti ym. 2021.)

2.2 Motorinen oppiminen käytännössä; lineaarinen ja epälineaarinen pedagogiikka

Motorisen taidon opettamisen mallit jaetaan nykyään usein lineaariseen ja epälineaariseen pedagogiikkaan (esim. Crotti ym. 2021; Lee ym. 2014). Nykyään on yhä enemmän viitteitä siitä, että motorisen taidon oppiminen on pikemminkin epälineaarinen kuin lineaarinen prosessi (Mayer Kress ym. 2009) ja että liikkeiden vaihtelevuudella on tärkeä rooli niin taitojen oppimisessa kuin suureenissa hallinnassakin (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Bernstein 1967; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005). Se ei kuitenkaan automaattisesti tarkoita sitä, että kaikki lineaarisen pedagogiikan mukaiset periaatteet olisivat kaikissa tilanteissa huonoja, ja että kaikki epälineaarisen pedagogiikan toimintamallit sopisivat kaikkiin tilanteisiin niitä paremmin. Epälineaarisen ja lineaarisen pedagogiikan vertailun kömpelyys tuleekin vastaan siinä, että ne ovat laajoja periaatteita, jotka pitävät allaan lukuisia osaperiaatteita. Siksi tiukka jako lineaariseen ja epälineaariseen pedagogiikkaan tuntuu teennäiseltä. Tähän seikkaan kompastutaan tutkimuksissa, joissa vertaillaan epälineaarisen ja lineaarisen pedagogiikan laajoja kokonaisuuksia keskenään taidon oppimisen kannalta. Mielekkäämpää olisi tarkastella näihin liitettyjä yksittäisiä osaperiaatteita, jotta yksittäisten osaperiaatteiden vaikutuksiin päästäisiin käsiksi. Koska iso osa aihepiiriä koskevista tutkimuksista on kuitenkin tehty nimenomaan lineaarisen ja epälineaarisen pedagogiikan kokonaisuuksista, joudutaan tässäkin luvussa jonkin verran tulkitsemaan niistä saatua näyttöä, jolloin jää hieman epäselväksi mikä tai mitkä osatekijät noista laajoista periaatteista selittävät mitään tuloksia.

Sekä lineaarisen että epälineaarisen pedagogiikan alla on tiettyjä toimintamalleja, jotka soveltuvat tiettyihin tilanteisiin. Käytännössä motoristen taitojen harjoittelussa lieneekin parasta soveltaa osia molemmista periaatteista esimerkiksi opeteltavan taidon luonne (Roberts ym. 2020; Kalaja 2016), oppimisen vaihe (Beilock ym. 2002) sekä fyysinen ja psyykinen kuormittavuus (Ribeiro ym. 2021) huomioiden, eikä valmentajan tule sitoa itseään mustavalkoisesti vain toisen lähestymistavan periaatteisiin. Lineaarinen ja epälineaarinen pedagogiikka muodostavat käytännössä jatkumon ja valmentajan tulee valita joustavasti tilanteeseen sopivat metodit tuolta jatkumolta mielellään lähestymistapoihin liittyvien osaperiaatteiden tarkat tilannekohtaiset vaikutukset huomioiden. Yhden epälineaariseen pedagogiikkaan yhdistetyn osaperiaatteen, kuten esimerkiksi vaihtelevuuden, soveltaminen valmennuksessa ei estä samalla käyttämästä toista

lineaariseen pedagogiikkaan yhdistettyä osaperiaatetta, kuten vaikkapa valmentajajohtoista ohjeistamista (esim. Mohammadi Orangi ym. 2021). Tässä luvussa käydään läpi motoriseen oppimiseen vaikuttavia tekijöitä epälineaarisen ja lineaarisen pedagogiikan sekä niihin yhdistettyjen osaperiaatteiden valossa.

Virheiden rooli oppimisessa. Lineaarinen ja epälineaarinen pedagogiikka eroavat toisistaan siinä, miten niissä suhtaudutaan virheisiin. Linearisessa pedagogiikassa suoritustekniikka nähdään virheellisenä, jos se eroaa ihanteellisesta mallista, kun taas epälinearisessa pedagogiikassa painotetaan, että haluttuun lopputulokseen voi päästä erilaisin tekniikoin, eikä vaihtelevuutta liikkeissä nähdä virheinä (Crotti ym. 2021). Linearisessa pedagogiikassa virheitä pyritään välttämään, jotta saataisiin aikaan toisteisia ihannetoistoja (Buszard ym. 2020). Samaan aikaan huomio on virheiden etsimisessä, jotta ne voitaisiin korjata (Adams 1971). Epälineaarinen pedagogiikka pohjautuu periaatteille, joissa arvostetaan virheitä ja liikkeiden vaihtelevuutta oppimiskokemuksina. Vaikka virheet nähdään epälinearisessa pedagogiikassa oppimiskokemuksina, niitä ei pyritä etsimään kehon sisäisestä toiminnasta, vaan huomio on tehtävän tavoitteissa ja saavutetussa lopputulemassa. (Crotti ym. 2021; Schmidt 1975.)

Tehtävää helpottamalla tapahtuvan virheiden vähentämisen on osoitettu olevan hyödyllistä oppimiselle etenkin aloittelijoilla (Oppici ym. 2018). Onnistumisten kautta saatavalla pystyvyyden tunteella ja sitä kautta motivaatiolla voi olla merkittävä rooli tämän taustalla (Moy ym. 2016). Virheiden karsiminen harjoittelusta näyttäisi myös joissain tilanteissa tehostavan oppimisen automatisoitumista ja siirtovaikutusta (Ramezanzade ym. 2022). Ilmiötä on selitetty sillä, että virheiden vähentäminen voi edistää tiedostamatonta oppimista kun taas virheisiin ja niiden korjaamiseen suunnatun tietoisuuden on esitetty olevan haitaksi oppimiselle ja suoriutumiselle (Buszard ym. 2014; Maxwell ym. 2001). Ajatus on päinvastainen lineaarisen pedagogiikan kanssa, jossa virheitä toki pyritään minimoimaan, mutta nimenomaan virheiden etsimiseen ja korjaamiseen keskittymällä (Adams 1971). Siihen, miten virheiden rooli oppimiselle tulkitaan, vaikuttaa myös se, miten ja millä aikajänteellä oppimista arvioidaan, sillä harjoitteluun lisättävät haasteet, kuten vaihtelevuus, häiritsevät suoriutumista lyhyellä aikavälillä, mutta hyödyttävät pidemmän aikavälin oppimista (Hall & McGill 1995; Shea & Wright 1991; Schmidt & Björk 1992). Tätä käsitellään lisää seuraavaksi.

Miten ja millä aikajänteellä oppimista arvioidaan? On tärkeää miettiä, miten ja millä aikajänteellä oppimista arvioidaan ja minkälainen tulkinta oppimisesta on missäkin kontekstissa relevantti. Jos oppimista arvioidaan akuutisti harjoitustapahtuman aikana tapahtuvana kehityksenä juuri harjoiteltavassa tarkkarajaisessa taidossa, voi lineaarisen pedagogiikan mukaiset periaatteet, kuten keskitetty samanlaisia toistoja peräkkäin toistava harjoittelu näyttäytyä tehokkaimpana vaihtoehtona (Shea & Morgan 1979). Mutta jos taidon oppimista arvioidaan päivien tai viikkojen päästä harjoittelusta (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991), ja/tai painotetaan taidon siirtovaikutusta erilaisiin tilanteisiin (Buszard ym. 2017; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991), niin vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu näyttää olevan parempi vaihtoehto.

Tietoinen vs. tiedostamaton oppiminen. Lineaariseen pedagogiikkaan yhdistetty tietoinen oppiminen ja epälineaariseen pedagogiikkaan yhdistetty tiedostamaton oppiminen vaikuttavat eri osissa aivoja (Krakauer ym. 2019). Vastoin Adamsin (1971) ja Ericssonin (1993) teorioita tiedostamattoman oppimisen merkitys motorisessa oppimisessa on osoittautunut suureksi, ja tiedostamattoman oppimisen on osoitettu ajavan tietoisien strategian yli ainakin visuumotorisissa tehtävissä (Mazzoni & Krakauer 2006). Tietoisien suoritustekniikkaan keskittymisen on kuitenkin havaittu olevan hyödyksi suoriutumiselle, jos suoriutuja on aloittelijan tasolla suoritettavassa motorisessa taidossa. Tämä kääntyy päinvastoin, jos suoriutuja on huipputasolla suoritettavassa motorisessa tehtävässä, jolloin taidon suorittaminen on automatisoitunut. Silloin tietoinen suoritustekniikkaan keskittyminen heikentää suoritusta. (Beilock ym. 2002.)

Adams (1971) näyttääkin olleen osin oikeassa siinä, että uutta taitoa opeteltaessa jonkinlaisesta tietoisesta oppimisen mallista näyttäisi olevan hyötyä, mutta tietoisuuden ei ehkä pitäisi syntyä virheiden kautta, sillä aloittelijat hyötyvät virheiden vähentämisestä harjoittelussa (Oppici ym. 2018). Ehkä aloittelijoiden kannattaisi tietoisesta oppimisen vaiheessa suunnata tietoisuutensa enimmäkseen haluttuun suoritustekniikkaan ja suoritustekniikassa onnistuneisiin asioihin virheiden sijaan. Virheisiin ja niiden korjaamiseen suunnattu tietoisuuskin voi olla tärkeää, kunhan virheitä ei synny liikaa.

Joka tapauksessa uutta taitoa opeteltaessa tietoisesta oppimisesta lienee jossain määrin hyötyä (Beilock ym. 2002). Mahdollisesti tästä syystä Leen ym. (2014) tutkimuksessa aloittelijat kehittivät tenniksen kämmenlyöntitekniikassa enemmän lineaarisen kuin epälineaarisen pedagogiikan metodeilla. Tutkimus antoi kuitenkin viitteitä, ettei lineaarisella pedagogiikalla saavutettu kehitys olisi ehkä yhtä pysyvää, kuin epälineaarisella pedagogiikalla saavutettu kehitys. (Lee ym. 2014.)

Tarkkarajaiset taidot. Lineaarisen pedagogiikan periaatteisiin kuuluvalla keskitetyllä harjoittelulla voidaan saada aikaan niin kutsuttu erityisen taidon ilmiö (engl. especial skill) jossakin spesifissä tarkkarajaisessa suljetussa taidossa. Tästä esimerkkinä koripalloilijat heittävät vapaaheittoviivalta tilastollisesti merkitsevästi tarkemmin, kuin mitä olisi odotettavissa muilta etäisyyksiltä suoritettujen heittojen tarkkuuksien perusteella. (Breslin ym. 2010; Breslin ym. 2012; Czyz ym. 2013; Czyz & Moss 2016; Keetch ym. 2008; Keetch ym. 2005; Klostermann 2019.) Vapaaheittotaidossa ei ole kuitenkaan kyse siitä, että onko suhteessa tarkempi vapaaheitoissa kuin muilta etäisyyksiltä heitettäessä. Sen sijaan tavoitteena on olla absoluuttisesti mahdollisimman tarkka vapaaheitoissa.

Breslinin ym. (2012) tutkimuksessa aloittelijat suorittivat kolmen päivän mittaisen 300 heittoa sisältävän vapaaheiton harjoitusintervention. Tutkittavat jaettiin keskitetyn harjoittelun ja vaihtelevan harjoittelun ryhmiin. Keskitetyn harjoittelun ryhmä heitti kaikki heittonsa harjoitusjakson aikana vapaaheittoviivalta, kun taas vaihtelevan harjoittelun ryhmä heitti yhteensä saman kokonaismäärän heittoja viidelle eri etäisyydelle jaettuna. Molemmat ryhmät kehittivät vapaaheitossa yhtä hyvin, mutta vain keskitetysti harjoitelleelle ryhmälle muodostui erityisen taidon ilmiö, eli he heittivät vapaaheittoviivalta paremmin kuin mitä olisi muiden etäisyyksien heittojen perusteella odotettavissa. Vaihtelevan harjoittelun ryhmä kehittyi siis tasaisemmin muidenkin etäisyyksien tarkkuudessa kehittyen yhtä merkittävästi vapaaheitoissa. (Breslin ym. 2012.) Vaihtelevuuden periaate aikaansaa myös pidempikestoista oppimista (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991), jonka hyödyt jäävät näin lyhyessä tutkimusasetelmassa vieläpä osin piiloon. Käytännössä vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu vaikuttaa siis huomattavasti paremmalta vaihtoehdolta.

Kerrin ja Boothin (1978) tutkimus antaa vahvistusta vaihtelevuuden periaatteen mukaisen harjoittelun hyödyistä tarkkuutta vaativassa heittotehtävässä. Heidän tutkimuksessaan 2 ja 4 jalan päästä hernepussia harjoituksissa heittäneet lapset kehittivät enemmän 3 jalan päästä suoritettavan hernepussinheiton tarkkuudessa kuin vain 3 jalan päästä harjoituksissa heittäneet lapset (Kerr & Booth 1978).

Avoimet taidot. Epälineaarisen pedagogiikan ja etenkin vaihtelevan harjoittelun on esitetty olevan tehokkaampaa erityisesti silloin, kun halutaan kehittää avointa taitoa (Kalaja 2016), sillä avoimissa taidoissa korostuu ympäristön ja suorittajan välisen vuorovaikutuksen merkitys (Formenti ym. 2021), mikä on keskeisesti huomioitu teema epälineaarisisessa pedagogiikassa (Crotti ym. 2021). Epälineaarisen pedagogiikan mukainen harjoittelu (Lee ym. 2014; Mohammadi Orangi ym. 2021) sekä vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu epälineaarisisesta pedagogiikasta irrallaan (Mohammadi Orangi ym. 2021) lisäävät liikemallien vaihtelevuutta verrattuna lineaarisen pedagogiikan mukaiseen harjoitteluun. Näin samaan haluttuun lopputulokseen kyetään pääsemään useampaa eri reittiä pitkin (Lee ym. 2014). Epälineaarinen pedagogiikka ja vaihtelevuus harjoittelussa voivat lisätä myös omintakeisia ja luovia ratkaisuja (Mohammadi Orangi ym. 2021). Tällaiset ominaisuudet ovatkin suotavia avoimen taidon ympäristöissä.

Esimerkiksi Roberts ym. (2020) tutkimuksessa epälineaarisen pedagogiikan interventio oli lineaarisen pedagogiikan interventiota tehokkaampi jalkapallon päätöksenteko- ja 1 vs. 1 -taidon kehittymisen kannalta mutta ei laukaisutekniikan kehittymisen kannalta. Päätöksenteko- ja 1 vs. 1 -taito ovatkin jo lähtökohtaisesti avoimia taitoja, kun taas laukaisutekniikka itsessään on luonteeltaan suljettu taito, jota toki pelitilanteissa täytyy soveltaa avoimesti, mutta jota testeissä ja tutkimuksissa arvioidaan yleensä suljetusti. Avointen ja suljettujen taitojen mittaamista käsitellään alaluvussa 2.4.

Harjoittelun mielekkyys. Lineaarisen pedagogiikan mukainen valmennus voi myös tehdä harjoittelusta yksipuolista, mikä voi aiheuttaa ongelmia fyysisen ja psyykkisen kuormittuneisuuden suhteen. Epälineaarisisella pedagogiikalla voidaan ehkäistä näitä ongelmia. (Buszard ym. 2020; Ribeiro ym. 2021.) Epälineaarinen pedagogiikka voidaan kokea muutenkin oppijan kannalta lineaarista pedagogiikkaa mielekkäämmäksi vaihtoehdoksi. Moy ym. (2016) havaitsivat

liikunnanopettajaopiskelijoiden kokevan epälineaarisen pedagogiikan mukaisen opetuksen lineaarisen pedagogiikan mukaista opetusta mielekkäämmäksi, motivoivammaksi ja itsemääräämisteorian mukaiset psykologiset perustarpeet huomioivammaksi.

Epälineaarinen pedagogiikka voidaan nähdä lineaarista pedagogiikkaa leikillisempänä vaihtoehtona. Leikillisyyteen tehtävää suorittaessa liittyy kokemus autonomiasta, vapaus ilmaista itseään, luovuus, kokemus kyvykkyydestä sekä motivaatio tehtävää kohtaan (Heimann & Roepstroff 2018), jotka ovat kaikki myös epälineaariseen pedagogiikkaan (Moy ym. 2016) liitettyjä teemoja. Ajatusta leikillisyydestä on perinteisesti saatettu karsastaa kunnianhimoisissa ympäristöissä, etenkin jos työskennellään nuorten tai aikuisten parissa, mutta tämä karsastus näyttäisi olleen turhaa, sillä leikillisyydellä on positiivinen rooli omaehtoisen oppimisen kannalta (Ertl ym. 2022; Vahlo ym. 2022). Tämä voidaan esittää kritiikkinä Ericssonin (1993) määrätietoiseen oppimiselle, jossa leikillisuus nähtiin uhkana huipputasoon tähtäävälle oppimiselle.

Etenkin lapsivaiheessa lineaariseen pedagogiikkaan liitetty yksipuolisuus koetaan harjoittelun mielekkyyttä vähentävänä tekijänä (Ribeiro ym. 2021). Yksi merkittävimpiä tekijöitä sen takana, miksi epälineaarinen pedagogiikka koetaan mielekkäämmäksi vaihtoehdoksi, vaikuttaisikin olevan siihen kuuluva vaihtelevuus. Seuraavaksi lisää vaihtelevuuden merkityksestä oppimiselle.

Vaihtelevuuden merkitys oppimiselle. Epälineaarisen pedagogiikan hyödyistä päällimmäisenä nousee esiin harjoittelun vaihtelevuus. Vastoin lineaarisesta pedagogiikasta kumpuavaa ajatusta siitä, että liikkeiden vaihtelevuus olisi uhka oppimiselle (Crotti ym. 2021), liikkeiden vaihtelevuuden tärkeästä roolista taitojen oppimisessa ja suvereenissa hallinnassa on paljon näyttöä (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Bernstein 1967; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005). Vaihtelevuudesta näyttäisi olevan hyötyä myös muista epälineaarisen pedagogiikan metodeista irrallaan (Mohammadi Orangi ym. 2021) ja se saattaa olla monissa tilanteissa tärkein epälineaarisen pedagogiikan hyötyjä selittävä tekijä. Esimerkiksi aloittelijat, jotka saattavat hyötyä joistakin lineaarisen pedagogiikan periaatteista muita enemmän (Adams 1971; Beilock 2002; Lee ym. 2014), näyttäisivät kuitenkin hyötyvän harjoittelun vaihtelevuudesta (Brocken ym. 2020), etenkin jos harjoittelun vaihtelevuus on toteutettu niin, ettei se lisää

liaksi virheiden määrää harjoittelussa (Oppici ym. 2018; Ramezanzade ym. 2022). Myös suljettujen taitojen harjoittelussa vaihtelevuuden periaate on osoitettu hyödylliseksi (Brocken ym. 2020), vaikka muista epälineaarisen pedagogiikan menetelmistä ei ole välttämättä etua lineaariseen pedagogiikkaan verrattuna, jos harjoitellaan suljettua taitoa (Roberts ym. 2020). Vaihtelevuuden periaatteen soveltamisen ei tarvitse sitoa valmentamista muihin epälineaarisen pedagogiikan periaatteisiin, vaan valmentaja voi esimerkiksi hyvin käyttää tietoiseen oppimiseen johtavaa ohjailevaa ohjeistamista samalla kun edistää erinäisin työkaluin liikkeiden vaihtelevuutta harjoittelussa (Mohammadi Orangi ym. 2021). Luvussa 3 käsitellään kattavammin vaihtelevuuden merkitystä oppimiselle.

2.3 Motorisen taidon säilyminen ja siirtyminen

Motoriset taidot säilyvät käyttämättäkin melko hyvin (Arthur ym. 1998). Taidon säilyminen, kuten myös siirtyminen erilaisiin tilanteisiin, kuvaavat automatisoitunutta taidon suorittamisen tasoa (Ramezanzade ym. 2022). Taidon säilymistä ja siirtymistä voidaan edistää lisäämällä harjoitteluun hetkellistä suorituskykyä häiritseviä haasteita, kuten vaihtelevuutta (Schmidt & Björk 1992).

Oppiminen voidaan käsittää jo session aikana tapahtuvaksi edistymiseksi, mutta usein se on mielekkäämpää käsittää pidemmällä aikavälillä ilmeneväksi taidon suorittamisen säilymiseksi ja siirtymiseksi erilaisiin tilanteisiin (Schmidt & Björk 1992). Jos jäljempänä esitetty tulkinta on kontekstin kannalta mielekkäämpi, niin taidon mittaamisessa kannattaa huomioida taidon säilymistä ja/tai siirtymistä mittaavat testit. Seuraavassa alaluvussa käsitellään lisää motorisen taidon mittaamiseen liittyviä tekijöitä.

2.4 Motorisen taidon oppimisen mittaaminen

Motorisen taidon oppimisen mittaamisen käytänteet riippuvat paljon mitattavan taidon luonteesta. Täysin uuden laboratorio-olosuhteissa mitattavan taidon oppimista arvioidaan usein jo session aikana. Tällaisissa testiasetelmissa opitun taidon säilymistä voidaan mitata jo esimerkiksi 10 minuutin päästä ja sitä saatetaan mitata uudestaan esimerkiksi 10 päivän päästä. (esim.

Shea & Morgan 1979.) Kun taas mitataan esimerkiksi urheiluun liittyvien motoristen taitojen oppimista, suoritetaan yleensä useita harjoituskertoja sisältävä harjoitusjakso. Erillisinä päivinä harjoitusjakson molemmin puolin järjestetään alku- ja lopputestit. Mahdollinen taidon säilyvyydesti järjestetään tällaisissa tilanteissa joitakin viikkoja harjoitusintervention jälkeen. Tällaisissa asetelmissa on tapana järjestää myös erillinen testeihin liittyvä tutustumiskerta, jotta itse testi olisi tuttu ennen ensimmäisiä varsinaisia mittauksia, eikä tuloksiin vaikuttaisi testiprotokollan oppiminen mittausten edetessä. (esim. Fickel 2017; Lee ym. 2014.)

Taidon mittaamisessa pitää muutenkin miettiä tarkkaan, mitä halutaan mitata. On esimerkiksi huomioitava, onko kyseessä oleva taito lähtökohtaisesti avoin vai suljettu taito. Taidon mittaamisessa on huomioitava, että jotta taidon kehittymistä voitaisiin luotettavasti tarkastella testien tuloksia keskenään vertailemalla, täytyy taidon mittaamiseen käyttää samaa vakioitua testiä kerta toisensa jälkeen. Luotettavan mittaamisen edellyttämä olosuhteiden vakiointi aiheuttaa usein sen, että taitoja päädytään mittaamaan enemmän tai vähemmän suljetuissa olosuhteissa, ja näin ollen avoimia taitoja koskeviin teorioihin on hankala päästä käsiksi, vaikka joissakin tutkimuksissa tässä on jokseenkin onnistuttu (Roberts ym. 2020; Vänttinen ym. 2010). Näidenkin tutkimusasetelmien vakioidut avoimet ympäristöt ovat kuitenkin kaukana esimerkiksi joukkuepallon pelitilanteiden todellisesta avoimuudesta. Myös se on huomioitava, että avoimessa ympäristössä toteutetuissa testeissä mitataan laajempaa taitavuutta, mikä pitää aina sisällään myös havainnoinnin ja päätöksenteon taidot (Roberts ym. 2020; Vänttinen ym. 2010). Rajatumman osataidon, kuten kuljettamisen (Vänttinen ym. 2010) tai laukaisutekniikan (Roberts ym. 2020) mittaus tapahtuu yleensä suljetusti ja avoimia testejä pyritään soveltamaan sellaisten taitojen mittaamiseen, jotka jo lähtökohtaisesti ovat luonteeltaan avoimia, kuten päätöksenteko- tai 1 vs. 1 -taito (Roberts ym. 2020).

3 HARJOITTELUN VAIHTELEVUUS – DIFFERENTIAALIOPPIMINEN

Vaihtelevuuden periaate on yksi taidon oppimiseen ja hallitsemiseen liitetty tärkeä periaate, jonka juuret johtavat jo Bernsteinin (1967) varhaisiin havaintoihin eksperteistä, joiden samaan tarkkaan lopputulokseen johtavat suoritukset vaihtelivat suoritustekniikaltaan – eli liikkeen vapausasteet organisoituivat keskenään eri tavoin toistojen välillä saavuttaen kuitenkin saman tarkan lopputuloksen. Kuten Schmidt (1975) skeemateoriassaan huomioi, niin huomioiden liikkeen vapausasteiden lähes rajattomat järjestäytymismahdollisuudet, on luonnollista ajatella, että suoritukset ovat aina enemmän tai vähemmän uniikkeja. Tämä korostuu etenkin avoimissa ympäristöissä, joissa taidot pitää sovittaa ympäristön alati muuttuviin vaatimuksiin sopiviksi (Formenti ym. 2021).

Liikkeiden vaihtelevuus kylläkin pienentyy oppimisen seurauksena, mutta vaihtelevuus ei täysin katoa eksperteilläkään (Cohen & Sternad 2009). Liikkeiden vaihtelevuutta saattaa selittää keskushermoston tasolla tapahtuva ”kohina”, joka voi vaikuttaa sekä liikkeiden suunnitteluun (Churchland ym. 2006) että toteuttamiseen (van Beers ym 2004). Liikkeiden vaihtelevuutta ei ehkä tulisikaan pyrkiä välttämään, vaan pikemminkin rohkaisemaan, koska sillä näyttäisi olevan tärkeä rooli taitojen oppimisessa ja taitavassa taitojen hallinnassa. (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005.)

Aluksi vaihtelevuuden roolia oppimisen taustalla tarkasteltiin lähinnä kontekstuaalisen interferenssin kautta. Kontekstuaalinen interferenssi viittaa siihen, missä järjestyksessä suorituksia harjoituksissa tehdään. (Shea & Morgan 1979.) Myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet, että kontekstuaalista interferenssiä tärkeämpää motoriselle oppimiselle olisi se, että harjoituksissa toistetaan erilaisia mutta lähellä toisiaan olevia suorituksia (Hall & McGill 1995; Shea & Wright 1991). Tällaista nykyaikaista käsitystä vaihtelevuuden periaatteesta motorisessa oppimisessa kutsutaan myös *differentiaalioppimiseksi* (Kalaja 2016; Mohammadi Orangi ym. 2021; Rico-Gonzales ym. 2022). Differentiaalioppimisen ideana on ruokkia suoritusten vaihtelevuutta tekemällä toisistaan poikkeavia mutta kuitenkin toisiaan riittävän lähellä olevia toistoja. Sen hyötyjä on selitetty sillä, että urheilija oppii havaitsemaan eroja liikkeiden välillä ja hänen kykynsä sopeuttaa toimiansa ympäristön muuttuviin vaatimuksiin kehittyy. (Kalaja 2016.)

Vaihtelevuuden periaatteella on merkittävä itseisarvoinen rooli motorisen oppimisen taustalla myös epälineaarista pedagogiikasta erillisenä tekijänä ja se saattaa olla myös merkittävin epälineaarisen pedagogiikan hyötyjä selittävä tekijä (Mohammadi Orangi ym. 2021). Harjoittelun vaihtelevuus asettaa haasteita lyhyen aikavälin suoriutumiselle harjoituksissa, mutta sen hyödyt näkyvät etenkin pitkäkestoisessa oppimisessa (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991) ja taidon siirtymisessä erilaisiin tilanteisiin (Buszard ym. 2017; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991). Taidon säilymisen ja siirtymisen on tulkittu kuvaavan oppimisen automatisoitumista (Ramezanzade ym. 2022). Vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu ei ainoastaan säilytä oppimista paremmin, vaan oppiminen jatkuu myös pitkälle harjoittelun loputtua (Apodigo ym. 2021). Lisäksi vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu saa aikaan kauttaaltaan monipuolisempaa oppimista, sillä sen on osoitettu kasvattavan motorista repertuaaria ja kykyä luoviin ratkaisuihin verrattuna lineaarisen pedagogiikan mukaiseen valmennukseen (Mohammadi Orangi ym. 2021). Harjoittelun vaihtelevuus on tärkeää myös harjoittelun mielekkyyden kannalta, koska on havaittu, että etenkin lapsivaiheessa yksipuolisuus koetaan harjoittelun mielekkyyttä vähentävänä tekijänä (Ribeiro ym. 2021).

4 VÄLINEIDEN MANIPULOINTI MOTORISESSA OPPIMISESSÄ

Skaalaaminen. Harjoitusvälineiden manipulointia on tarkasteltu tutkimuskirjallisuudessa enimmäkseen siinä valossa, miten aikuisten urheiluun suunnitellut urheiluvälineet saataisiin sovitettua lasten tarpeisiin sopiviksi. Tällöin puhutaan urheiluvälineiden skaalaamisesta. Ajatus välineiden manipuloinnista perustuu rajoitelähtöiseen lähestymistapaan, jossa tehtävän rajoitteiden manipulointia hyödynnetään motorisen taidon opettamisessa. (Buszard ym. 2020; Kachel ym. 2015.) Välineiden lisäksi myös esimerkiksi kentän mittasuhteet lukeutuvat manipuloitavissa oleviin tehtävän rajoitteisiin urheilussa (Buszard ym. 2020; Crotti ym. 2021; Lee ym. 2014). Skaalaamisessa näitä rajoitteita pyritään manipuloimaan siten, että ne olisivat lasten fyysisten ominaisuuksien ja taitotason kannalta sopivia edistäen urheilun mielekkyyttä lapsille ja sitä kautta urheilun pariin löytämistä ja urheilun parissa pysymistä. Samalla skaalaamisella pyritään tukemaan pitkän aikavälin taidon oppimista. (Buszard ym. 2020.) Esimerkiksi tenniksessä, jossa kyseistä aihealuetta on tutkittu paljon, matalammalle pomppaavilla palloilla on saatu paremmin kehitettyä lasten lyöntitaitoa ja -tekniikkaa, sillä näin lapset oppivat lyömään suhteessa omaan kehoonsa vastaavalta korkeudelta, kuin aikuiset lyövät korkeammalle pomppaavaa tavallista tennispalloa. Tässä tapauksessa siis lyöntikorkeus on skaalattu lapsille sopivaksi matalammalle pomppaavilla palloilla. (Kachel ym. 2015.) Pelivälineen lisäksi muun muassa verkon korkeutta, kentän kokoa ja tennismailaa on sovitettu lapsille siten, että ne ohjaisivat peliä samaan suuntaan, kuin mihin aikuisille suunnitellut tavalliset mittasuhteet ohjaavat aikuisten peliä (Fitzpatrick ym. 2017).

Skaalaamisen taustalla on esitetty olevan lineaarisesta pedagogiikasta juontava pyrkimys saada toistettua määrällisesti mahdollisimman paljon samankaltaisia virheettömiä ihannetoistoja (Buszard ym. 2020). Buszard ym. (2020) esittävätkin huolen, että skaalaaminen voi yksipuolistaa harjoittelua ja että epälineaarisen pedagogiikan ja vaihtelevuuden periaatteet tulisi paremmin huomioida välinemanipulaatiossa.

Yksi olennainen ajatus skaalaamisen taustalla on pyrkimys helpottaa tehtävää suorittajan tasoon sopivaksi (Buszard ym. 2020; Fitzpatrick ym. 2017). Tehtävän helpottaminen on tietyissä ti-

lanteissa osoittautunut hyödylliseksi. Esimerkiksi aloittelijoiden on havaittu kehittyvän nopeammin jalkapallon syöttämisessä harjoiteltuaan futsal-pallolla, joka pomppii tavallista jalkapalloa vähemmän (Oppici ym. 2018). Tehtävän helpottamisen hyötyjä on perusteltu muun muassa sillä, että silloin syntyy vähemmän virheitä, ja että virheet toisivat harjoitteluun taidon automatisoitumiselle haitallista tietoisuutta (Buszard ym. 2014; Maxwell ym. 2001). Toisaalta aloittelijoiden, jotka ovat vielä kognitiivisessa taidon oppimisen vaiheessa (Fitts & Posner 1967), on osoitettu hyötyvän tietoisesta oppimisesta toisin kuin edistyneemmässä oppimisen vaiheessa olevien (Beilock ym. 2002). Siksi onkin mahdollista, että tehtävän helpottamisen hyödyt aloittelijoilla selittyvät pitkälti pystyvyyden tunteen ja motivaation kautta (Moy ym. 2016).

Vaihtelevuuden periaatteella harjoitteluun voidaan lisätä psykologiset perustarpeet huomioiden (Moy ym. 2016) hetkellisesti suorituskykyä haastavia elementtejä, jotka ovat hyödyksi pitkän aikajänteen oppimiselle (Hall & McGill 1995; Shea & Wright 1991; Schmidt & Björk 1992). Välinemanipulaatiota voidaan hyödyntää myös tällaisessa vaihtelevuuden periaatteiden mukaisessa harjoittelussa eli differentiaalioppimisessa. Tätä käsitellään lisää seuraavaksi.

Harjoitusvälineiden manipulointi differentiaalioppimisen välineenä. Rajoitelähtöiseen lähestymistapaan perustuvaa välineiden manipulaatiota voi käyttää myös differentiaalioppimisen työkaluna eli tuomaan vaihtelevuutta harjoitteluun. Brockenin ym. (2020) tutkimus on hyvä esimerkki tästä toistaiseksi vähän sovelletusta differentiaalioppimisen metodista. Siinä juniorimaahockeypelaajien harjoittelussa välineenkäsittelyyn tuotiin vaihtelevuutta modifioidulla maahockeypallolla, joka käyttäytyi arvaamattomasti epäkeskisen painopisteensä ansiosta. Tutkittavat olivat 7–9-vuotiaita tyttöpelajia, joilla oli 0–4 vuoden harjoitustausta lajin parissa. He suorittivat neljän harjoituskerran harjoitusjaksoit sekä tavallisella maahockeypallolla että modifioidulla pallolla. Välineenkäsittelytaitoa mitattiin radalla, jossa kuljetettiin tavallista maahockeypalloa. Mittaukset pidettiin alussa sekä kummankin harjoitusjakson jälkeen. Näin tutkittavat toimivat omina kontrolleinaan. Tutkimuksessa havaittiin, että modifioidulla pallolla harjoittelu johti tilastollisesti merkitsevästi suurempaan kehitykseen kuin tavallisella pallolla harjoittelu. Tutkittavien lähtötasolla tai harjoitustaustalla ei havaittu olevan vaikutusta tähän ilmiöön. Tulos osoittaa, että tehtävän helpottaminen ja skaalaaminen ei ole ainoa tapa hyödyntää välinemanipulaatiota harjoittelussa, vaan myös sen avulla saavutetulla vaihtelevuudella voi olla merkittäviä hyötyjä taidon oppimiselle. (Brocken ym. 2020.)

5 KIEKONKÄSITTELYTAITO JA SEN MITTAAMINEN

5.1 Kiekonkäsittelytaito jääkiekossa

Suomenkielessä jääkiekon kontekstissa voidaan käyttää termiä kuljettaminen, mutta sen englannin kielistä vastinetta *dribbling* käytetään hyvin harvoin jääkiekon kontekstissa. Sen sijaan englannin kielessä käytetään termiä *stickhandling* joka suomen kielessä käännetään yleensä kiekonkäsittelyksi. Tästä syystä tässäkin tutkimuksessa on päätetty käyttää jääkiekon kontekstissa tapahtuvasta pelivälineen kuljettamisesta ja hallinnasta termiä kiekonkäsittely. Kiekonkäsittelytaito ja yleisesti pelivälineen kuljettamistaito ovat liikuntataitoja, jotka lukeutuvat välineenkäsittelytaitoihin. Välineenkäsittelytaidot lukeutuvat edelleen motorisiin perustaitoihin. (Kalaja ym. 2009.) Jääkiekon kuljettamiselle ominaista kiekonkäsittelyä on se, että kuljettamisen aikana pelaaja tekee harhautuksia ja suojaa kiekkoa mailan lavallaan, siirrellen kiekkoa jatkuvasti kämmenpuolelta rystylle ja päinvastoin (Vleugels ym. 2021).

Kiekonkäsittelytaidolla on jääkiekossa tärkeä rooli, sillä kiekonhallinta strategisesti tärkeissä tilanteissa näyttelee pelissä isoa roolia. Erityisen tärkeitä hetkiä kiekonhallinnan kannalta ovat siniviivojen ja keskialueen ylitykset. Hallituksi siniviivan ylitykseksi lasketaan, kun joukkue ylittää siniviivan kuljettaen tai syöttämällä. (Seppänen ym. 2022a; Seppänen ym. 2022b; Seppänen ym. 2022c.) Suomen miesten korkeimman sarjatason, Liigan, otteluissa hallittujen siniviivan ylitysten suhde ei-hallittuihin on 57,7 % (Seppänen ym. 2022a). Yksittäisen pelaajan kiekonkäsittelyn määrään peleissä vaikuttaa muun muassa pelipaikka ja rooli joukkueessa. Tilastojen valossa eniten kiekkoa hallussaan pitävät kiekollisen roolin puolustajat, joilla on parhaimmillaan kiekko hallussa yli 9 % jäälläoloajastaan (Seppänen 2019; Seppänen 2020). Tasakentällisin tapahtuneita puolustussiniviivan ylityksiä kiekko hallussa on myös eniten puolustajilla yksittäisten pelaajien lukemien noustessa parhaimmillaan yli 24 onnistuneeseen ylitykseen tunnin peliaikaa kohden. Tasakentällisin tapahtuneita hyökkäyssiniviivan ylityksiä kiekko hallussa tulee taas eniten laitahyökkääjille yksittäisten pelaajien lukemien noustessa parhaimmillaan lähes 19 onnistuneeseen ylitykseen tunnin peliaikaa kohden. Keskushyökkääjillä yksittäisten pelaajien lukemat tasakentällisin onnistuneiden hyökkäyssiniviivan ylitysten osalta ovat parhaimmillaan yli 14 tunnin peliaikaa kohden. (Seppänen ym. 2022c.)

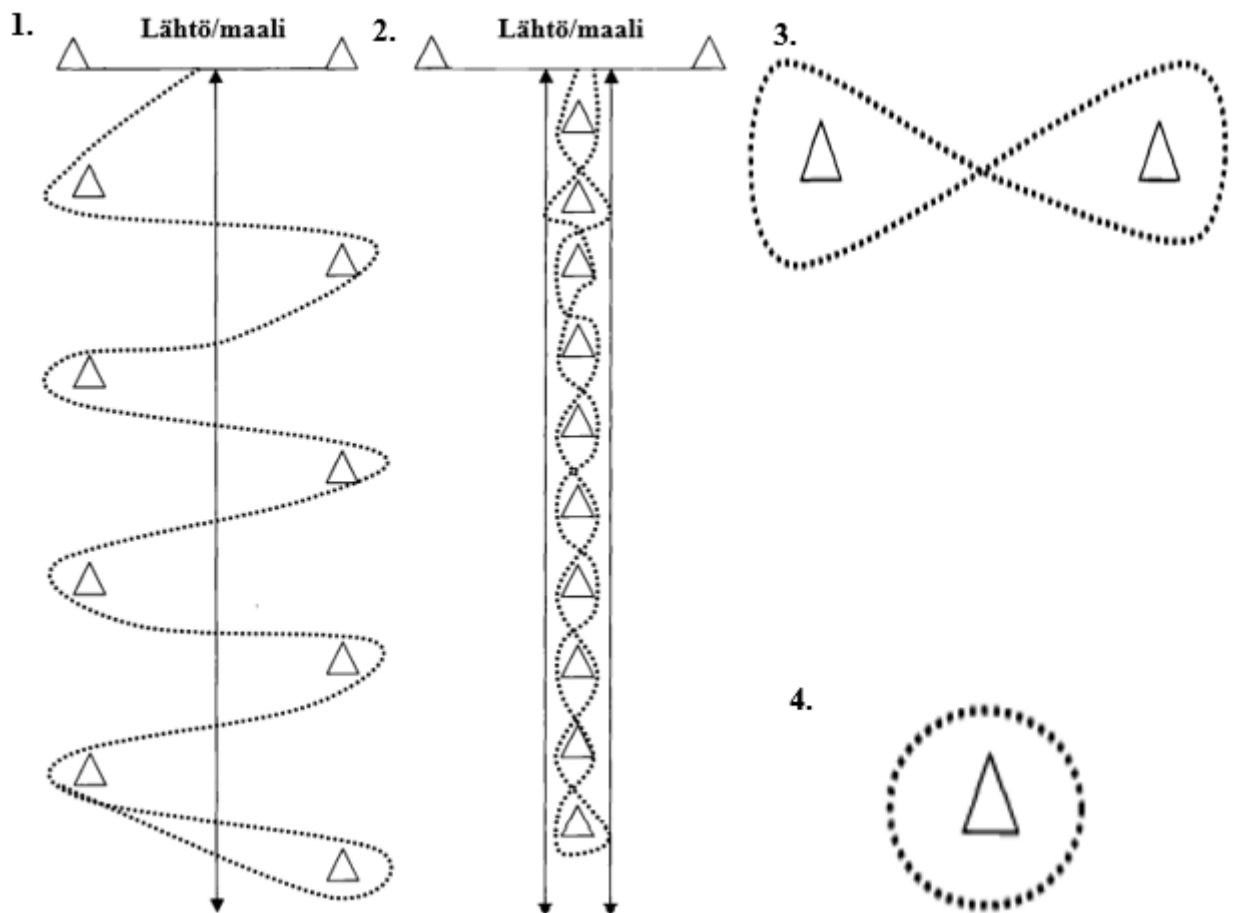
Pelissä on tärkeää pystyä luistelemaan, käsittelemään kiekkoa ja havainnoimaan ympäristöä yhtä aikaa. Kiekon kuljettamisen näköhavainnointitehtävän kanssa on havaittu alentavan merkittävästi aloittelijan tasolla olevien pelaajien luistelunopeutta, kun taas kokeneilla pelaajilla nämä tekijät eivät vaikuta luistelunopeuteen juuri lainkaan (Leavitt 1979, Fait ym. 2011 mukaan). Pelkkä suoraviivainen kiekon kuljettaminen ei kuitenkaan näytä vaativan nuoriltakaan kilpatason jääkiekkoilijoilta juuri näköhavainnointia tai kognitiivisia resursseja (Fait ym. 2011), kuvaten taidon olevan automaatiotasolla (Fitts & Posner 1967). Esteiden kiertäminen kiekkoa käsitellen lisäsi Faitin ym. (2011) tutkimuksessa tehtävän kognitiivisia resursseja kuitenkin huomattavasti. Kovempitasoisten pelaajien on osoitettu suoriutuvan huomattavasti nopeammin tarkkuutta vaativasta kiekonkäsittelytestistä kuin heikompi-tasoisien pelaajien (Lawrie 2014).

5.2 Kiekonkäsittelytaidon kehittäminen

Kiekonkäsittelyllä on erittäin tärkeä rooli pelin kannalta (Seppänen ym. 2022a; Seppänen ym. 2022b; Seppänen ym. 2022c), ja kovempitasoiset pelaajat ovat siinä merkitsevästi parempia kuin heikompi-tasoiset pelaajat (Lawrie 2014). Pelissä enitenkin kiekkoa käsittelevät pelaajat pitävät kiekkoa hallussaan kuitenkin vain hieman yli 9 % jäälläoloajastaan (Seppänen 2019; Seppänen 2020), mikä on hyvin niukasti taidon kehittymistä ajatellen. Siksi kiekonkäsittelyä tuleekin harjoitella erikseen. Ilmiön tärkeydestä huolimatta, kiekonkäsittelytaidon kehittämistä koskevia tutkimuksia on tiettävästi julkaistu vain yksi (Stark ym. 2009). Lisäksi kiekonkäsittelytaidon kehittämistä koskevia pro gradu -tutkielmia löytyy pari kappaletta (Fickel 2017; Komenda 2011).

Tiettävästi ainoa varsinaisesti kiekonkäsittelytaitoa ja sen kehittämistä käsittelevä tutkimus on Starkin ym. (2009) tutkimus, jossa U12-U14-ikäiset jääkiekkoilijat harjoittelivat kuuden viikon ajan kiekonkäsittelytaitoaan joko tavallisella jääkiekolla (n = 21) tai tavallista painavammalla painokiekolla (n = 27). Painokiekolla harjoitellut ryhmä harjoitteli puolet harjoitteluajastaan alumiinisella 0,3 kg painavalla kiekolla ja puolet ruostumattomasta teräksestä valmistetulla 0,4 kg painoisella kiekolla. Painokiekkojen tavallisesta poikkeavaa materiaalia perusteltiin pienemmällä kitkalla. Painokiekot vastasivat muuten mitoiltaan tavallista 0,15–0,17 kg painoista vulkanoidusta kumista valmistettua jääkiekkoa. Kiekonkäsittelytaitoon suunnattuja harjoitteita

tehtiin kuuden viikon ajan 10–15 minuuttia kerrallaan kolmesti viikossa. Ryhmien sisäistä kehitystä tarkasteltaessa painokiekolla harjoitellut ryhmä kehittyi kiekonkäsittelytaidoissa tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) toisin kuin tavallisella kiekolla harjoitellut ryhmä, mutta ryhmien välisessä vertailussa ryhmien kehitys ei eronnut toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Sekä harjoittelu että testit suoritettiin jäällä. (Stark ym. 2009.) Kyseisessä tutkimuksessa käytetyt kiekonkäsittelytaidojen harjoitteet ovat esitettynä kuvassa 1.



KUVA 1. Starkin ym. (2009) esittämät jääkiekon kiekonkäsittelytaidojen harjoitteet. Katkoviivat kuvaavat kiekon reittiä ja yhtenäiset viivat suorittajan luistinten reittiä. (Mukailtu Stark ym. 2009.)

Fickel (2017) havaitsi pro gradu -tutkielmassaan, että kahdeksan harjoituksen ja neljän viikon mittainen kiekonkäsittelytaidojen harjoitusohjelma kehitti suoritusajalla mitattua kiekonkäsittely

taitoa, ja kehitys säilyi myös kaksi viikkoa harjoitusohjelman jälkeen suoritettuihin säilyvyystesteihin. Tutkimuksessa oli kaksi harjoitusryhmää, joiden kiekonkäsittelyharjoitussessiot kestivät 50 minuuttia. Toinen ryhmistä katsoi lisäksi 10 minuutin ohjeistus- ja demonstraatiovideot harjoitusten kiekonkäsittelyharjoitteista ennen harjoitussessioita. Tästä ei ollut lisähyötyä kiekonkäsittelytaidon kehittymiselle. Kontrolliryhmä osallistui vain mittauksiin ja jatkoi muuten tutkimusjakson ajan vain tavanomaista jääkiekon harjoittelu- ja ottelutoimintaansa ilman erillisiä kiekonkäsittelytaidon harjoituksia. Kontrolliryhmä ei saavuttanut tutkimusjakson aikana kiekonkäsittelytaidon kehitystä. Tutkittavat olivat noin 10-vuotiaita, ja harjoittelu sekä testaaminen tapahtui jäällä täydessä pelivarustuksessa. Luistellen tehtävä kiekonkäsittelyn harjoittelu ja testaaminen mahdollistavat liu'un ja vauhdikkaat pelinomaiset käännökset kiekon kanssa. (Fickel 2017.) Jos kuitenkin testi perustuu kovavauhtisille luistellen tehtäville käännöksille kiekon kanssa, mitanee se ennemminkin luistelun kuin kiekonkäsittelyn taitoa.

Komendan (2011) pro gradu -tutkielmassa kiekonkäsittelytaitoa harjoiteltiin ja mitattiin kiuvaalla maalla liukkaan kiekonkäsittelyyn tarkoitettun alustan päällä. Kiekonkäsittelyharjoitukset sisälsivät erilaisia paikallaan tehtäviä harjoitteita, joissa kiekkoa tuli käsitellä monipuolisesti. Harjoitukset sisälsivät muun muassa pitkää ja lyhyttä edestakaista käsittelyä sekä kahdeksikon muotoista kiekonkäsittelyä. Tutkittavista, jotka olivat yliopistotason naispelaajia, muodostettiin kaksi ryhmää, joista toinen harjoitteli yhteensä yhdeksän viikon mittaisella harjoitusjaksolla ensiksi kahdeksan harjoitussessiota rajoitetulla näkökentällä ja sitten kahdeksan harjoitussessiota normaalilla näkökentällä. Toinen harjoitusryhmä suoritti harjoitusasetelmat päinvastaisessa järjestyksessä. Kiekonkäsittelytaidon harjoituksia tuli siis yhteensä 16 kappaletta ja ne olivat 10 minuutin mittaisia työn ja levon suhteen ollessa 5:1. Kiekonkäsittelytaidon kehittymistä mitattiin harjoitusjakson välissä, ennen harjoitusasetelman vaihtumista, sekä harjoitusjakson jälkeen. Näin tutkittavat toimivat myös omina kontrolleinaan. Kiekonkäsittely kehittyi harjoittelun seurauksena, mutta näkökentän rajoittamisella tai harjoitusolosuhteiden järjestyksellä ei havaittu olevan siihen vaikutusta. (Komenda 2011.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että tavanomaisella kiekonkäsittelyharjoittelulla voidaan kehittää kiekonkäsittelyn taitoa ja että Fickelin (2017) ja Komendan (2011) pro gradu -tutkielmien perusteella merkitevin tekijä kiekonkäsittelytaidon kehittymisen taustalla on kiekonkäsittelyhar-

joittelun toistot. Jääkiekon pelitilanteissa yksittäisten pelaajien kiekonkäsittelymäärä jää pieneksi (Seppänen 2019; Seppänen 2020), eikä tavanomainen jääkiekon harjoittelu- ja ottelutoiminta riitä tehokkaasti kehittämään kiekonkäsittelytaitoa, mistä merkinä kontrolliryhmä ei kehittynyt kiekonkäsittelytaidoissa Fickelin (2017) pro gradu -tutkielmassa. Kuvailevista ohjeista ja demonstraatioista (Fickel 2017) tai näkökentän rajoittamisesta (Komenda 2011) ei näytä olevan lisähyötyä kiekonkäsittelytaidon kehittymiselle. Sen sijaan differentiaalioppimisen mukainen välinemanipulaatio voi tehdä harjoitustoistoista oppimisen kannalta tehokkaampia (Stark ym. 2009). Lisää näyttöä välinemanipulaation avulla toteutetun differentiaalioppimisen hyödyistä antaa vastaavat löydökset maahockeyyn kuljettamistaidon kehittämiseen liittyen (Brocken ym. 2020).

5.3 Kiekonkäsittely- ja kuljettamistaidon mittaaminen

5.3.1 Kuljettamistaidon mittaaminen muissa lajeissa

Yleisesti yli lajirajojen kuljettamistaitoa on mitattu pitkälti kuljettamisnopeuden kautta, sillä kuljettamisnopeus tarjoaa kvantitatiivisesti mitattavan ja objektiivisen mittarin kuljettamistaidolle. Esimerkiksi Suomessa jalkapallon taitokisoissa kuljettamistaidon mittarina käytetään kuljettamisaikaa radalla, joka sisältää sekä suoraviivaista kuljettamista että pujottelua (Vänttinen ym. 2010). Kuljettamisnopeus on useissa tutkimuksissa osoittautunut validiksi mittariksi kuljettamistaidolle. Esimerkiksi jalkapallossa kuljettamisnopeuden on havaittu olevan yhteydessä pelaajan tasoon (Rebelo ym. 2013; Reilly ym. 2000; Waldron & Murphy 2013). Lisäksi sen on havaittu ennustavan ammattilaiseksi pääsemistä jalkapalloilijana (Huijgen ym. 2009) sekä tulevaa maalintekotehokkuutta jalkapallossa (Wilson ym. 2020; Wilson ym. 2019).

Jotta kuljettamisnopeutta voitaisiin mitata irrallaan etenemisnopeudesta, on otettu käyttöön kuljettamisvajeen (engl. dribble deficit) mittaaminen. Kuljettamisnopeutta eristetympänä mittarina sen pitäisi olla vielä kuljettamisnopeuttakin tarkempi kuljettamistaidon mittari. Kuljettamisvaje saadaan kuljettamisajan ja ilman kuljettamista edetyn suoritusajan erotuksesta. (Conte ym. 2020; Lemmink ym. 2004; Ramirez-Campillo ym. 2019; Scanlan ym. 2018; Tapsell ym. 2020.)

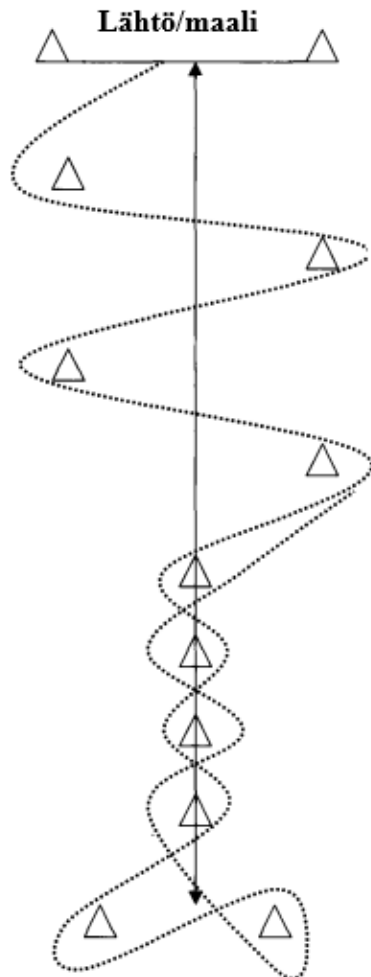
Usein kuljettamisnopeuden mittaamiseen kehitetyt radat pohjautuvat kartioiden tai muiden merkkien pujotteluun tai kiertämiseen (Tapsell ym. 2020; Lemmink ym. 2004), mutta ne voivat olla myös esimerkiksi sukkulamallisia, jolloin kuljettaminen tapahtuu edestakaisin viivalta toiselle (Lemmink ym. 2004). Kuljettamisradat voivat koostua erilaisista osista, kuten pujottelevasta ja suoraviivaisesta osasta (Tapsell ym. 2020). Kuljettamisen vaatimukset eri lajeissa eroavat toisistaan, joten kuljettamisrataa suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon kyseessä olevan lajin vaatimukset.

Tapsell ym. (2020) kehittivät maahockeypelaajille kuljettamisradan käyttäen apunaan lajianaalysejä ja lajivalmentajien konsultaatiota. Radan suoritusnopeutta mitattiin yhden valonsäteen valokennoin toimivilla ajanottoporteilla. Lähdön ja maalin lisäksi radan keskelle oli asetettu yksi ajanottoportti, joka jakoi radan kahteen osaan. Ensimmäinen osa koostui kartioiden ja ketteryyseipäiden kiertämisestä ja toinen osa radasta oli suoraviivaista etenemistä. Tutkittavat suorittivat radan sekä pelivälineen kanssa että ilman pelivälinettä, jotta kuljettamisvaje saatiin määritettyä. Ilman pelivälinettä tehdyissä suorituksissa tutkittavat kuljettivat pelkästään maalaansa kuljettamisradan esteitä kiertäen. Kyseinen kuljettamisrata havaittiin validiksi kuljettamistaidon mittariksi kuljettamisvajeiden ja kuljettamisaikojen perusteella, sillä niiden havaittiin erottelvan tutkittavat toisistaan pelitason mukaan. Myös molemmat radan osat erikseen tarkasteltuna osoittautuivat valideiksi mittaamaan kuljettamistaitoa. Testi-uusintatesti-arvioinnissa kuljettamisvajeiden ja kuljettamisaikojen sisäkorrelaatiot (engl. intraclass correlation coefficient) olivat 0,84 ja 0,81, osoittaen riittävää reliabiliteettia ($> 0,80$). Ilman kuljettamistehtävää suoritettujen suoritusajojen ajat eivät kuitenkaan osoittaneet riittävää sisäkorrelaatiota. (Tapsell ym. 2020.)

5.3.2 Kiekonkäsittelytaidon mittaaminen jääkiekossa

Myös jääkiekossa kiekonkäsittelytaitoa on mitattu lähinnä kiekonkäsittelynopeuden kautta (Fickel 2017; Lawrie 2014; Komenda 2011; Stark ym. 2009) ja kovempitasoisten pelaajien on osoitettu suoriutuvan huomattavasti nopeammin tarkkuutta vaativasta kiekonkäsittelytestissä kuin heikompitasoisten pelaajien (Lawrie 2014). Kuvassa 2 on esimerkkinä Starkin ym. (2009) jääkiekkoilijoiden kiekonkäsittelytaidon mittaamiseen käyttämä testirata. Testit tehtiin jäällä

luistellen täydessä pelivarustuksessa tavallisella jääkiekolla. Kiekonkäsittelytaidon mittarina käytettiin testiradan suoritusaikaa (Stark ym. 2009).



KUVA 2. Starkin ym. (2009) esittämä kiekonkäsittelyrata. Yhtenäinen viiva kuvastaa suorittajan kehon reittiä ja katkoviiva kiekon reittiä. (Mukailtu Stark ym. 2009.)

Fickelin (2017) pro gradu -tutkielmassa kiekonkäsittelytaidon testit tehtiin niin ikään jäällä täydessä pelivarustuksessa tavallisella jääkiekolla ja kiekonkäsittelytaidon mittarina käytettiin testien suoritusaikaa sekä asiantuntijan arvioimia virhepisteitä, jollaisiksi laskettiin pienetkin kiekon karkaamiset tai pyörimiset sekä suorittajan tai kiekon osuminen radan esteisiin. Kiekonkäsittelytaidon testejä oli yhteensä viisi erilaista ja niistä kaikista mitattiin erikseen suoritus aika

sekä virhepistemäärä. Lisäksi laskettiin testien yhteenlaskettu suoritus aika sekä virhepistemäärä. Tilastollisesti merkitsevää kehitystä saatiin aikaan vain suoritusajoilla mitattuna. (Fickel ym. 2017.)

Komendan (2011) pro gradu -tutkielmassa kiekonkäsittelytaitoa mitattiin kuivalla maalla kiekonkäsittelyyn tarkoitettun liukkaan alustan päällä tavallisella jääkiekolla. Mittaukset koostuivat useista testeistä, joissa kiekkoa piti käsitellä tietyn mallin mukaisesti, ja kiekonkäsittelytaidon mittarina pidettiin tietyssä aikarajassa suoritettuja onnistuneita suorituksia. Testit sisälsivät edestakaista käsittelyä sekä kahdeksikon muotoista käsittelyä ja niitä tehtiin täydellä näkökentällä sekä näkörajoitteella, sillä näkörajoiteharjoittelu oli yksi tutkimuksen pääteemoista. Lisäksi lähtötesteissä tehtiin kiekonkäsittelytestit myös kognitiivisen lisähaasteen kanssa, jollaisena toimi samaan aikaan kiekonkäsittelyn kanssa suoritettava päässälaskutehtävä. Tällä pyrittiin määrittämään tutkittavien taidon hallitsemisen tasoa, eli sitä, kuinka automatisoituneella tasolla taito on. (Komenda 2011.)

6 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEESEIT

Kiekonkäsittelytaito on jääkiekossa tärkeä taito, mutta sen kehittämistä on tutkittu hyvin niukasti. Tavanomainen jääkiekon joukkueharjoittelu- ja ottelutoiminta ei välttämättä riitä kehittämään kiekonkäsittelytaitoa tehokkaasti (Fickel 2017). Kiekonkäsittelyyn suunnatuilla harjoitteilla taataan riittävä määrä toistoja kiekonkäsittelytaidon kehittymiseen (Fickel 2017; Komenda 2011). Etenkin vaihtelevuuden periaatteen huomioivalla kiekonkäsittelytaidon harjoittelulla on kyetty kehittämään kiekonkäsittelyä merkittävästi (Stark ym. 2009). Myös esimerkiksi maahockeyyn kuljettamistaidon on osoitettu kehittyvän merkittävästi enemmän vaihtelevuuden periaatteen mukaisella harjoittelulla kuin tavallisella harjoittelulla (Brocken ym. 2020). Molemmissa esimerkeissä vaihtelevuuden elementti tuotiin harjoitteluun pelivälinettä manipuloimalla (Brocken ym. 2020; Stark ym. 2009).

Vaihtelevuuden periaatteen hyödyistä motoriselle oppimiselle on kattavasti näyttöä (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005). Sen mukaisesta taitoharjoittelusta voidaan käyttää myös nimitystä differentiaalioppiminen (Kallaja 2016; Mohammadi Orangi ym. 2021; Rico-Gonzales ym. 2022). Harjoitteluun lisätyt hetkellisestä suorituskyykyä haastavat tekijät, kuten vaihtelevuus, edistävät erityisesti pitkän aikavälin oppimista ja taidon säilymistä (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Lee ym. 2014; Schmidt & Björk 1992; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991). Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarkastella, miten pelivälinemanipulaatiolla aikaansaatu differentiaalioppiminen kiekonkäsittelytaidon harjoitteissa vaikuttaa lapsijääkiekkoilijoiden kiekonkäsittelytaidon kehittymiseen ja kehityksen säilymiseen.

Tutkimuskysymys 1: Onko kiekonkäsittelytaidon harjoitusinterventioihin osallistuvien pelivälinemanipulaatioryhmän ja tavanomaisella muuttumattomalla pelivälineellä harjoittelevan ryhmän sekä tavallista lajiharjoitteluaan jatkavan kontrolliryhmän kiekonkäsittelytaidon kehittämisessä eroja harjoitusjakson aikana?

Hypoteesi 1: Oletettavasti sekä pelivälinemanipulaatioryhmän että muuttumattoman pelivälineen ryhmän jäsenet kehittyvät kiekonkäsittelytaidoissa, sillä he suorittavat kiekonkäsittelytaidon harjoitusintervention (Fickel 2017; Komenda 2011). Kontrolliryhmä jatkaa tavanomaista lajiharjoitteluaan, missä ei välttämättä tule riittävästi kiekonkäsittelytaidon toistoja kehittämään kiekonkäsittelytaitoa tilastollisesti merkitsevästi tutkimusjakson aikana (Fickel 2017). Pelivälinemanipulaatioryhmän oletetaan saavan lisähyötyä pelivälinemanipulaatiosta ja kehittyvän siksi muuttumattoman pelivälineen ryhmää enemmän (Brocken ym. 2020; Stark ym. 2009).

Tutkimuskysymys 2: Onko kiekonkäsittelytaidon pelivälinemanipulaatioharjoittelulla ja muuttumattomalla pelivälineellä tapahtuvalla harjoittelulla saavutetun kehityksen säilyvyydessä eroja?

Hypoteesi 2: Pelivälinemanipulaatioryhmän oletetaan pärjäävän muuttumattoman pelivälineen ryhmää paremmin säilyvyydestessään. Tämä perustuu siihen, että harjoitteluun lisätyt hetkellistä suorituskykyä haastavat tekijät, kuten vaihtelevuus, joka pakottaa vaihtelevien mutta toisiaan lähellä olevien suoritusten tekemiseen, edistävät pitkän aikavälin oppimista ja taidon säilymistä (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Lee ym. 2014; Schmidt & Björk 1992; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991).

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Tutkittavat

Tutkittavat olivat lapsijääkiekkoilijoita 9–14-ikävuoden väliltä. Tutkimukseen osallistui yhteensä neljäkymmentäneljä (n = 44) lapsijääkiekkoilijaa, joiden joukossa oli yksi tyttö ja 43 poikaa. Tutkittavat rekrytoitiin yhden jääkiekkoseuran U11-U14-ikäluokkien (alle 11-vuotiaiden – alle 14-vuotiaiden) joukkueista. Tutkimuksen sisäänottokriteerinä oli, että harrastaa jääkiekkoa kyseisissä joukkueissa, sijoittuu iältään 9–14-vuoden ikähaarukalle ja on kykenevä osallistumaan harjoitteluun ja testeihin. Tutkittavien poissulkukriteerinä oli akuutti sairastuminen tai muu harjoitteluun tai testeihin osallistumisen estävä syy. Interventioharjoitusten suorituspäätökseksi asetettiin 80 %, jotta tutkittavan tuloksia voitaisiin käyttää tutkimuksessa.

Tutkittavat jaettiin kolmeen ryhmään, joista kaksi suoritti kiekonkäsittelytaidon harjoitusintervention ja yksi oli passiivinen kontrolliryhmä, joka jatkoi vain tavanomaista lajiharjoittelua intervention ajan. Tutkittavien jako ryhmiin tapahtui siten, että kyseisen seuran U13-U14-juniorien harjoitusryhmä muodosti passiivisen kontrolliryhmän ja U11-U12-juniorien harjoitusryhmän jäsenet vertaistettiin tutustumiskerran kuljettamisnopeuksien mukaan kahteen interventioryhmään (kaksi nopeinta eri ryhmiin, kaksi hitainta eri ryhmiin jne.). Interventioryhmistä toinen oli pelivälinemanipulaatioryhmä ja toinen oli muuttumattoman pelivälineen ryhmä. Molemmat interventioryhmät suorittivat keskenään saman määrän samoja harjoitteita ainoastaan sillä erotuksella, että pelivälinemanipulaatioryhmä toteutti harjoittelun vaihtelevilla pelivälineillä, kun taas muuttumattoman pelivälineen ryhmä käytti läpi harjoittelun vain kuivaharjoittelukiekkoa (Green Biscuit Original). Jako ryhmiin tapahtui edellä esitetyllä tavalla, koska interventioharjoittelu tapahtui osana U11-U12-treeniryhmän joukkueharjoittelua. Koska saman treeniryhmän jäsenille täytyi tarjota sama määrä valmennusta, muodostui passiivinen kontrolliryhmä kokonaan toisesta treeniryhmästä. Passiiviseksi kontrolliryhmäksi valikoitui saman seuran U13-U14-juniorit, koska saman ikäisiä verrokkeja ei tutkimukseen löytynyt ja U13-U14-treeniryhmällä oli samanlainen lähtötaso U11-U12-treeniryhmän pelaajien kanssa. U11-U12-treeniryhmän jäsenet saivat osallistua osana joukkueharjoituksia pidettäviin kiekonkäsittelytaidon interventioharjoituksiin riippumatta siitä, osallistuivatko he tutkimukseen vai eivät.

Lopulta tutkimuksen suoritti loppuun 28 tutkittavaa (14 pelivälinemanipulaatioryhmän jäsentä, 8 muuttumattoman pelivälineen ryhmän jäsentä ja 6 kontrolliryhmän jäsentä). Keskeytykset johtuivat esteestä osallistua mittauskertoihin tai niitä korvaaviin kertoihin tai siitä, että interventioyryhmiin kuuluneet tutkittavat olivat estyneitä suorittamaan riittävää määrää (vähintään 80 %) interventioon kuuluneista harjoituksista tai niitä korvanneista harjoituksista.

Tutkittavia ja heidän vanhempiaan tiedotettiin asianmukaisesti tutkimukseen liittyvistä seikoista ennen tutkimuksen aloittamista. Tutkimukselle myönnettiin puoltava lausunto Jyväskylän Yliopiston ihmistieteiden tutkimuseettiseltä toimikunnalta.

7.2 Tutkimuksen kulku

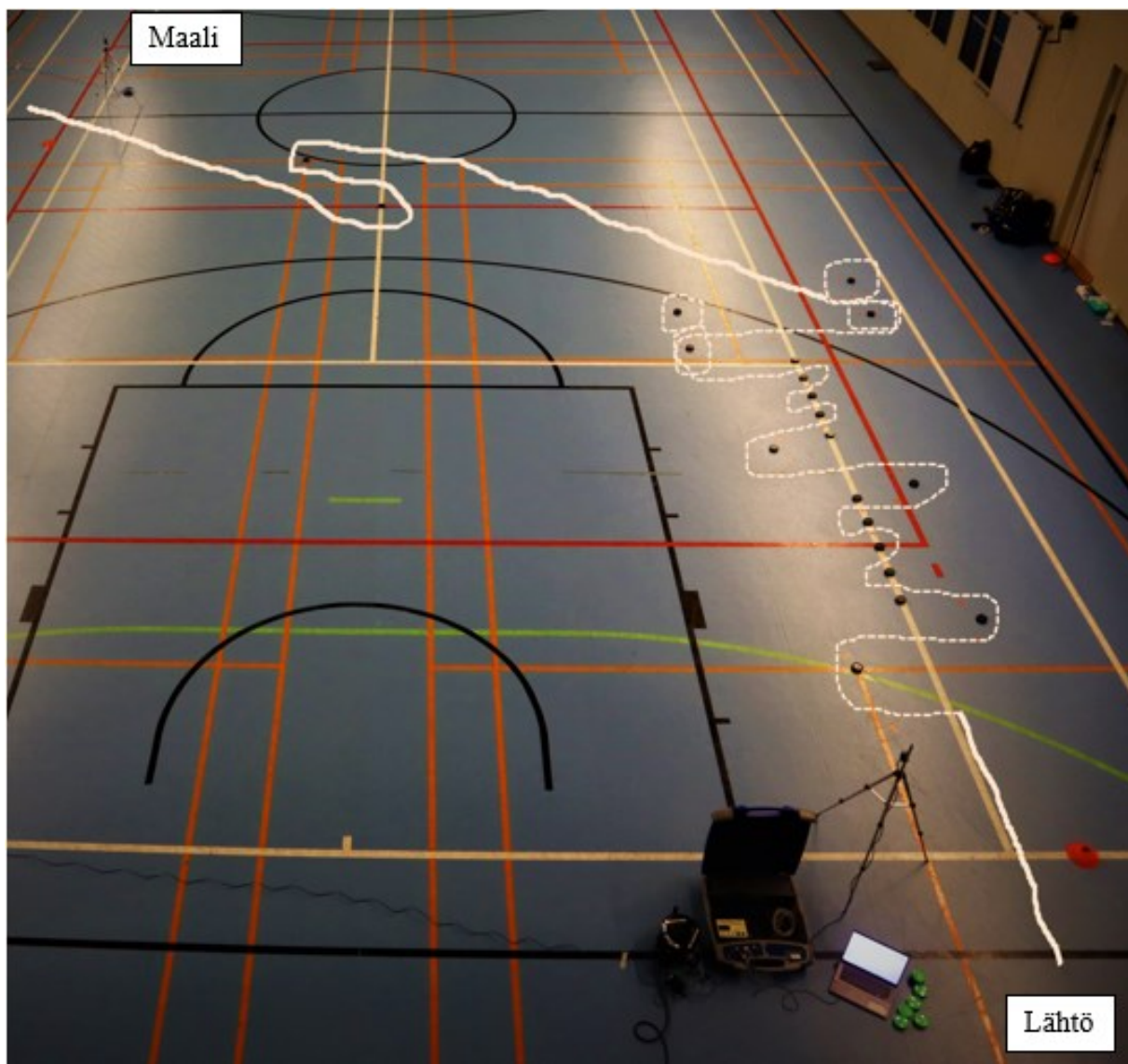
Kiekkokäsittelytaitoa mitattiin kiekkokäsittelytaidon testiradalla. Tutkittavilla oli tutkimusjakson aikana yhteensä neljä mittaussessiota testiradalla. Ensimmäinen kerta oli tutustumiskerta, joka pidettiin viikko (7 päivää) ennen alkutestejä. Alkutestien jälkeen suoritettiin kahdeksan viikon (56 päivää) mittainen harjoitusinterventio, jonka jälkeen suoritettiin lopputestit. Lopputestien jälkeen suoritettiin vielä taidon säilyvyydestä kolme viikkoa (21 päivää) intervention päättymisestä. Tutkittavat jatkoivat intervention jälkeen ennen taidon säilyvyydestä tavallista joukkueharjoitteluaan ilman erillisiä kiekkokäsittelytaidon harjoitteita.

Tutkimus suoritettiin COVID-19-pandemian aikana ja useat karanteenit ja sairastumiset sekoittivat aikatauluja, jolloin aikatauluissa jouduttiin tekemään yksilökohtaisia poikkeuksia. Kunkin tutkittavan toteutuneet aikataulut ovat esitettynä liitteessä 1.

7.2.1 Kiekkokäsittelytaidon testirata

Kiekkokäsittelytaidon testissä mitattiin suoritusaikaa tekniikkaradassa (kuva 3), jossa tuli kiertää rataa merkkejä lattiaan teipillä kiinnitetyjä jääkiekkoja pelivälinettä kuljettaen sekä ilman pelivälinettä mailan lapaa testiradalla kuljettaen (kuva 4). Näiden suoritusaikojen erotuksesta saatiin laskettua myös kiekkokäsittelyn aiheuttama viive etenemiseen, jota kutsutaan kuljettamisvajeeksi. Kiekkokäsittelytaidon testirata oli suunniteltu yhdessä tutkimukseen osallistuvien

joukkueiden lajivalmentajien kanssa. Rata sisälsi samanlaisia elementtejä kuin Starkin ym. (2009) kehittämää kiekonkäsittelytaidon testirata sisältäen pienempää ja laajempaa kiekonkäsittelyä sekä kahdeksikon muotoista kiekonkäsittelyä. Kiekonkäsittelylle ominaisesti iso osa radasta suoritettiin siten, että pelivälineen tai pelaajan lavan täytyi kiertää merkkikiekot, mutta pelaajan jalkojen ei täytynyt kiertää niitä (Stark ym. 2009).

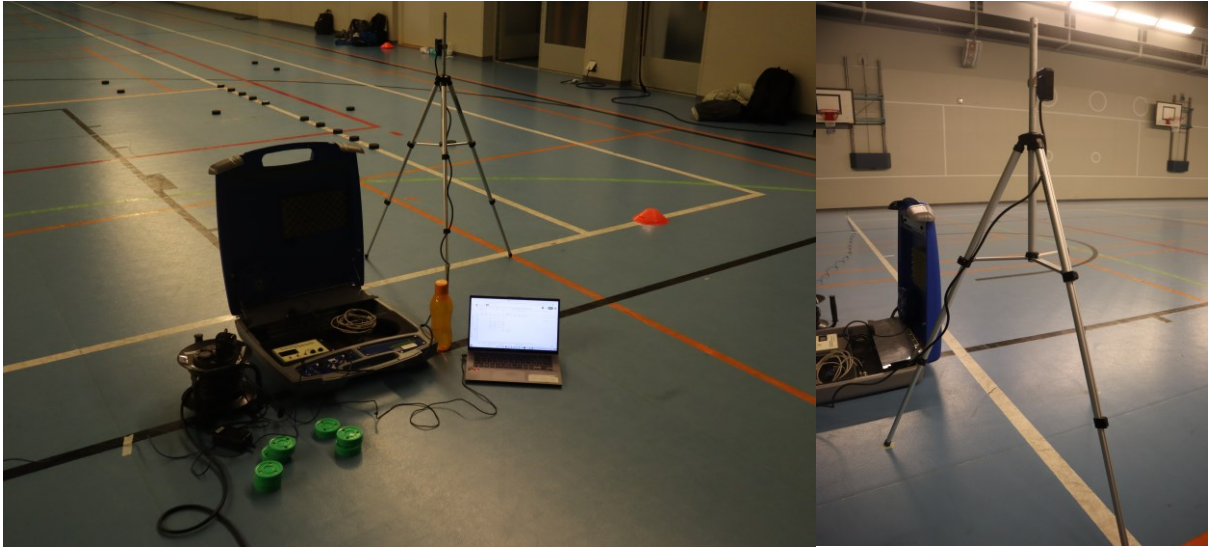


KUVA 3. Kiekonkäsittelytaidon radan suorittaminen. Katkoviivalla merkityllä osuudella riitti, että peliväline, tai ilman pelivälinettä tehtävissä suorituksissa mailan lapa, kiersi merkkikiekot. Yhtenäisellä viivalla merkityllä osuudella myös jalkojen täytyi kiertää merkkikiekot.

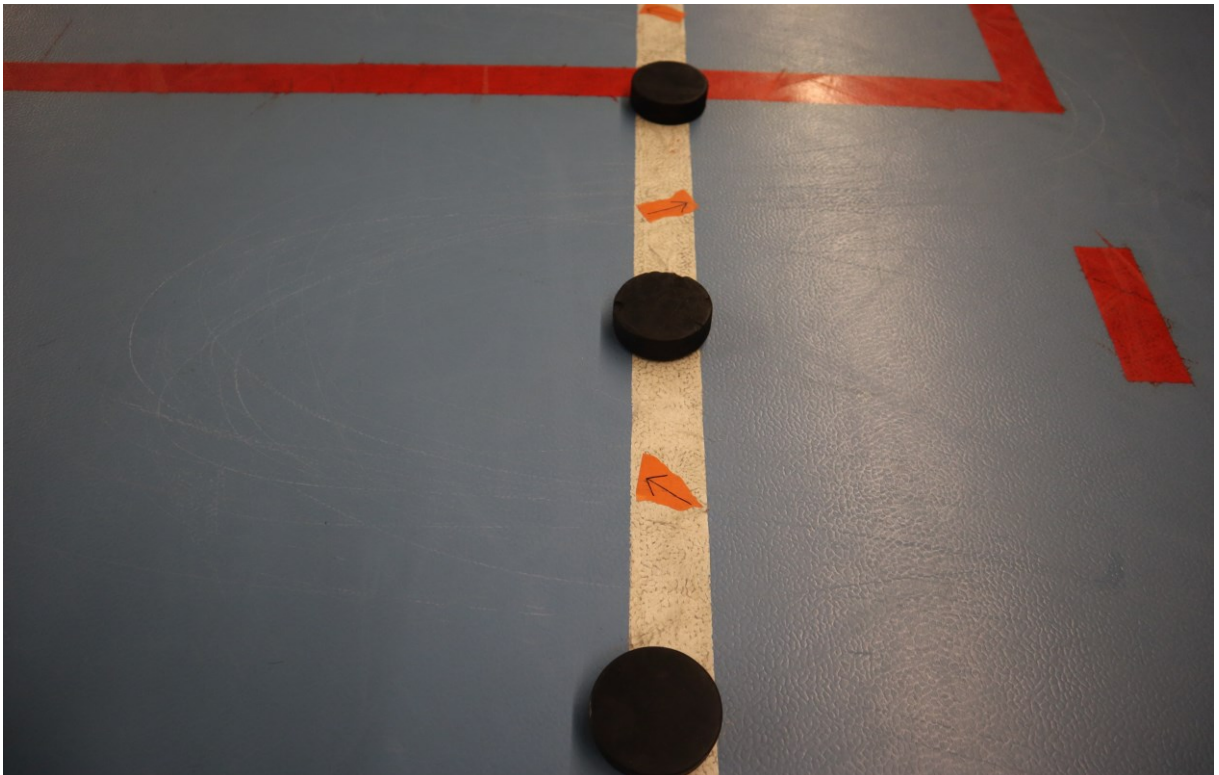


KUVA 4. Vasemmalla kuvattuna radan suorittaminen pelivälineen kanssa ja oikealla radan suorittaminen ilman pelivälinettä.

Suoritusajat mitattiin ajanottoporteilla, joissa yhden valonsäteen valokennot olivat asetettuina metrin korkeuteen (kuva 5), jotta kädessä oleva maila ei aiheuttaisi ajanottoon häiriötä. Pelivälineen tai mailan lavan reitti ja kulkusuunta radalla oli merkattu lattiaan nuolilla varustetuilla teippimerkinnöin (kuva 6). Niiden tarkoituksena oli varmistaa, ettei tutkittava poikkeais radan määrättyiltä reitiltä ja että tutkittava löytää helposti takaisin reitille ja oikeaan kulkusuuntaan, tilanteissa, joissa peliväline karkaa tai meinaa karata.



KUVA 5. Vasemmalla kuvattuna ajanottoportti, siihen yhdistetty ajanottojärjestelmä ja tietokone, jolla tulokset kirjattiin. Oikealla näkyy valonottoportissa metrin korkeuteen kiinnitetty valokenno.



KUVA 6. Pelivälineen ja mailan reittiä ohjaamaan oli lattiaan laitettu teipinpalat, joihin oli piirretty kulkusuuntaa kuvaavat nuolet.

Ilman pelivälinettä tehtävät suoritukset tehtiin ensin ja tämän jälkeen rata suoritettiin pelivälinettä kuljettaen. Molemmissa yrityksiä oli kaksi. Jos jommassakummassa testimuodossa ei saatu kahdella yrittämällä yhtään hyväksytyä tulosta, sai tutkittava vielä kolmannen yrityksen. Suorituksista parhaat jäivät voimaan myöhemmissä analyyseissä käytettäviksi. Jos radalla oikaistiin ja peliväline tai mailan lapa jäi kuljettamatta jostain välistä, suoritus hylättiin. Suorituksen välille tuli palautusaikaa aina 2–5 minuuttia, jotta fyysinen väsymys ei vaikuttaisi tuloksiin, mutta lihakset pysyisivät kuitenkin lämpimänä. Kaikki neljä mittaussessiota (tutustumiskerta, alku-, loppu- ja säilyvyytestit) suoritettiin samalla protokollalla. Ennen jokaista sessiota suoritettiin sama noin 10 minuutin kestoinen lämmittely, jossa hölkättiin kenttää ympäri mailalla pelivälinettä kuljettaen 5 minuuttia, sekä tehtiin erilaisia ohjattuja lämmittelyharjoitteita noin 5 minuuttia. Lämmittelyn päätteeksi tutkittaville ohjeistettiin sekä näytettiin testiradan suorittaminen, jonka jälkeen he kulkivat kävellen testiradan läpi mailan lapaansa radan reittiä pitkin kuljettaen. Testit suoritettiin liikuntasalissa ja pelivälineenä käytettiin kuivaharjoittelukiekkoa (Green Biscuit Original).

Mitat kuvassa 3 näkyvän testiradan kokoamiseen. Yhden valonsäteen ajanottoportin valokennon sekä merkkikartion muodostama lähtöviiva oli leveydeltään 107 cm. Tutkittavat lähtivät liikkeelle teippimerkinnän takaa, joka oli asetettu 70 cm lähtöviivan taakse. Ensimmäinen merkkikiekko oli lähtöviivan keskipisteestä 150 cm eteenpäin ja 54 cm vasemmalle. Seuraava merkkikiekko oli tästä 108 cm oikealle ja 50 cm eteenpäin. Tästä 54 cm vasemmalle ja 20 cm eteenpäin alkoi viiden merkkikiekon jono, jotka olivat 30 cm päässä toisistaan. Näistä seuraava merkkikiekko oli viiden kiekon jonon viimeiseltä kiekolta 54 cm oikealle ja 20 cm eteenpäin. Seuraava merkkikiekko oli asetettu tästä 108 cm vasemmalle ja 50 cm eteenpäin. Tästä 54 cm oikealle ja 20 cm eteenpäin alkoi jälleen viiden 30 cm etäisyydellä toisistaan olevan merkkikiekon jono. Jonon viimeiseltä kiekolta oli 100 cm vasemmalle ja 20 cm eteenpäin seuraavalle merkkikiekolle. Tästä seuraava merkkikiekko oli suoraan 70 cm eteenpäin, sitä seuraava merkkikiekko oli suoraan 200 cm oikealle ja sitä seuraava merkkikiekko jälleen suoraan 70 cm eteenpäin. Tästä seuraava merkkikiekko oli 510 cm vasemmalle ja 172 cm eteenpäin. Tästä seuraava merkkikiekko oli 99 cm vasemmalle ja 135 cm eteenpäin. Tältä merkkikiekolta oli 357 cm vasemmalle ja 65 cm eteenpäin merkkikartiolle, joka muodosti 107 cm levyisen maaliviivan yhdessä valokennon kanssa, joka oli merkkikartiolta 97 cm eteenpäin ja 45 cm oikealle. Kaikki mitat on laskettu merkkikiekkojen ja -karttioiden keskipisteistä.

7.2.2 Kiekonkäsittelytaidon harjoitusinterventiot

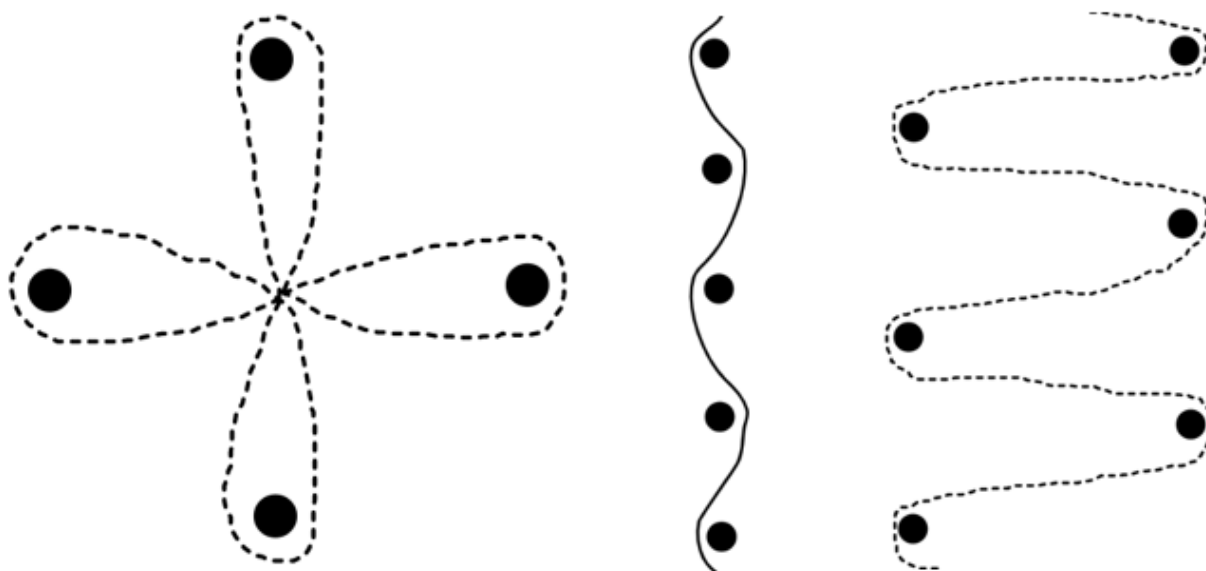
Sekä pelivälinemanipulaatioryhmällä että muuttumattoman pelivälineen harjoitusryhmällä harjoitusinterventio kesti 8 viikkoa. Yksittäisten tutkittavien aikatauluasteiden takia intervention kesto vaihteli kuitenkin hieman yksilöittäin (liite 1). Kaikille tutkittaville ohjelmoitiin joka tapauksessa sama määrä harjoittelua harjoitusjakson aikana; 24 harjoitussessiota, jotka kestivät 20 minuuttia ja joiden tehokas harjoittelu-aika oli 18 minuuttia. Harjoitusjakson loppuun vähintään 20 harjoitussessiota täytyi olla suoritettuna, jotta ennalta määritelty 80 prosentin osallistumisprosentti harjoituksiin täyttyisi. Lähtökohtaisesti harjoittelu tapahtui ohjatusti osana joukkueharjoittelua. Poissaolot pyrittiin korvaamaan ensisijaisesti poissaolleille järjestettyinä ylimääräisinä ohjattuina harjoitussessioina joukkueen harjoitustapahtumissa, ja tarvittaessa tutkitavat suorittivat korvaavia harjoitussessioita myös omatoimisesti harjoitellen. Harjoittelu tapahtui jään ulkopuolella.

Interventioryhmät suorittivat keskenään saman määrän samoja harjoitteita – ainoana erotuksena oli se, että pelivälinemanipulaatioryhmä käytti harjoituksissaan kolmea eri pelivälinettä; Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekkoa, salibandypalloa ja reaktiopalloa (kuva 7), ja kolmasosa harjoittelusta tehtiin kullakin välineellä. Muuttumattoman pelivälineen harjoitusryhmä käytti harjoittelussaan ainoastaan Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekkoa. Passiivinen kontrolliryhmä jatkoi interventiojakson ajan vain tavallista joukkueharjoitteluaan.



KUVA 7. Kuvassa vasemmalla Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekko, keskellä salibandypallo ja oikealla reaktiopallo.

Harjoitussessiot koostuivat kolmesta erillisestä harjoitteesta, jotka olivat suunniteltu tutkimukseen osallistuvien joukkueiden valmentajien kanssa (kuva 8). Yhdessä harjoitteista (vasemmalla kuvassa 8) suorittaja seisoi keskellä neljästä merkkikiekosta muodostettua neliötä ja kuljetti mailallaan pelivälinettä vuorotellen kunkin merkkikiekon ympäri, koko ajan neliön keskellä seisten. Toisessa harjoitteessa (keskellä kuvassa 8) suorittaja pujotteli jonossa olevia merkkikiekkoja siten, että sekä peliväline että suorittaja itse kulkivat merkkikiekkojen muodostamista väleistä. Kolmannessa harjoitteessa (oikealla kuvassa 8) oli kahdessa jonossa merkkikiekkoja limittäin, ja suorittajan täytyi kuljettaa pelivälinettä näiden ympäri, mutta suorittajan itsensä ei täytynyt kiertää merkkikiekkoja.



KUVA 8. Interventioharjoitteet. Katkoviiva kuvaa pelivälineen reittiä, kun taas yhtenäinen viiva kuvaa sekä pelivälineen että suorittajan jalkojen reittiä.

Harjoitteita suoritettiin yhtäjaksoisesti kaksi minuuttia kerrallaan ja vuorotellen kutakin yhteensä kolme kierrosta, jolloin aktiiviseksi työajaksi muodostui 18 minuuttia. Pelivälinemanipulaatioryhmä suoritti harjoitussessioissa aina yhden kierroksen kullakin kolmesta pelivälineestä.

7.3 Mittauslaitteisto ja harjoitusvälineet

7.3.1 Mittauslaitteisto

Suoritusajat kiekonkäsittelytaidon testiradalla mitattiin yhden valonsäteen valokennoilla, joissa ei ollut heijastinvastinkappaletta, vaan valonsäteen kantama oli säädetty noin metriin (kyseiset valokennot on valmistettu Jyväskylän yliopistolla yliopiston omaan käyttöön). Valokennoihin oli kiinnitetty ajanottojärjestelmä, joka käynnisti ja pysäytti ajan valonsäteen katketessa.

7.3.2 Harjoitusvälineet

Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekkko. Jään ulkopuolella tehdyissä kiekonkäsittelytaidon testiradassa ja harjoituksissa käytetty Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekkko on suunniteltu käyttäytymään kitkaisemmalla alustalla kuten tavallinen jääkiekko käyttäytyisi jäällä. Green Biscuit Original on suunniteltu erityisesti kiekonkäsittely-, kuljettamis- ja syöttöharjoituksiin. Sen kaksoisrakenteen (kuva 9) ansiosta se pysyy tasaisena ja liukuu kitkaisemmalla alustalla, eikä nouse pystyyn ja lähde vierimään, kuten tavallinen kiekko kuivalla maalla helposti tekisi. (Green Biscuit 2022.)



KUVA 9. Vasemmalta päin katsottuna ensin on kuvattu Green Biscuit Original -kuivaharjoittelukiekko kaksoisrakente kiinni ja toisena vasemmalta kaksoisrakente auki. Kaksoisrakente voi myös aueta toispuoleisesti (kolmas vasemmalta) tai sen kaksi osaa voivat liukua hieman limittäin (neljäs vasemmalta). Nämä muutokset kaksoisrakenteen kahden osan välillä tapahtuvat painovoiman ja muiden kiekkoon kohdistuvien voimien (kuten mailan kosketusten) vaikutuksesta. Niiden avulla kiekko pysyy vakaana alustalla.

Tavallinen jääkiekko on painoltaan 156–170 g, halkaisijaltaan 7,6 cm ja paksuudeltaan 2,5 cm (IIHF 2021, 55). Green Biscuit Originalin on halkaisijaltaan saman kokoinen kuin virallinen jääkiekko, mutta painoltaan hieman kevyempi – 130 g. Kaksoisrakenteen myötä Green Biscuit Originalin paksuus vaihtelee 2,3–2,7 cm välillä kaksoisrakenteen asennosta riippuen.

Hieman epäselvää on, miksi valmistaja on tehnyt Green Biscuit Originalista jonkin verran virallista jääkiekkoa kevyemmän. Syy liittyyneen kuitenkin siihen, että Green Biscuit Original on kehitetty vastaamaan tavallisen kiekon jäätuntumaa kuivalla ja kitkaisemmalla maalla harjoiteltaessa. Tällöin hieman pienempi paino yhdistettynä suurempaan kitkaan saanee Green Biscuit Originalin tuntumaan kuivalla maalla mahdollisimman samanlaiselta kuin tavallinen kiekko tuntuu jäällä.

Salibandypallo. Salibandypallo painaa 22–24 g ja on halkaisijaltaan 7,1–7,3 cm (IFF 2006, 13). Pelivälinemanipulaatioryhmä toteutti kolmasosan harjoittelustaan salibandypallolla. Salibandypallon tarkoituksena oli tuoda vaihtelua harjoitteluun selvästi kevyempänä pelivälineenä, jota täytyi käsitellä herkemällä kosketuksella, jotta pallo ei karkaisi. Näin ollen salibandypallo haastoi kuljettamisen ja välineenkäsittelyn herkkyyttä ja hienomotoriikkaa.

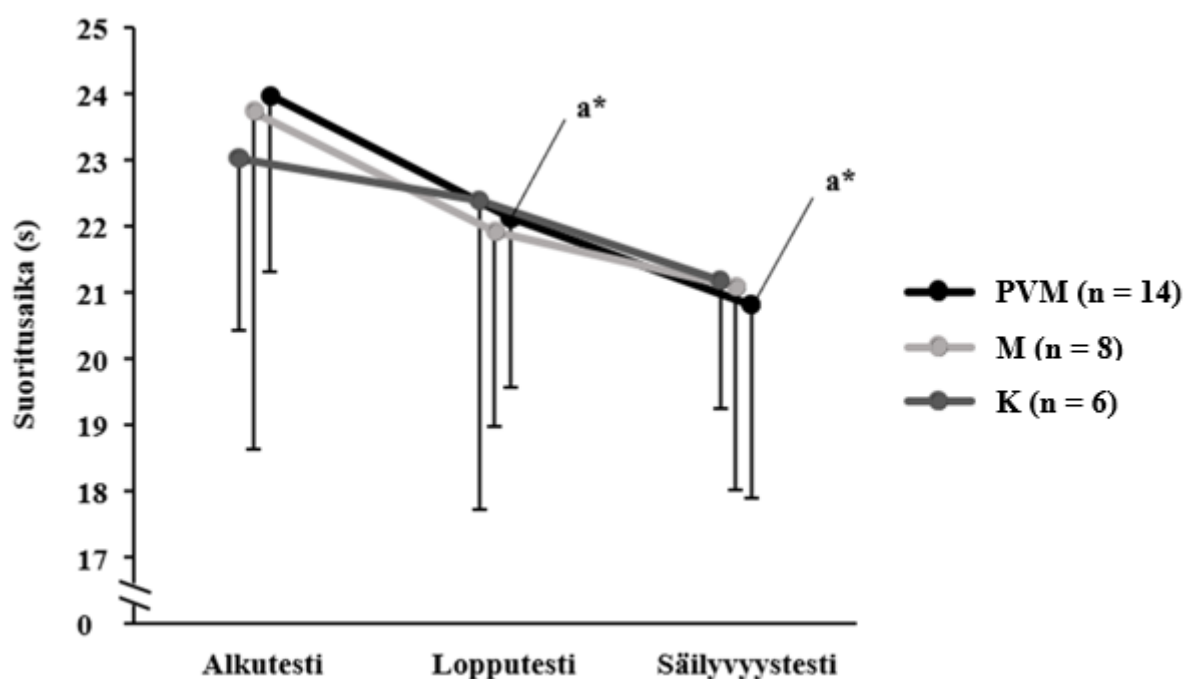
Reaktiopallo. Harjoittelussa käytetyt reaktiopallot olivat 7 cm halkaisijaltaan ja painoivat 119 g. Reaktiopallo on pinnaltaan kimmoisa ja siinä olevat ulokkeet saavat sen liikkumaan epäsäännöllisesti kimpoillen, eikä se täten vieri tasaisesti. Reaktiopallon tarkoitus pelivälinemanipulaatioharjoittelussa oli haastaa reagointia pelivälineen arvaamattomiin liikkeisiin ja antaa harjoitusta tilanteisiin, joissa peliväline meinaa karata tai jäädä jälkeen. Painoltaan reaktiopallo ei ole paljoa Green Biscuit Originalia kevyempi. Koska se ei myöskään pyöri vaivattomasti, kuten pyöreä pallo, on sen käsittelyyn tarvittava voimankäyttö tuntumaltaan melko vastaava verrattuna jääkiekon tai Green Biscuit Originalin käsittelyyn.

7.4 Aineiston käsittely ja tilastolliset menetelmät

Tilastolliset analyysit aineistolle tehtiin IBM:n SPSS Statistics 26 -ohjelmistolla. Ryhmien keskiarvojen välisiä eroja eri mittapisteissä tarkasteltiin Kruskal-Wallis -testillä ja ryhmien sisäistä kehitystä mittapisteestä toiseen Friedmanin testillä. Parametrittomiin testeihin päädyttiin pienten otoskokojen perusteella. Friedmanin testin yhteydessä käytettiin Bonferroni-korjausta merkitsevyyden p-arvoille. Tilastollisen merkitsevyyden rajaksi hyväksyttiin $p < 0,05$.

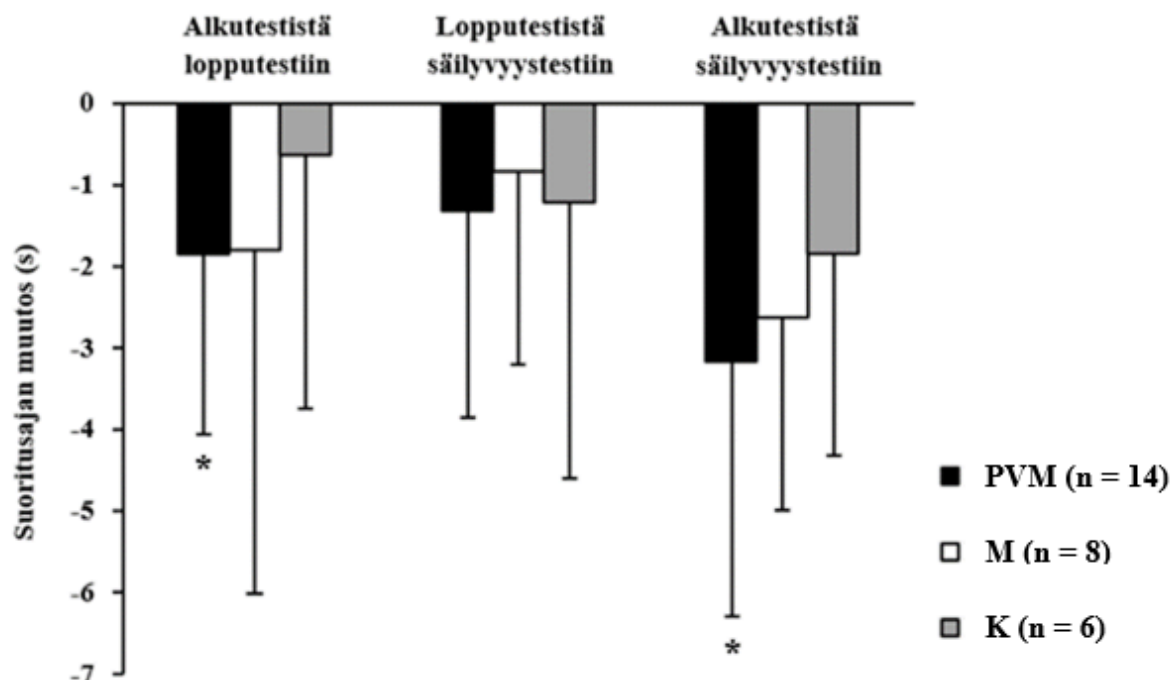
8 TULOKSET

Pelivälineen kanssa tehdyt suoritukset. Pelivälinemanipulaatioryhmän (PVM), muuttumattoman pelivälineen ryhmän (M) tai kontrolliryhmän (K) suoritusajat eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi alkutesteissä (PVM, $23,99 \pm 2,68$ s; M, $23,74 \pm 5,10$ s; K, $23,04 \pm 2,59$ s), lopputesteissä (PVM, $22,14 \pm 2,57$ s; M, $21,94 \pm 2,97$ s; K, $22,41 \pm 4,67$ s) tai säilyvyytsteissä (PVM, $20,83 \pm 2,94$ s; M, $21,11 \pm 3,08$ s; K, $21,19 \pm 1,94$ s). Myöskään suoritusajojen muutoksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä alkutestistä lopputestiin (PVM, $-1,85 \pm 2,21$ s; M, $-1,80 \pm 4,22$ s; K, $-0,63 \pm 3,10$ s), lopputestistä säilyvyytsteisiin (PVM, $-1,32 \pm 2,54$ s; M, $-0,84 \pm 2,37$ s; K, $-1,21 \pm 3,39$ s) tai alkutestistä säilyvyytsteisiin (PVM, $-3,16 \pm 3,13$ s; M, $-2,64 \pm 2,36$ s; K, $-1,84 \pm 2,48$ s). Pelivälinemanipulaatioryhmän sisäinen kehitys oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevää alkutestistä lopputestiin ja alkutestistä säilyvyytsteisiin ($p < 0,05$) toisin kuin muilla ryhmillä. Pelivälineen kanssa tehtyjen suoritusten suoritusajat ovat esitettyinä kuvassa 10 ja suoritusajojen muutokset kuvassa 11.



KUVA 10. Ryhmien suoritusajat pelivälineen kanssa tehdyissä suorituksissa. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot mittauspisteissä testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen

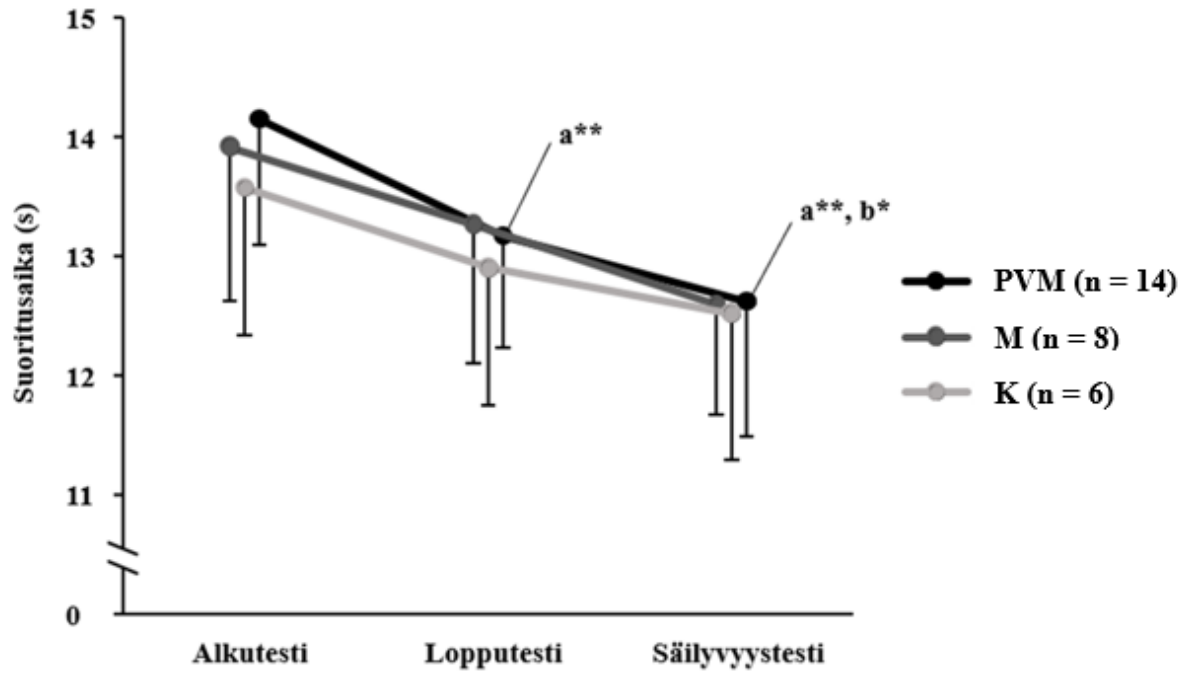
Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä; a, ryhmän sisäinen tilastollisesti merkitsevä muutos alkutestistä; *, tilastollisen merkitsevyys $p < 0,05$.



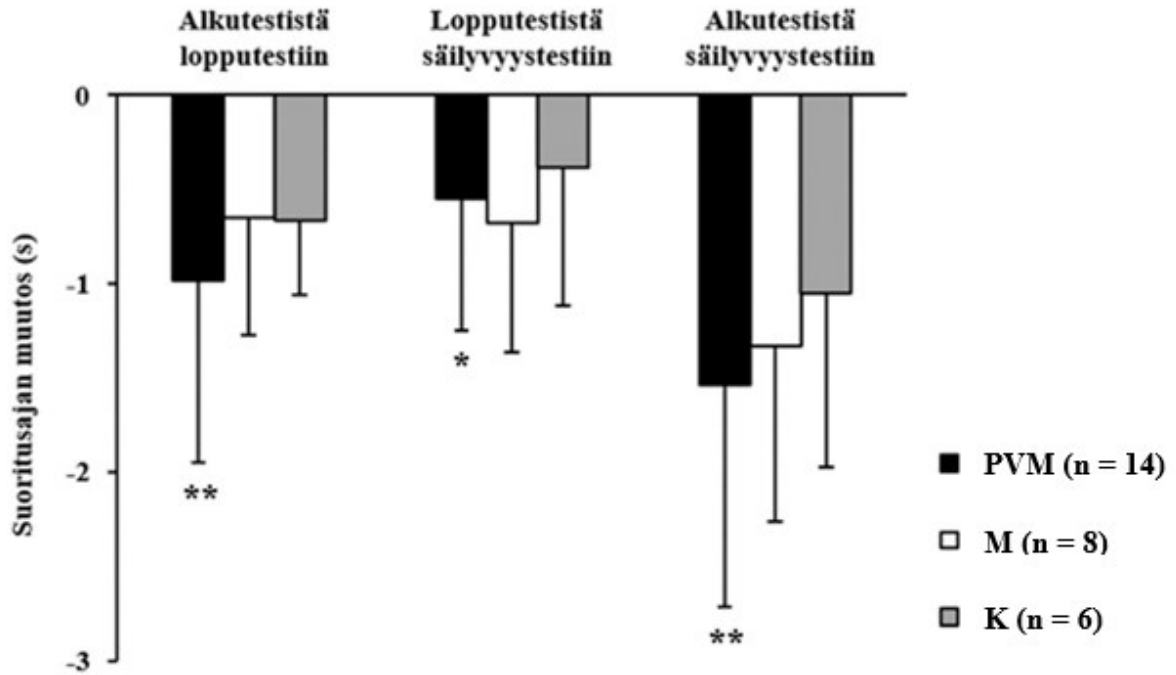
KUVA 11. Ryhmien muutokset pelivälineen kanssa tehdyissä testeissä. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä; *, tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) ryhmän sisäinen muutos.

Ilman pelivälinettä tehdyt suoritukset. Ryhmien suoritusajat eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi alkutesteissä (PVM, $14,16 \pm 1,06$ s; M, $13,93 \pm 1,30$ s; K, $13,58 \pm 1,24$ s), lopputesteissä (PVM, $13,17 \pm 0,93$ s; M, $13,28 \pm 1,17$ s; K, $12,91 \pm 1,16$ s) tai säilyvyystesteissä (PVM, $12,62 \pm 1,13$ s; M, $12,60 \pm 0,92$ s; K, $12,53 \pm 1,23$ s). Myöskään suoritusajojen muutoksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä alkutestistä lopputestiin (PVM, $-0,98 \pm 0,97$ s; M, $-0,65 \pm 0,62$ s; K, $-0,67 \pm 0,39$ s), lopputestistä säilyvyystestiin (PVM, $-0,55 \pm 0,70$ s; M, $-0,68 \pm 0,68$ s; K, $-0,39 \pm 0,73$ s) tai alkutestistä säilyvyystestiin (PVM, –

1,53 ± 1,18 s; M, -1,33 ± 0,93 s; K, -1,05 ± 0,92 s). Ryhmien sisäisessä vertailussa pelivälinemanipulaatioryhmä oli ainoa, jolla tapahtui tilastollisesti merkitsevää muutosta mittauskertojen välillä. Pelivälinemanipulaatioryhmä suoriutui lopputestissä alkutestiä nopeammin ($p < 0,01$) ja säilyvyytestissä edelleen alkutestiä ($p < 0,01$) ja lopputestiä ($p < 0,05$) nopeammin. Ilman pelivälinettä tehtyjen suoritusten suoritusajat ovat esitettyinä kuvassa 12 ja suoritus-ajojen muutokset kuvassa 13.

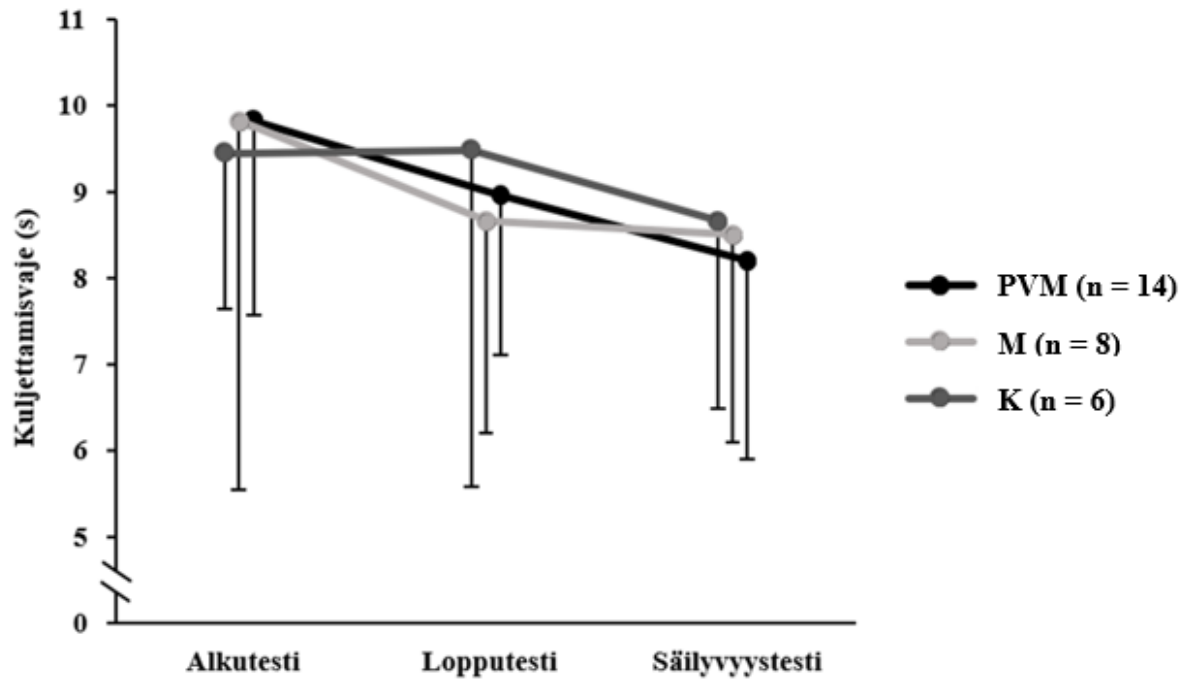


KUVA 12. Ryhmien suoritusajat ilman pelivälinettä tehdyissä suorituksissa. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot mittauspisteissä testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä; a, ryhmän sisäinen tilastollisesti merkitsevä muutos alkutestistä; b, ryhmän sisäinen tilastollisesti merkitsevä muutos lopputestistä; *, tilastollisen merkitsevyys $p < 0,05$; **, tilastollisen merkitsevyys $p < 0,01$.

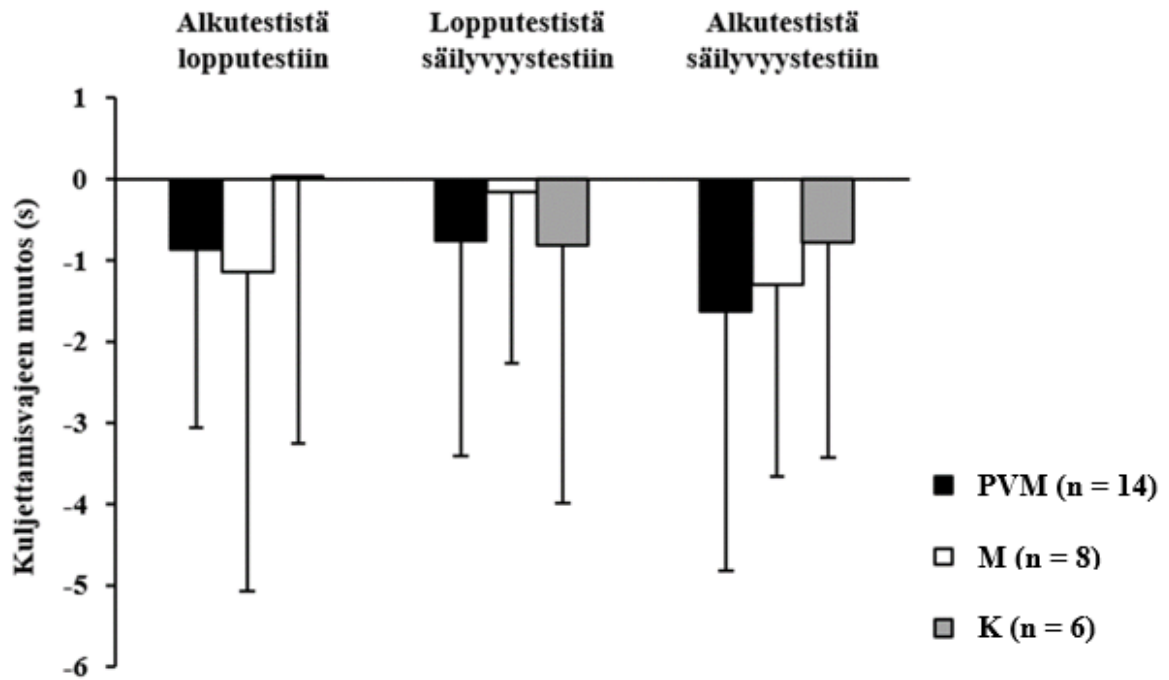


KUVA 13. Ryhmien muutokset ilman pelivälinettä tehdyissä testeissä. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä; *, tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) ryhmän sisäinen muutos; **, tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,01$) ryhmän sisäinen muutos.

Kuljettamisvajeet. Ryhmien suoritusajat eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi alkutesteissä (PVM, $9,83 \pm 2,27$ s; M, $9,82 \pm 4,26$ s; K, $9,46 \pm 1,82$ s), lopputesteissä (PVM, $8,97 \pm 1,86$ s; M, $8,67 \pm 2,46$ s; K, $9,49 \pm 3,91$ s) tai säilyvyydesteissä (PVM, $8,20 \pm 2,30$ s; M, $8,51 \pm 2,40$ s; K, $8,66 \pm 2,17$ s). Myöskään suoritusajojen muutoksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä alkutestistä lopputestiin (PVM, $-0,87 \pm 2,20$ s; M, $-1,15 \pm 3,93$ s; K, $0,04 \pm 3,30$ s), lopputestistä säilyvyydestiin (PVM, $-0,77 \pm 2,65$ s; M, $-0,16 \pm 2,12$ s; K, $-0,83 \pm 3,16$ s) tai alkutestistä säilyvyydestiin (PVM, $-1,63 \pm 3,19$ s; M, $-1,31 \pm 2,35$ s; K, $-0,79 \pm 2,64$ s). Ryhmien sisäisessä tarkastelussa ei niin ikään ilmennyt tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kuljettamisvajeet ovat esitettyinä kuvassa 14 ja kuljettamisvajeiden muutokset kuvassa 15.



KUVA 14. Ryhmien kuljettamisvajeet. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot mittauspisteissä testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä.



KUVA 15. Ryhmien muutokset kuljettamisvajeeissa. Arvot ovat ryhmän keskiarvoja ja hajontapylväät kuvaavat keskihajontaa. Ryhmien väliset erot testattu Kruskal-Wallis-testillä, ja ryhmien sisäiset muutokset mittauskerrasta toiseen Friedmanin testillä, jolloin p-arvoissa käytetty Bonferroni-korjausta. PVM, pelivälinemanipulaatioryhmä; M, muuttumattoman pelivälineen ryhmä; K, kontrolliryhmä.

9 POHDINTA

Päätulokset. Pelivälinemanipulaatioryhmä oli ryhmistä ainoa, joka saavutti tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevää ($p < 0,05$) kehitystä pelivälineen kanssa tehdyissä testeissä kiekonkäsittelyradalla. Kyseinen tilastollisesti merkitsevä kehitys oli havaittavissa alkutestistä lopputestiin ($-1,85 \pm 2,21$ s) ja säilyi alkutestistä säilyvyystestiin ($-3,16 \pm 3,13$ s). Pelivälinemanipulaatioryhmä kehittyi tilastollisesti merkitsevästi myös ilman pelivälinettä tehdyissä testeissä, toisin kuin muut ryhmät. Pelivälinemanipulaatioryhmä suoriutui ilman pelivälinettä lopputestissä alkutestiä nopeammin ($-0,98 \pm 0,97$ s; $p < 0,01$) ja säilyvyystestissä edelleen alkutestiä ($-1,53 \pm 1,18$ s; $p < 0,01$) ja lopputestiä ($-0,55 \pm 0,70$ s; $p < 0,05$) nopeammin. Kuljettamisvajeissa mitkään tuloksista eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Myöskään ryhmien välisten erojen tarkasteluun käytetyssä Kruskal-Wallis -testissä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia ryhmien välille missään testeistä, joten hypoteesit ryhmien välisiä eroja koskien eivät saaneet tukea. Saadut tulokset ovat vastaavanlaiset kuin Starkin ym. (2009) tutkimuksessa, jossa manipuloidulla kiekolla harjoitelleet kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi kiekonkäsittelytaidoissa toisin kuin tavallisella kiekolla harjoitelleet, mutta ryhmien välisessä tarkastelussa ei löytynyt kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää eroa.

Ainoa merkitsevä tulos, eli se, että pelivälinemanipulaatioryhmä kehittyi ja säilytti kehityksensä, oli kuitenkin sinällään hypoteesien ja aiemman näytön suuntaisesti odotettavissa. Differentiaalioppimisen hyöty taidon oppimisen (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005) ja säilymisen (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Lee ym. 2014; Schmidt & Björk 1992; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991) kannalta on aiemman näytön valossa laajalti osoitettu.

Myös se oli hypoteesien ja aiemman näytön perusteella odotettavissa, että pelkkä tavallinen jääkiekon harjoitustoiminta ei antaisi riittävää ärsykettä kiekonkäsittelytaidon merkitsevään kehittymiseen, eikä pelkkää tavallista jääkiekon harjoitustoimintaa jatkava kontrolliryhmä täten kehittyisi (Fickel 2017). Fickelin (2017) ja Komendan (2011) pro gradu -tutkielmien tulosten perusteella olisi kuitenkin voinut olettaa, että myös muuttumattomalla pelivälineellä harjoitellut

ryhmä olisi kehittynyt kiekonkäsittelytaidoissa. Seuraavaksi käsitellään syitä muun muassa sille, miksi näin ei käynyt.

Tuloksiin vaikuttaneet tekijät. Lopulta pieneksi jääneet ryhmäkoot ja pelivälineen kansa tehtyjen testien ja sitä myöden myös kuljettamisvajeiden testitulosten suuret ryhmäkohtaiset keskihajonnat lienevät merkittäviä tekijöitä sen taustalla, miksi ryhmien välille ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja. Pelivälinemanipulaatioryhmällä lopullinen ryhmäkoko ($n = 14$) oli huomattavasti isompi kuin muuttumattoman pelivälineen ryhmällä ($n = 8$) ja kontrolliryhmällä ($n = 6$). Pelivälinemanipulaatioryhmä olikin ryhmistä ainoa, joka kehittyi ryhmän sisäisesti tilastollisesti merkitsevästi. Jos muuttumattoman pelivälineen ryhmän ja tavallista harjoitteluaan jatkaneen kontrolliryhmän ryhmäkoot olisivat olleet isompia, myös niiden kohdalla olisi voinut mahdollisesti löytyä tilastollisia merkitsevyyksiä.

Tutkimus toteutettiin COVID-19-pandemian aikana, mikä osaltaan vaikutti siihen, että moni tutkittava keskeytti tutkimuksen. Sairastumisista johtuneita poissaoloja testeistä tai interventioharjoituksista oli kuitenkin mahdollisuus korvata, jolloin yksilöllisistä aikatauluista voitiin joustaa hieman. Molemmat interventoryhmät jaettiin lähtötilanteessa yhtä suuriksi. Onkin mieleenkiintoista, että muuttumattoman pelivälineen ryhmästä keskeytyksiä tuli paljon enemmän kuin pelivälinemanipulaatioryhmästä. Yleisimpänä syynä tutkimuksen keskeytymiselle interventoryhmien jäsenillä oli se, ettei intervention aikana oltu suoritettu riittävästi harjoitussessioita, vaikka tutkittavia ohjeistettiin korvaamaan poissaolot tarvittaessa omatoimisesti. Vaikuttaisikin siltä, että pelivälinemanipulaatioryhmän jäsenet olivat muuttumattoman pelivälineen ryhmän jäseniä halukkaampia korvaamaan poissaolot omatoimisesti. Yksipuolisuus koetaankin harjoittelun mielekkyyttä vähentävänä tekijänä (Ribeiro ym. 2021). Tämä saattaa selittää suurempaa keskeyttämisten määrää muuttumattoman pelivälineen ryhmässä kuin pelivälinemanipulaatioryhmässä.

Kontrolliryhmään oli jo rekrytointivaiheessa haastavaa saada mukaan tyydyttävää määrää tutkittavia. Myös heitä putosi tutkimuksen aikana pois aikataulusyiden, loukkaantumisten ja sai-

rasteluiden takia. Osin COVID-19-pandemiasta johtuneiden yleisten rekryointivaikeuksien lisäksi kontrollina toimivien tutkittavien motivaatioon osallistua tutkimukseen ja suorittaa mittaukset loppuun saakka saattoi vaikuttaa se, ettei heille tehty mitään interventiota.

Tutkimukseen osallistuneiden tutkittavien muuta harjoittelua ei kontrolloitu, eikä heitä esimerkiksi kielletty harjoittelemasta kiekonkäsittelyä vapaa-ajalla, sillä omatoimisen harjoittelun rajoittaminen olisi nähty epäeettisenä. Onkin huomioitava, että osa tutkittavista on saattanut harjoitella kiekonkäsittelytaitoa myös interventioharjoitusten ulkopuolella, mikä on osaltaan voinut vaikuttaa tuloksiin. On myös muistettava, että tutkittavat olivat lapsia, ja heidän keskittymisen tasonsa on saattanut vaihdella mittauskerroilla. Muun muassa nämä edellä mainitut seikat yhdessä pienten ryhmäkokojen kanssa lienevät pelivälineen kanssa suoritetuissa testeissä ilmenneiden suurten ryhmäkohtaiset keskihajontojen taustalla.

Vaikka testiradalla pidettiin tutustumiskerta, myös testiradan oppimista on voinut tapahtua edelleen mittauskertojen edetessä. Lisäksi myös juoksemisnopeus on voinut kehittyä mittausjakson aikana, mutta tämä tuskin on vaikuttanut merkittävästi suoritusaikoihin, sillä etenemisnopeutta rajoittavin tekijä ainakin suurimmalla osalla radan osista on todennäköisesti ollut pelivälineen kanssa tehdyissä suorituksissa pelivälineen käsittelyn tarkkuus ja nopeus sekä ilman pelivälinettä tehdyissä suorituksissa mailan käsittelyn tarkkuus ja nopeus. Nämä tekijät ovat saattaneet vaikuttaa niin pelivälineen kanssa kuin ilman pelivälinettäkin tehtyjen testien tuloksiin, mutta näiden tulosten erotuksesta saatavassa kuljettamisvajеessa edellä mainittujen tekijöiden vaikutus tuloksiin pitäisi ainakin teoriassa olla kumoutunut.

Voisi helposti ajatella, että radan oppiminen selittäisi pelivälinemanipulaatioryhmällä ilmenneen kehittymisen ilman pelivälinettä tehdyissä testeissä. Asia ei kuitenkaan välttämättä ole niin, sillä mailan käsittelyn tarkkuus ja nopeus on saattanut hyvinkin kehittyä interventioharjoittelussa vaikuttaen ilman pelivälinettä tehtyjen testien suoritusnopeuteen.

Tutkimuksen vahvuudet. Tutkimuksen suurimpana vahvuutena on sen uutuusarvo. Jääkiekon kiekonkäsittelytaidon kehittämistä käsitteleviä tutkimuksia on julkaistu aiemmin tiettävästi vain yksi (Stark ym. 2009), jonka lisäksi aiheesta on julkaistu pari pro gradu -tutkielmaa (Fickel

2017; Komenda 2011). Tämä on erittäin niukasti, vaikka kiekonkäsittelyn tärkeys strategisesti tärkeiden pelitilanteiden kannalta on ilmeinen (Seppänen ym. 2022a; Seppänen ym. 2022b; Seppänen ym. 2022c). Lisäksi tutkimuksessa käytetään rajoitelähtöiseen lähestymistapaan pohjautuvaa pelivälinemanipulaatiota differentiaalioppimisen välineenä. Pelivälinemanipulaatiota differentiaalioppimisen välineenä soveltavia tutkimuksia on aiemmin julkaistu vain muutamia, ja niissä metodi on osoittautunut tehokkaaksi taidon oppimisen kannalta (Brocken ym. 2020; Stark ym. 2009). Lisäksi tutkimuksessa sovelletaan muiden lajien kuljettamistaidon testeissä hiljattain yleistynyttä kuljettamisvajetta (Conte ym. 2020; Lemmink ym. 2004; Ramirez-Campillo ym. 2019; Scanlan ym. 2018; Tapsell ym. 2020.) tiettävästi ensimmäistä kertaa jääkiekon kontekstissa kiekonkäsittelytaidon mittarina.

Näiden uutuusarvotekijöiden lisäksi tutkimuksen kirjallisuuskatsaus tarjoaa kattavan ja kriittisen katsauksen motorisen oppimisen teorioihin ja käytäntöihin. Vaihtelevuuden periaate nousee esiin yhtenä merkittävimmistä osaperiaatteista erilaisten taidon opettamisen periaatteiden, kuten epälineaarisen pedagogiikan, taustalla (Mohammadi Orangi ym. 2021). Yhtenä tämän tutkimuksen vahvuutena onkin, että vaihtelevuuden periaatteeseen nojaavaa differentiaalioppimista tarkastellaan itsenäisenä tekijänä laajasta, monia muitakin periaatteita sisältävästä, epälineaarisen pedagogiikan kokonaisuudesta irrallaan. Näin saadaan tietoa, miten juuri vaihtelevuus vaikuttaa taidon oppimiseen.

Tutkimuksen heikkoudet. Tutkimuksen suurimpia heikkouksia oli lopulta pieneksi jääneet ryhmäkoot. Lukuisten keskeytysten lisäksi COVID-19-pandemia aiheutti lukuisia poissaoloja, joita jouduttiin korvaamaan tekemällä aikatauluihin poikkeuksia. Yksilökohtaiset aikataulu-poikkeukset näkyvät liitteessä 1. Tutkimuksessa ei myöskään kontrolloitu muuta harjoittelua interventioharjoitusten lisäksi, mikä lisää oman virhelähteensä tuloksiin. Tieteellisesti validoituja jääkiekon kiekonkäsittelyratoja ei löydy tutkimuskirjallisuudesta, eikä myöskään tämän tutkimuksen radan validiutta tai reliabiliteettia kiekonkäsittelytaidon mittarina ole erikseen tieteellisesti osoitettu. Kiekonkäsittelytaidon kriteerinä pidettiin kuivalla maalla suoritettua testiä, eikä taidon siirtymistä jäälle erikseen testattu. Jään ulkopuolella tapahtuvan kiekonkäsittelyn harjoittelun on osoitettu kehittävän kiekonkäsittelyä jään ulkopuolella mitattuna (Komenda 2011), mutta tämän siirtymistä jäälle ei ole erikseen osoitettu.

Jos tutkimus toteutettaisiin uudestaan, kiekonkäsittelyn testi voitaisiin suorittaa jäällä, vaikka harjoittelu toteutettaisiinkin jään ulkopuolella. Lisäksi testiradalta voitaisiin ottaa myös väliaikoja valokennoin, jotta erilaista kiekonkäsittelyä vaativia radan osia voitaisiin tarkastella myös erillään. Myös yritysten määrää yhdellä mittauskerralla voitaisiin kasvattaa nykyisestä, jotta jokaisella kerralla saataisiin varmasti päivän paras irti. Lisäksi interventioharjoitusten jälkeen voitaisiin kartoittaa harjoitussessioiden mielekkyyttä kyselyin. Näin voitaisiin tarkastella eroavatko erilaiset interventiot mielekkyydeltään ja johtuvatko mahdolliset erot keskeyttämissä motivaatiosta tai harjoittelun mielekkyydestä. Suurempaan tutkittavien määrään voitaisiin päästä, jos tutkimukseen osallistuville ja loppuun suorittaville tutkittaville tarjoaisi esimerkiksi elokuvaliput.

Johtopäätökset. Pelivälinemanipulaatiolla toteutettu differentiaalioppimista hyödyntävä kiekonkäsittelytaidon harjoitusinterventio kehitti tilastollisesti merkitsevästi kuljettamisaikoja kiekonkäsittelytaidon testiradalla ja kehitys säilyi myös kolme viikkoa intervention päättymisen jälkeen pidettyihin säilyvyystesteihin. Tämä vahvistaa näyttöä siitä, että vaihtelevuuden periaatteen mukainen harjoittelu on hyvä tapa kehittää motorista taitoa (Barris ym. 2014; Beek & van Santvoord 1992; Cohen & Sternad 2009; Hasan 2005; Ölveczky ym. 2005), ja että tämä voidaan toteuttaa välineenkäsittelyn kontekstissa pelivälinemanipulaatiolla (Brocken ym. 2020; Stark ym. 2009).

Käytännön sovellutukset. Tämän tutkimuksen ja siinä hyödynnetyn kirjallisuuden kokonaisnäytön valossa on pikemminkin hyvä kuin huono asia, että juniorit harjoittelevat kiekonkäsittelyä erilaisissa ympäristöissä käyttäen erilaisia välineitä. Esimerkiksi puukuulan ”leipominen” asfaltilla tarjoonee hyvää vaihtelua tavalliseen jäällä tapahtuvaan kiekonkäsittelyyn edustaen kuitenkin samaa skeemaa, eli yleistynyttä motorista ohjelmaa (Schmidt 1975), kuin jäällä tavallisella kiekolla tehtävä kiekonkäsittely. Näin ollen harjoittelun erilaiset toistot ovat riittävän lähellä kriteerinä olevaa taitoa. Tällaisen harjoittelun voidaan olettaa olevan hyödyksi verrattuna yksipuoliseen kiekonkäsittelytaidon harjoitteluun, aikaansaaden tehokkaampaa pidemmän aikavälin oppimista (Apidogo ym. 2021; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991), joka myös siirtyy paremmin erilaisiin tilanteisiin (Buszard ym. 2017; Hall & McGill 1995; Shea & Morgan 1979; Shea & Wright 1991). Siksi kiekonkäsittelytaidon harjoittelussa kannattaakin huomioida vaihtelevuus, ja sen toteuttamiseen pelivälinemanipulaatio on

hyvä keino. Kiekonkäsittelytaitoa kannattaa harjoitella eri painoisilla ja eri tavoin käyttäytyvillä välineillä. Tavallisen jäällä käytettävän kiekon painopisteen modifiointi tavalla tai toisella, saaden kiekko käyttäytymään hieman arvaamattomammin, on tulevaisuuden sovellutusten kannalta yksi mielenkiintoinen idea.

Kiekonkäsittelytaidosta puhuttaessa on muistettava, että se on keskeisenä lajitaitona tärkeä työkalu pelitilanteissa. Ilman lajinomaisen havainnoinnin ja päätöksenteon taidoista riippuvaisia pelitaitoja sillä ei kuitenkaan ole itseisarvoa, sillä pelitaidot määrittävät käytetäänkö lajitaitoja, kuten kiekonkäsittelytaitoa, peliä edistävällä tavalla.

LÄHTEET

- Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior* 3 (2), 111-149.
- Apidogo, J. B., Burdack, J. & Schollhorn, W. I. (2021). Repetition without repetition or differential learning of multiple techniques in volleyball? *International Journal of Environmental Research & Public Health* [Electronic Resource], 18 (19), e10499.
- Arthur, W. Jr., Bennett W. Jr., Stanush, P. L. & McNelly, T. L. (1998). Factors That Influence Skill Decay and Retention: A Quantitative Review and Analysis. *Human Performance* 11 (1), 57-101.
- Barris, S., Farrow, D. & Davids, K. (2014). Increasing functional variability in the preparatory phase of the takeoff improves elite springboard diving performance. *Res Q Exerc Sport* 85 (1), 97–106.
- Beek, P. J. & van Santvoord, A. A. M. (1992). Learning the Cascade Juggle: A Dynamical Systems Analysis. *Journal of Motor Behavior* 24 (1), 85-94.
- Beilock, S. L., Carr, T. H., MacMahon, C. & Starkes, J. L. (2002). When paying attention becomes counterproductive: Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied* 8 (1), 6–16.
- Bernstein N. (1967). *The coordination and regulation of movements*. New York: Pergamon Press.
- Buszard, T., Farrow, D., Reid, M. & Masters, R. S. (2014). Scaling sporting equipment for children promotes implicit processes during performance. *Consciousness & Cognition* 30 (1), 247-255.
- Buszard, T., Reid, M., Krause, L., Kovalchik, S. & Farrow, D. (2017). Quantifying contextual interference and its effect on skill transfer in skilled youth tennis players. *Frontiers in Psychology* 8, e1931.
- Buszard, T., Farrow, D. & Reid, M. (2020). Designing Junior Sport to Maximize Potential: The Knowns, Unknowns, and Paradoxes of Scaling Sport. *Frontiers in Psychology*. 10:2878.
- Breslin, G., Hodges, N. J., Kennedy, R., Hanlon, M. & Williams, A. M. (2010). An especial skill: Support for a learned parameters hypothesis. *Acta Psychologica* 134 (1), 55-60.

- Breslin, G., Hodges, N. J., Steenson, A. & Williams, A. M. (2012). Constant or variable practice: Recreating the especial skill effect. *Acta Psychologica* 140 (2), 154-157.
- Brocken, J. E. A., van der Kamp, J., Lenoir, M. & Savelsbergh, G. J. P. (2020). Equipment modification can enhance skill learning in young field hockey players. *International Journal of Sports Science & Coaching* 15 (3), 382–389.
- Churchland, M. M., Afshar, A. & Shenoy, K. V. (2006). A central source of movement variability. *Neuron* 52, 1085–1096.
- Cohen, R. G. & Sternad, D. (2009). Variability In Motor Learning: Relocating, Channeling and Reducing Noise. *Exp Brain Res* 193 (1): 69-83.
- Connell, J. P., DiMercurio, A. & Corbetta, D. (2017). Dynamic Systems Theory. Teoksessa J. Vonk & T. Shackelford (toim.) *Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior*. Springer, Cham, 1-8.
- Conte, D., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Gang, S. Z., Smith, M. R., Bietkis, T. & Matulaitis, K. (2020). Dribble deficit quantifies dribbling speed independently of sprinting speed and differentiates between age categories in pre-adolescent basketball players. *Biology of Sport* 37 (3), 261-267.
- Crotti, M., Rudd, J. R., Roberts, S., Boddy, L. M., Fitton Davies, K., O’Callaghan, L., Utesch, T. & Fowweather, L. (2021). Effect of Linear and Nonlinear Pedagogy Physical Education Interventions on Children’s Physical Activity: A Cluster Randomized Controlled Trial (SAMPLE-PE). *Children* 8 (1), 49.
- Czyz, S. H., Breslin, G., Kwon, O., Mazur, M., Kobialka, K. & Pizlo, Z. (2013). Especial skill effect across age and performance level: The nature and degree of generalization. *Journal of Motor Behavior* 45 (2), 139-152.
- Czyz, S. H. & Moss, S. J. (2016). Specificity vs. generalizability: Emergence of especial skills in classical archery. *Frontiers in Psychology* 7, 1178.
- Davids, K., Araujo, D., Vilar, L. & Renshaw, I. (2013). An Ecological Dynamics Approach to Skill Acquisition: Implications for Development of Talent in Sport. *Talent Development and Excellence* 5 (1), 21-34.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363–406.
- Ertl, S., Steinmair, D., Wadowski, P. P. & Löffler-Stastka, H. (2022). What we need for encoding of memory and emotional reconsolidation. *Psychiatria Danubina* 34 (2), 209-218.

- Fait, P. E., McFadyen, B. J., Zabjek, K., Reed, N., Taha, T. & Keightley, M. (2011). Increasing task complexity and ice hockey skills of youth athletes. *Perceptual & Motor Skills* 112 (1), 29-43.
- Fickel, J. (2017). *The Effectiveness of Infrastructure and Expertise on the Acquisition of Stick-handling and Puck Control Skills in Competitive Hockey Players*. Brock University, St. Catharines, Ontario. Faculty of Applied Health Sciences. Pro gradu -tutkielma.
- Fitts, P. M. & Posner, M. T. (1967). *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole.
- Fitzpatrick, A., Davids, K. & Stone, J. A. (2017). Effects of Lawn Tennis Association mini tennis as task constraints on children's match-play characteristics. *Journal of Sports Sciences* 35:22, 2204-2210.
- Formenti, D., Trecroci, A., Duca, M., Cavaggioni, L., D'Angelo, F., Passi, A., Longo, S. & Alberti, G. (2021). Differences in inhibitory control and motor fitness in children practicing open and closed skill sports. *Scientific Reports* 11 (1), 4033.
- Grebogi, C., Ott, E. & Yorke, J. (1987). Chaos, Strange Attractors, and Fractal Basin Boundaries in Nonlinear Dynamics. *Science* 238 (4827), 632–638.
- Green Biscuit. (2022). Green Biscuit Original. Viitattu 3.1.2022. <https://greenbiscuit.com/product/original-biscuit/>
- Guimarães, A., Ugrinowitsch, H., Dascal, J., Porto, A. B. & Okazaki, V. H. (2020). Freezing Degrees of Freedom During Motor Learning: A Systematic Review. *Motor Control* 24 (3), 457-471.
- Hasan, Z. (2005). The Human Motor Control System's Response to Mechanical Perturbation: Should It, Can It and Does It Ensure Stability? *Journal of Motor Behavior* 37 (6), 484-493.
- Hall, K. G. & Magill, R. A. (1995). Variability of practice and contextual interference effects in motor skill learning. *Journal of Motor Behavior* 27 (1), 299–309.
- Heimann, K. S. & Roepstorff, A. (2018). How playfulness motivates - putative looping effects of autonomy and surprise revealed by micro-phenomenological investigations. *Frontiers in Psychology* 9, 1704.
- Higgins, S. (1991). Motor Skill Acquisition. *Physical Therapy & Rehabilitation Journal* 71 (2), 123-139.
- Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Post, W. J. & Visscher, C. (2009). Soccer skill development in professionals. *International Journal of Sports Medicine* 30 (8), 585-591.

- IFF. (2006). Material Regulations – Certification Rules for IFF-marking of Floorball Equipment SPCR 011 – Edition 2006. Viitattu 3.1.2022. <http://www.floorball.org/Liitetiedostot/en120605.pdf>
- IIHF. (2021). IIHF Official Rule Book 2021/22. Viitattu 3.1.2022. https://blob.iihf.com/iihf-media/iihfmvc/media/downloads/rule%20book/2021_22_iihf_rulebook_v1_1.pdf
- Kachel, K., Buszard, T., and Reid, M. (2015). The effect of ball compression on the match-play characteristics of elite junior tennis players. *Journal of Sports Science*. 33, 320–326.
- Kalaja, S. (2016). Taitoharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus – teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 233–241.
- Kalaja, S., Jaakkola, T. & Liukkonen J. (2009). Motoriset perustaidot peruskoulun seitsemäsluokkalaisilla oppilailla. *Liikunta & Tiede* 46 (1), 36–44.
- Kantak, S. S. & Winstein, C. J. (2012). Learning-performance distinction and memory processes for motor skills: a focused review and perspective. *Behavioural Brain Research*. 228(1), 219-231.
- Karni, A., Meyer, G., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R. & Ungerleider, L. G. (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377, 155-158.
- Karni, A., Meyer, G., Rey-Hipolito, C., Jezard, P., Adams, M. M., Turner, R. & Ungerleider, L. G. (1998). The acquisition of skilled motor performance: Fast and slow experience-driven changes in primary motor cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 95 (3), 861-868.
- Keetch, K. M., Lee, T. D. & Schmidt, R. A. (2008). Especial skills: Specificity embedded within generality. *Journal of Sport & Exercise Psychology* 30 (6), 723-736.
- Keetch, K. M., Schmidt, R. A., Lee, T. D. & Young, D. E. (2005). Especial skills: Their emergence with massive amounts of practice. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance* 31 (5), 970–978.
- Kerr, R. & Booth, B. (1978). Specific and varied practice of a motor skill. *Perceptual and Motor Skills* 46 (1), 395-401.
- Klostermann, A. (2019). Especial skill vs. quiet eye duration in basketball free throw: Evidence for the inhibition of competing task solutions. *European Journal of Sport Science EJSS: Official Journal of the European College of Sport Science* 19 (7), 964-971.

- Komenda, B. (2011). The Effect of a Stickhandling and Puck Control (SPC) Training Intervention on SPC Skills and Wrist Shot Performance Variables in Female Collegiate Ice Hockey Players. Brock University, St. Catharines, Ontario. Faculty of Applied Health Sciences. Pro gradu -tutkielma.
- Krakauer, J. W., Hadjiosif, A. M., Xu, J., Wong, A. L. & Haith, A. M. (2019). Motor Learning. *Comprehensive Physiology* 9 (2), 613-633.
- Kwapis, J. L. & Helmstetter, F. J. (2014). Does PKM ζ maintain memory? *Brain Research Bulletin* 105, 36-45.
- Lawrie, R. (2014). Kinematic Analysis of a Stickhandling Task in Ice Hockey and the Effect of Stick Inertial Properties. McGill University, Montreal, Quebec. Department of Kinesiology and Physical Education. Pro gradu -tutkielma.
- Lee, M. C. Y., Chow, J. Y., Komar, J., Tan, C. W. K. & Button, C. (2014). Nonlinear pedagogy: An effective approach to cater for individual differences in learning a sports skill. *PLoS ONE [Electronic Resource]* 9 (8), e104744.
- Lee, T. D. & Magill, R. A. (1983). The locus of contextual interference in motor skill acquisition. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition* 9 (1), 730–746.
- Lee, T. D. & Magill, R. A. (1985). Can forgetting facilitate skill acquisition? Teoksessa D. Goodman, R.B. Wilberg & I.M. Franks (toim.) *Differing perspectives in motor learning, memory, and control*. Amsterdam, Netherlands: NorthHolland, 3-22.
- Lemmink, K A P M., Elferink-Gemser, M. T. & Visscher, C. (2004). Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *British Journal of Sports Medicine* 38 (2), 138-142.
- Masson, M. E. J. (1990). Cognitive theories of skill acquisition. *Human Movement Science* 9 (3–5), 221–239.
- Maxwell, J. P., Masters, R. S. W., Kerr, E. & Weedon, E. (2001). The implicit benefit of learning without errors. *Q. J. Exp. Psychol. A* 54 (4), 1049–1069.
- Mayer-Kress, G., Newell, K. M. & Liu, Y. T. (2009). Nonlinear dynamics of motor learning. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences* 13 (1), 3–26.
- Mazzoni, P. & Krakauer, J. W. (2006). An implicit plan overrides an explicit strategy during visuomotor adaptation. *Journal of Neuroscience* 26, 3642–3645.

- Mohammadi Orangi, B., Yaali, R., Bahram, A., van der Kamp, J., & Aghdasi, M. T. (2021). The effects of linear, nonlinear, and differential motor learning methods on the emergence of creative action in individual soccer players. *Psychology of Sport & Exercise*, 56 e102009.
- Monfils, M. H., Plautz, E. J. & Kleim, J. A. (2005). In search of the motor engram: motor map plasticity as a mechanism for encoding motor experience. *Neuroscientist*, 11 (5), 471-483.
- Mosconi, F., Julou, T., Desprat, N., Sinha, D. K., Allemand, J., Croquette, V. & Bensimon, D. (2008). Some nonlinear challenges in biology. *Nonlinearity* 21 (8), T131.
- Moy, B., Renshaw, I. & Davids, K. (2016). The impact of nonlinear pedagogy on physical education teacher education students' intrinsic motivation. *Physical Education and Sport Pedagogy* 21 (5), 517 –538.
- Oppici, L., Panchuk, D., Serpiello, F. R. & Farrow, D. (2018). The influence of a modified ball on transfer of passing skill in soccer. *Psychology of Sport and Exercise* 39, 63-71.
- Pascual-Leone, A., Grafman, J. & Hallett, M. (1994). Modulation of cortical motor output maps during development of implicit and explicit knowledge. *Science*, 263 (5151), 1287-1289.
- Ramezanzade, H., Saemi, E., Broadbent, D. P. & Porter, J. M. (2022). An Examination of the Contextual Interference Effect and the Errorless Learning Model during Motor Learning. *Journal of Motor Behavior* 54 (6), 719-735.
- Ramirez-Campillo, R., Gentil, P., Moran, J., Dalbo, V. J. & Scanlan, A. T. (2019). Dribble deficit enables measurement of dribbling speed independent of sprinting speed in collegiate, male, basketball players. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Rebelo, A., Brito, J., Maia, J., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Bangsbo, J., Malina, R. M. & Seabra, A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness, and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *International Journal of Sports Medicine* 34 (4), 312-317.
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A. & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences* 18 (9), 695-702.
- Renshaw, I. & Chow, J. Y. (2019). A constraint-led approach to sport and physical education pedagogy. *Physical Education & Sport Pedagogy* 24 (2) 103-116.

- Ribeiro, J., Davids, K., Silva, P., Coutinho, P., Barreira, D. & Garganta, J. (2021). Talent development in sport requires athlete enrichment: Contemporary insights from a nonlinear pedagogy and the athletic skills model. *Sports Medicine*.
- Rico-Gonzalez, M., Pino-Ortega, J., Praca, G. M. & Clemente, F. M. (2022). Practical Applications for Designing Soccer Training Tasks from Multivariate Data Analysis: A Systematic Review Emphasizing Tactical Training. *Perceptual & Motor Skills*. 315125211073404.
- Roberts, S. J., Rudd, J. R. & Reeves, M. J. (2020). Efficacy of using non-linear pedagogy to support attacking players' individual learning objectives in elite-youth football: A randomised cross-over trial. *Journal of Sports Sciences* 38 (11-12), 1454-1464.
- Robertson, E. M. (2009). From creation to consolidation: a novel framework for memory processing. *Plos Biology*. 7 (1), e19.
- Scanlan, A. T., Wen, N., Spiteri, T., Milanovic, Z., Conte, D., Guy, J. H., Delextrat, A. & Dalbo, V. J. (2018). Dribble deficit: A novel method to measure dribbling speed independent of sprinting speed in basketball players. *Journal of Sports Sciences* 36 (22), 2596–2602.
- Schmidt, R. A. (1975). Schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review* 82 (4), 225–260.
- Schmidt, R. A. & Björk, R. A. (1992). New Conceptualizations of Practice: Common Principles in Three Paradigms Suggest New Concepts for Training. *Psychological Science* 3 (4), 207–217.
- Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C. J., Wulf, G. & Zelaznik, H. N. (2019). *Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis*. 6. painos. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Seppänen, A. (2019). Tässä ovat syyskauden Wisehockey-kärjet – kiekonhallintaa, luistelua ja syöttötarkkuutta. Viitattu 21.4.2023. <https://www.liiga.fi/fi/uutiset/13025/tassa-ovat-syyskauden-wisehockey-karjet-%E2%80%93-kiekonhallintaa,-luistelua-ja-syottotarkkuutta>
- Seppänen, A. (2020). Kiekonhallintaa, luisteluvoimaa ja syöttötaitoa – katso Liigan älykiekkokärjet. Viitattu 21.4.2023. <https://www.liiga.fi/fi/uutiset/13271/kiekonhallintaa,-luisteluvoimaa-ja-syottotaitoa-%E2%80%93-katso-liigan-alykiekkokarjet>

- Seppänen, A., Murto, F., Enqvist, H. & Setälä, M. (2022a). Liigan älykiekkotilastoista faktoja pintaa syvemmältä – osa 1/3. Viitattu 21.4.2023. <https://www.liiga.fi/fi/uutiset/15562/liigan-alykiekkotilastoista-faktoja-pintaa-syvemmalta-%E2%80%93osa-1/3>
- Seppänen, A., Murto, F., Enqvist, H. & Setälä, M. (2022b). Liigan älykiekkotilastoista faktoja pintaa syvemmältä – osa 2/3. Viitattu 21.4.2023. <https://www.liiga.fi/fi/uutiset/15566/liigan-alykiekkotilastoista-faktoja-pintaa-syvemmalta-%E2%80%93osa-2/3>
- Seppänen, A., Murto, F., Enqvist, H. & Setälä, M. (2022c). Liigan älykiekkotilastoista faktoja pintaa syvemmältä – osa 3/3. Viitattu 21.4.2023. <https://www.liiga.fi/fi/uutiset/15577/liigan-alykiekkotilastoista-faktoja-pintaa-syvemmalta-%E2%80%93osa-3/3>
- Shea, J. B. & Morgan, R. L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory* 5 (2), 179–187.
- Shea, J. B. & Wright, D. L. (1991). When forgetting benefits motor retention. / Quand l'oubli favorise la retention motrice. *Research Quarterly for Exercise & Sport* 62 (3), 293–301.
- Summers, J. J. & Anson, J. G. (2009). Current status of the motor program: revisited. *Human Movement Science* 28 (5), 566-577.
- Stark, T. W., Tvoric, B., Walker, B., Noonan, D. & Sibla, J. (2009). Ice Hockey Players Using a Weighted Implement When Training on the Ice: A Randomized Control Trial. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 80 (1), 54-61.
- Steele, C. J. & Penhune, V. B. (2010). Specific increases within global decreases: a functional magnetic resonance imaging investigation of five days of motor sequence learning. *Journal of Neuroscience*. 30 (24), 8332-8341.
- Tapsell, L. C., Binnie, M. J., Lay, B. S., Dawson, B. T. & Goods, P. S. R. (2020). Validity and reliability of a field hockey-specific dribbling speed test. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Thelen, E. & Smith, L. B. (1998). Dynamic systems theories. Teoksessa W. Damon & R. M. Lerner (toim.) *Handbook of child psychology: Theoretical models of human development*, John Wiley & Sons Inc., 563-634.

- Thietart, R. & Forgues, B. (1995). Chaos Theory and Organization. *Organization Science* 6, 19-31.
- Tsokas, P., Hsieh, C., Yao, Y., Lesburguères, E., Wallace, E. J. C., Tcherepanov, A., Jothianandan, D., Hartley, B. R., Pan, L., Rivard, B., Farese, R. V., Sajan, M. P., Bergold, P. J., Hernández, A. I., Cottrell, J. E., Shouval, H. Z., Fenton, A. A. & Sacktor, T. C. (2016). Compensation for PKM ζ long-term potentiation and spatial long-term memory in mutant mice. *eLife* 14846.
- Vahlo, J., Tuuri, K., Välisalo, T. (2022). Exploring gameful motivation of autonomous learners. *Frontiers in Psychology* 13, 825840.
- van Beers, R. J., Haggard, P. & Wolpert, D. M. (2004). The role of execution noise in movement variability. *Journal of Neurophysiology* 91, 1050–1063.
- Vleugels, R., Van Herbruggen, B., Fontaine, J. & De Poorter, E. (2021). Ultra-Wideband Indoor Positioning and IMU-Based Activity Recognition for Ice Hockey Analytics. *Sensors* 21 (14), 4650.
- Vänttinen, T., Blomqvist, M. & Häkkinen, K. (2010). Development of Body Composition, Hormone Profile, Physical Fitness, General Perceptual Motor Skills, Soccer Skills and On-The-Ball Performance in Soccer-Specific Laboratory Test Among Adolescent Soccer Players. *Journal of Sports Science & Medicine* 9 (49), 547-556.
- Waldron, M. & Murphy, A. (2013). A comparison of physical abilities and match performance characteristics among elite and subelite under-14 soccer players. *Pediatric Exercise Science* 25 (3), 423-434.
- Walker, H. M. (1940). Degrees of Freedom. *Journal of Educational Psychology* 31 (4), 253–269.
- Wilson, R. S., Smith, N. M. A., Melo de Souza, N. & Moura, F. A. (2020). Dribbling speed predicts goal-scoring success in a soccer training game. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 30 (11), 2070–2077.
- Wilson, R. S., Smith, N. M. A., Ramos, S. d. P., Giuliano Caetano, F., Aparecido Rinaldo, M., Santiago, P. R. P., Cunha, S. A. & Moura, F. A. (2019). Dribbling speed along curved paths predicts attacking performance in match-realistic one vs. one soccer games. *Journal of Sports Sciences* 37 (9), 1072–1079.
- Ölveczky, B. P., Andalman, A. S. & Fee, M. S. (2005). Vocal experimentation in the juvenile songbird requires a basal ganglia circuit. *PLOS Biology* 3 (5), e153.

LIITE 1. Tutkittavakohtaiset aikataulut. Kirjaimet tutkittavien koodeissa kertovat ryhmän, johon tutkittava kuului. PVM = pelivälinemanipulaatioryhmä, M = muuttumattoman pelivälineen ryhmä & K = kontrolliryhmä.

Tutkittava	Tutustumiskerrasta alkutestiin (päivää)	Alkutelestistä loppu- testiin (päivää)	Lopputelestistä säily- vyystestiin (päivää)
PVM1	7	56	28
PVM2	3	56	21
PVM3	7	56	21
PVM4	7	56	21
PVM5	7	56	21
PVM6	7	56	21
PVM7	11	52	28
PVM8	7	56	21
PVM9	7	56	21
PVM10	7	56	21
PVM11	3	56	21
PVM12	7	56	21
PVM13	7	56	21
PVM14	7	56	21
M1	7	56	28
M2	10	42	21
M3	21	42	21
M4	7	56	21
M5	7	56	28
M6	7	56	21
M7	7	56	21
M8	7	56	21
K1	11	56	17
K2	11	56	17
K3	11	70	3
K4	11	56	17
K5	11	63	10
K6	11	56	14