



**TURUN
YLIOPISTO**

Vaihtelun määrä taidon oppimisprosessissa

Differentiaalioppiminen ja toistoharjoittelu frisbeegolfin opetusmenetelminä

Kasvatustieteen
pro gradu -tutkielma

Laatija:
Antti Komonen

Ohjaaja:
Professori Pasi Koski

22.3.2022
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Kasvatustiede

Tekijä: Antti Komonen

Otsikko: Vaihtelun määrä taidon oppimisprosessiin – Differentiaalioppiminen ja toistoharjoittelu frisbeegolfin opetusmenetelminä

Ohjaaja: Pasi Koski

Sivumäärä: 78 sivua, 2 liitesivua

Päivämäärä: 22.3.2022

Tiivistelmä

Motoristen taitojen oppiminen on yksi liikunnanopetuksen ja oppimisen keskeisimmistä tavoitteista. Kehittyneemmät motoriset taidot ennustavat parempaa osallisuutta kohti liikunnallisesti aktiivista elämää. Ne, jotka hallitsevat lajin vaatimat motorisen taidot, harrastavat todennäköisemmin myös kyseistä lajia. Lajitaidot ovat tarkoituksenmukaisen harjoittelun lopputulos. Taitojen kehittymiseen vaikuttavat muun muassa motoriset perustaidot, harjoittelun määrä, harjoittelun laatu ja informaatio saadusta suorituksesta.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan motorisen taidon oppimista pääasiassa vaihtelun näkökulmasta. Vaihtelu on aikaisempien tutkimusten mukaan tärkeä osa tavoitteellista liikunnanopetusta. Vaihtelu tekee liikemalleistamme pysyviä ja mukautumiskykyisiä erilaisiin tilanteisiin, joita esiintyy vaativassa taidon suorittamisen ympäristöissä joka tapauksessa. Vaihtelun avulla oppija löytää lainalaisuuksia ja syy-seuraussuhteita, miten oma elimistö tuottaa koordinaatiota vaativia liikkeitä monimutkaisessa ja dynaamisessa vuorovaikutuksessa oman elimistönsä, ympäristön ja tehtävän välillä.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää ja vertailla, miten kaksi vaihtelun ääripään lähestymistapaa vaikuttavat frisbeegolfin puttaamistaidon kehittymiseen. Tutkimus toteutettiin kahden koeryhmän interventiotutkimuksena. Tutkimukseen osallistui vain täysi-ikäisiä henkilöitä (n=14), jotka harjoittelivat frisbeegolfin puttaamista kahden eri lähestymistavan mukaan. Toisen koeryhmän henkilöt harjoittelivat taitoa differentiaalioppimisen mukaan, jossa korostui runsas suoritusten välinen vaihtelu ilman ohjaajan didaktisia toimenpiteitä. Toinen koeryhmä harjoitteli frisbeegolfin puttaamista toistoharjoittelun lähestymistavan mukaan, jossa korostui ennalta määritetyn ideaalitekniikan harjoittelu vähäisellä vaihtelulla. Jälkimmäisessä ryhmässä taidon oppijat saivat palautetta ohjaajan näyttöjen sekä suullisen palautteen avulla suhteessa frisbeegolfin puttaamisen ydinkohtiin.

Koejakso koostui alku-, loppu- ja pysyvyysmittauksesta. Jokaisessa mittauksessa osallistujat suorittivat yhteensä neljäkymmentä puttia neljältä eri etäisyydeltä. Alkumittauksen ja loppumittauksen välissä oli neljän viikon interventiojakso, johon sisältyi yhteensä 280 toistoa koeryhmän opetusmuodon tavoin. Loppumittauksen sekä pysyvyysmittauksen välissä oli kahden viikon harjoittelutauko. Tutkimuksessa selvitettiin kahden eri intervention tehokkuutta suhteessa frisbeegolfin puttaamisen kehittymiseen. Tutkimuksen päätuloksena voidaan pitää differentiaalioppimisen ryhmän kehittymistä tilastollisesti merkitsevästi, kun taas perinteinen lähestymistapa ei edistänyt ryhmän oppimista tilastollisesti merkitsevästi. Ryhmien välisessä vertailussa ei kuitenkaan löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja.

Tutkimuksen tulokset tukevat aikaisempaa tutkimusta kahden eri lähestymistavan vertailusta keskenään. Differentiaalioppiminen saattaa olla varsin tehokas tapa opetella monimutkaisia motorisia taitoja. Kuitenkin osallistujien pienestä määrästä, heterogeenisyydestä ja ongelmassa tutkimuksen toteutuksessa tutkimuksen luotettavuus jäi alhaiseksi. Aiheesta tarvitaan enemmän laadukkaampaa tutkimusta ja käytännön kokeilua, jotta voidaan todeta, onko differentiaalioppiminen todellisuudessa parempi tapa harjoitella frisbeegolfin puttaamista kuin perinteinen lähestymistapa.

Avainsanat: motorinen oppiminen, dynaamisten systeemien teoria, differentiaalioppiminen, vaihtelu, frisbeegolf

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Frisbeegolf taitona	8
3	Motorinen oppiminen	11
3.1	Taidon oppimisen vaiheet	11
3.2	Harjoittelun volyymi	12
3.3	Suorituskyky ja taidon oppiminen	13
3.4	Siirtovaikutus	14
3.5	Vaihtelu ja monipuolisuus	16
3.5.1	Tilannekohtainen häirintä	19
3.5.2	Toistojen välinen vaihtelu	20
3.6	Suorituksesta saatava informaatio	22
4	Dynaamisten systeemien teoria	25
4.1	Vapausasteiden ongelma	27
4.2	Itseorganisoituminen	29
4.3	Vaihtelu dynaamisten systeemien teoriassa.....	33
5	Differentiaalioppiminen	35
5.1	Vaihtelun periaate differentiaalioppimisessa	38
5.2	Differentiaalioppimisen tuloksia	40
6	Tutkimuksen tehtävä ja tutkimuskysymykset	42
7	Tutkimuksen toteutus	43
7.1	Tutkimusjoukko.....	43
7.2	Tutkimusasetelma	44
7.3	Aineistonkeruumenetelmät	46
7.4	Differentiaalioppimisen soveltaminen interventiossa	47
7.5	Perinteisen liikunnanopetuksen soveltaminen interventiossa	50
7.6	Aineiston analyysi.....	52
7.7	Tutkimusmenetelmien luotettavuus	53

7.8	Tutkimuksen eettisyys	55
8	Tulokset	57
8.1	Frisbeegolfin puttaamisen kehittyminen differentiaalioppimisella.....	57
8.2	Frisbeegolfin puttaamisen kehittyminen toistoharjoittelulla.....	59
8.3	Ryhmien välinen vertailu	61
9	Pohdinta.....	64
9.1	Differentiaalioppimisen tehokkuus interventiossa	64
9.2	Toistoharjoittelun tehokkuus interventiossa	66
9.3	Tutkimuksen rajoitteet	67
9.4	Jatkotutkimus ehdotukset	69
	Lähteet.....	71
	Liitteet.....	79
	Liite 1. Toistoharjoitteluryhmän kirjatut tiedot	79
	Liite 2. Differentiaalioppimisryhmän kirjatut tiedot	80

1 Johdanto

Mikä on paras tapa oppia motorinen taito? Miten monimutkainen ja yksilöllinen elimistömme tuottaa ja muodostaa koordinaatiota vaativia suorituksia? Mitä motorinen oppiminen on? Mitkä asiat vaikuttavat oppimiseen? Kyseiset kysymykset ovat askarruttaneet alan asiantuntijoita vuosikymmeniä. Tutkimuksen tarkoituksena on avata, miten nykyaikaiset liikessäätelyn teorit käsittävät taidon oppimisprosessin tapahtuvan ja millaista hyvä harjoittelu oikeasti on. Lopullista ratkaisua ensimmäiseen kysymykseen tutkimus ei tarjoa.

Liikessäätelyn teorit voidaan karkeasti jakaa kahteen koulukuntaan. Ensimmäinen kirjallisuudessa esitetty tapa on harjoittaa suorittaja toteuttamaan ennalta määrättyä ideaalia tekniikkaa ohjaajan neuvon ja korjaavan palautteen avulla. Toinen lähestymistapa on harjoittaa taitoa oppijan omiin reunaehtoihin itseorganisoitumisprosessin kautta. Jälkimmäisessä lähestymistavassa ohjaaja suunnittelee tehtäviä, jotka mahdollistavat ongelmanratkaisuprosessin toistamista ja tutustumista omiin lainalaisuuksiin, kuinka kehomme tuottaa tarkoituksenmukaisia liikkeitä. (Gray 2020.)

Oli kyseessä sitten skeemateoria, yleiset motoriset ohjelmat, differentiaalioppiminen tai taitojen oppimisen ekologinen teoria, jokainen mainituista teorioista korostaa vaihtelun osuutta taidon oppimisprosessissa (Schöllhorn, Beckmann, Michelbrink, Sechelmann, Trockel & Davids 2006). Teoriasta ja tutkijoiden konsensuksesta huolimatta vaikuttaisi siltä, että frisbeegolfin opetusvideoissa ja -materiaaleissa korostuu identtinen toistaminen. Taustalla saattaa olla virheellinen ja vanhanaikainen ajatus taitojen oppimisen luonteesta. Identtinen toistaminen edistää heikosti taidon pysyvyyttä sekä siirtovaikutusta (Lee & Choi 2010).

Motorisella oppimisella tarkoitetaan harjoittelun aikaansaamaa tapahtumasarjaa, joka johtaa pysyviin muutoksiin potentiaalissa tuottaa liikettä (Schmidt & Wrisberg 2000, 12). Motorista oppimista on harjoitussuorituksen kehittyminen, suorituksen yhdenmukaistuminen, sekä taidon pysyvyyden kehittyminen. Lisäksi suoritus on mahdollista siirtää uuteen ympäristöön. Taito ei ole rajallinen vain siihen ympäristöön, jossa se alun perin opittiin. (Jaakkola 2018.) Taidon oppimiseen vaikuttavat muun muassa harjoittelun määrä, vaihtelu määrä sekä suorituksista saatava informaatio (Kalaja 2009). Taidon oppimiseen vaikuttaa myös muun muassa motivaatio (Ryba, Aunola, Ronkainen, Selänne & Kalaja 2016). Motivaatio on kuitenkin jäänyt tämän tutkimuksen rajauksen ulkopuolelle.

Aikaisempien tutkimuksien mukaan vähäinen vaihtelu suorituksissa saattaa nostattaa taidon suorituskykyä nopeasti mutta hetkellisesti (Shea & Morgan 1979; Magill & Hall 1990). Motorisen oppimisen määritelmässä korostuvat taidon pysyvyys ja taidon siirtovaikutus. Valmentajan, liikunnanopettajan tai itse oppijan näkökulmasta voisi olla tarkoituksenmukaisempaa suorittaa onnistuneita suorituksia monimutkaisessa ja dynaamisessa oikean pelin asetelmassa kuin suhteellisen muuttumattomissa harjoitteluolosuhteissa. Vaihtelun määrän lisääminen harjoitteluolosuhteissa on todettu lisäävän taidon pysyvyyttä sekä siirtovaikutusta. (Shea & Morgan 1979; Schöllhorn ym. 2006; Lee & Schmidt 2014.) Vaihtelu suoritusten välillä tekee taidostamme joustavamman ja mukautumiskykyisemmän. Liikemalli jäsentyy ja täsmentyy erilaisten suoritusten vertailun johdosta. Lisäksi pelitilanteessa motorista taitoa ei ole mahdollista suorittaa lyhyestä työmuistista, vaan ratkaisu liikeongelmaan pitää rakentaa aina erikseen. (Kalaja 2009.) Saman suorituksen toistaminen muuttumattomana voidaan todeta laiminlyövä motorisen taidon suorittamiseen tarvittavan tarkoituksenmukaisen havainnoinnin ja päätöksenteon osuutta (Thelen 1989; Lee & Choi 2010).

Vaihtelua voidaan lähestyä ideaalin suorituksen muokkaamisen näkökulmasta sekä dynaamisten systeemien teorian kautta. Dynaamisten systeemien teorian mukaan taidon oppiminen on nonlinearinen tapahtuma, joka ei tapahdu suoraviivaisesti harjoittelun määrän suhteen eikä samalla tavalla yksilöiden välillä. (Gallahue, Ozmun & Goodway 2012, 28–29.) Taidon oppimiseen vaikuttavat yksilön, ympäristön ja tehtävän erilaiset tekijät eli reunaehdot (Clark 1995). Oppiminen nähdään lähestymistavan mukaan prosessina, joka vaikuttaa yksilön sisäiseen dynamiikkaan. Sisäisen dynamiikan muuttuminen nähdään uuden sekä vanhan koordinaatiomallin välisenä kilpailuna, jonka seurauksena sisäinen dynamiikka kehittyy oppimisen tuotteena (Chow, Davids, Button & Renshaw 2016, 46). Uuden ja vanhan koordinaatiomallin vertailu ei ole mahdollista ilman vakaiden liikemallien vertailua ja siitä seuraavaa itseorganisoitumisprosessia, joka vaatii suoritusten välistä vaihtelua (Kugler, Kelso & Turvey 1980, 41–45).

Tutkimuksessa vertailtiin keskenään differentiaalioppimista ja perinteistä identtisiin toistoihin perustuvaa opetusmenetelmää frisbeegolfin kontekstissa. Differentiaalioppimista voidaan pitää perinteisen toistoharjoittelun toisena ääripäänä. Differentiaalioppimisessa harjoitukset suunnitellaan niin, että harjoittelukerran sisällä ei toisteta samaa harjoitetta samanlaisena. Tutkimus toteutettiin kahden ryhmän kolmen mittauksen interventiotutkimuksena. Liikunnantaitojen oppimisen teoria sekä käytännön toteutus vaikuttaisivat eroavan paljon

toisistaan. Tutkimuksen tarkoituksena on saada tietoa siitä, kuinka frisbeegolfin puttaamista opitaan oikean elämän tilanteissa tehokkaimmin. Motorisen oppimisen eri lähestymistapoja ei ole aikaisemmin verrattu toisiinsa frisbeegolfin kontekstissa.

2 Frisbeegolf taitona

Frisbeegolf muistuttaa säännöiltään ja perusajatukseltaan golfia. Mailojen ja pallojen sijasta frisbeegolfissa käytetään erilaisia kiekkoja ja reiän sijaan peliväline on tarkoitus saada väylän päätteeksi metalliseen koriin. Pelialueena toimii väylät, jotka alkavat tiiauspaikalta ja loppuvat siihen, kun kiekko on saatu koriin. Rata muodostuu useammasta eri pituisesta väylästä – tyypillisesti yhdeksästä tai kahdeksastatoista väylästä. Frisbeegolfista motorisen taidon lisäksi tekee haastavan pelialueen ominaisuudet. Väylällä voi olla esimerkiksi puita, kasvillisuutta, vesiesteitä ja korkeuseroja, jotka tulee ottaa huomioon motorista suoritusta tehdessä. Lisäksi keliolosuhteet kuten sade ja tuuli vaikeuttavat suoritusta. Paras pelaaja on se, joka heittää vähiten kertoja kierroksen aikana. (Oldakowski & Mcewen 2013.)

Frisbeegolf on urheilumuoto, jolle on tyypillistä suhteellisen vapaa luonnossa tapahtuva toiminta ja toiminnan laadun voi määritellä itse (Vernegaard, Johansen & Haugen 2017). Frisbeegolf on koko ajan kasvava laji. Kasvusta kertoo esimerkiksi se, että Suomen frisbeegolfliiton jäsenmäärä kasvoi reilusta viidestä tuhannesta reiluun kymmeneen tuhanteen vuosien 2019–2021 välillä. Lisäksi ratoja rakennetaan koko ajan lisää. (Suomen frisbeegolfliitto 2022.) Internet on pullollaan erilaisia ohjeita ja neuvoja, kuinka taidossa kehittyä ja mitä tulisi tehdä kehittyäkseen. Ohjeissa korostuu puttaamisen identtiset toistot ja lihaskuorman rakentaminen. Tässä tutkimuksessa yritetään avata, mitä mieltä eri liikunnanoppimisteorioiden ovat taidon oppimisen luonteesta ja vertailla näiden tehokkuutta motorisen oppimisen kannalta.

Motoriset taidot ovat aktiviteetteja tai tehtäviä, jotka vaativat tarkoituksenmukaista nivelten ja vartalonsien liikuttamista tietyn tavoitteen saavuttamiseksi. Jokainen oppimamme motorinen taito on usein pitkän ja vaikean prosessin tulos. (Magill & Anderson 2014, 3.) Frisbeegolfin puttaaminen, jalkapallon pomputtelu ja voltin tekeminen ovat kaikki motorisia taitoja, joilla on omat ominaispiirteensä. Ominaispiirteiden mukaan motoriset taidot voidaan luokitella erilaisiin kategorioihin (Gallahue & Donnelly 2003, 53). Kyseinen jaottelu ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista. Kuitenkin jaottelu antaa taidon opettajille karkean kuvan taidon luonteesta. Onko liikettä syytä rikkoa pienempiin kokonaisuuksiin, mitkä asiat ovat taidon oppimisen kannalta oleellista tai miten ympäristö vaikuttaa suoritukseen?

Taitoja voidaan luokitella monella eri tavalla. Luokittelutavasta huolimatta yksikään ei kykene täysin kuvailemaan ihmisen liikkeen monimutkaisuutta. Yksi luokittelun tapa on

jakaa taidot lihasten käytön, keston, ympäristön ja taidon tarkoituksen mukaan. (ks. Taulukko 1.) Luokitteluun ei pidä luottaa täydellisesti, ja selkeä erottelu ja luokittelu ei ole aina mahdollista tai edes tarpeenmukaista. (Gallahue, Ozmun & Goodway 2012, 15–17.)

Taulukko 1. Yksiuotteinen malli motoristen taitojen luokitteluun Gallahueta, Ozmunta ja Goodwaytä (2012) mukaillen.

Lihasten käyttö	Suorituksen kesto	Ympäristö	Taidon tarkoitus
Karkeamotorinen taitto: Taidon suorittamiseen käytetään useita isoja lihasryhmiä (hyppääminen, heittäminen)	Erillistaito: Taidolla on selkeä alku ja loppu (puttaaminen, pesäpallon lyönti)	Avoin taito: Taito suoritetaan ennalta arvaamattomassa ja muuttuvassa ympäristössä (kamppailulajit, invaasiopelit)	Tasapainotaito: Suoritus vaatii joko tasapainon tuottamista tai säilyttämistä (seisominen, lankulla kävely)
Hienomotorinen taito: Taidon suorittamiseen käytetään useita pieniä lihaksia, usein tarkkuutta vaativissa tehtävissä (kirjoittaminen)	Sarjataito: Taidon suorittamiseen vaaditaan monta erillistä suoritusta peräkkäin (permantosarja, uimahyppy)	Suljettu taito: Taito suoritetaan vakaassa ja muuttumattomassa ympäristössä (darts, tietokoneella kirjoittaminen)	Liikkumistaito: Keho siirretään paikasta A paikkaan B (esteelle hyppääminen, juokseminen, kieriminen)
	Jatkuva taito: Taitoa suoritetaan jatkuvasti tietyn ajan verran (uiminen, juoksu)		Välineenkäsittelytaito: Pelivälineen liikuttamisen tai vastaanottaminen vaatii voiman käyttöä (tennis, rugby)

Ympäristön vaikutuksen mukaan motoriset taidot voidaan jakaa tämän lähestymistavan mukaan suljettuihin ja avoimiin taitoihin. Suljetut taidot suoritetaan suhteelliseen vakaisa ja ennalta määrättyissä olosuhteissa. Lisäksi taidot suoritetaan ilman ulkoista aikapainetta.

Taidon suorittamisen onnistumiseen voi vaikuttaa muuttujat kuten tuuli ja etäisyys. Kyseiset parametrit voidaan kuitenkin huomioida ennen liikkeen suorittamista. (Holfelder, Klotzbier, Eisele & Schott 2020.) Avoimet taidot nähdään taas taitoina, joissa on tyypillistä alati muuttuvat tilanteet, aktiivinen päätöksenteko ja vuorovaikutus vastustajien sekä omien joukkueelaisten kanssa (Gu, Zou, Loprinzi, Quan & Huang 2019).

Luokittelua avoimiin ja suljettuihin taitoihin ei tule pitää tarkkana kahtiajakona. Schmidt ja Lee pitävät ääripäitä eräänlaisena janan päätepisteinä, ja taidot sijoittuvatkin ääripäiden väliin oman lajinsa luoteen mukaan. (Schmidt & Lee 1999, 18.) Tässä tapauksessa olisi parempi käyttää jotain muuta taitojen luokittelumallia. Esimerkiksi Gentilen kaksiuotteinen malli määrittäisi frisbeegolfin puttaamisen välineenkäsittelytaidoksi, jossa keho on paikallaan ja

ympäristö on liikkumaton, mutta muuttuva (Jaakkola 2010, 52; Gallahue, Ozmun & Goodway 2012, 17–18). Kyseinen lähestymistapa erottaisi paremmin esimerkiksi dartsin ja frisbeegolfin toisistaan. Frisbeegolfissa suorituksessa tulee ottaa huomioon ympäristön erilaisia vaatimuksia, jotka käsiteltiin aikaisemmin (ks. Oldakowski & Mcewen 2013). Puut, tuuli, esteet ja epätasaiset maaston muodot pakottavat meitä suorittamaan tehtävä suhteessa näihin ympäristön vaatimuksiin. Samaa liikemallia ei ole täten mahdollista aina suorittaa. Liikesäätelyn teorialat ovat samaa mieltä vaihtelun merkityksestä, jos olosuhteet taidon suorittamisessa ovat vaihtelevia. Frisbeegolfin puttaamiseen muuttujia voi olla esimerkiksi edellä mainitut asiat kuin myös ennalta määrämätön suoritusetaisyys. Kalaja tiivistääkin: ”Jos kilpailusuoritus tapahtuu vaihtelevissa olosuhteissa, myös harjoitteluolosuhteiden tulee vaihdella” (Kalaja 2016, 236). Edellä mainituista syistä haluaisinkin kutsua frisbeegolfia puolisuljetuksi taidoksi.

Frisbeegolfin puttaaminen on avauksen ja lähestymisheiton ohella taito, jota käytetään varsinkin korin läheisyydessä. Putattaessa käytetään lähes aina rystyotetta. Avaukseen ja lähestymisheittoon verrattuna puttiote on kevyempi ja rennompi. Tyypillistä on myös, että otteessa kaikki sormet levitetään kiekon pinnalle mahdollisimman laajasti. Rento ja tasainen ote edesauttaa pelivälineen irrottamista hitaissa nopeuksissa. (Piironen 2020.) Puttaamisessa on lähtökohtaisesti kaksi eri asentoa, jotka ovat haaraputti ja suoraputti. Asennot eroavat toisistaan muun muassa jalkojen asentona ja miten ne ajavat liikettä. Lisäksi on kaksi eri puttaustekniikkaa, jotka ovat kierre- ja työntöputti. Työntöputin suurin virhe on liiallinen ranteen käyttö, kun taas kierreputissa liiallinen kyynärvarren käyttö on virheellistä. Piironen (2020) erittelee myös muita puttaamisen ydinkohtia, joita käytetään liikkeen ydinkohtina toisen koeryhmän interventiossa. (ks. Taulukko 5. sivu 51)

3 Motorinen oppiminen

Motorisella oppimisella tarkoitetaan pysyviä oppijan käyttäytymisen tai ajattelun muutoksia, jotka tapahtuvat kokemuksen tai harjoittelun seurauksena, eivätkä kuitenkaan kypsyyden tai sattuman kautta. Oppimisprosessissa on silmällä mahdollista havaita vain kehittymisen vaikutus käyttäytymiseen. (Zimmer 2001; Varstala 2007.) Motorista oppimista on harjoitussuorituksen paraneminen, suoritusten yhdenmukaistuminen, taidon pysyvyyden kehittyminen ja suoritus on mahdollista siirtää uuteen ympäristöön. Taito ei ole siis sidonnainen vain siihen tiettyyn ympäristöön, jossa taito alun perin opittiin. (Magill & Anderson 2014, 5–6; Jaakkola 2018, 20.) Motoristen taitojen oppimiseen vaikuttavat muun muassa harjoittelun määrä, vaihtelun määrä harjoittelussa sekä suorituksesta saatava informaatio (Kalaja, 2009). Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi, mitä kaikki edellä mainitut asiat tarkoittavat motorisen oppimisen näkökulmasta.

3.1 Taidon oppimisen vaiheet

Taidon oppimisprosessi voidaan jakaa Fitssin ja Posnerin mallin mukaan kolmeen vaiheeseen, jotka ovat taidon kognitiivinen, assosiatiivinen sekä automaatio vaihe (Taylor & Ivry 2012; Dahms, Brodoehl, Witte & Klinger 2020). Taidon oppimisen alkuvaiheessa oppija keskittyy paljon kognitiivisiin ongelmiin. Oppija miettii taitoa suorittaessaan esimerkiksi sitä, mitä tapahtuu ja miten käden tulee liikkua. Taidon suorittaja havaitsee virheitä omasta suorituksestaan, mutta ei osaa tehdä asialle mitään. Alkuvaiheelle on tyypillistä virheiden suuri määrä, suoritusten välinen vaihtelu sekä epäjohdonmukaisuus. (Magill 2011, 266.) Liikkeiden säätely on siis tässä vaiheessa hyvin tietoista toimintaa. Nopeampi oppija kykenee ratkaisemaan tehtävän onnistumisen kannalta tärkeät ongelmat aikaisemmin kuin muut ja kehittyä muita nopeammin varsinkin kognitiivisessa vaiheessa (Jaakkola 2010, 104).

Siirtyminen taidon oppimisen seuraavaan vaiheeseen tapahtuu yksilöllisesti harjoittelun ja oppimisprosessin etenemisen myötä. Kyseisessä assosiatiivisessa eli taidon harjoitteluvaiheessa tietoinen liikkeiden säätely vähentyy ja suorituksista tulee sujuvampia ja yhdenmukaisempia. Oppija on löytänyt syy-seuraussuhteita siitä, mitä tarvitaan onnistuneen suorituksen toteuttamiseen. Harjoitteluvaiheessa taitoa jalostetaan entisestään ja suorituksesta tulee koko ajan toistettavampi. Oppija osaa myös itse havainnoida ja korjata suorituksessa ilmeneviä epäkohtia. (Magill 2011, 266.)

Runsaan, pitkäkestoisen ja tarkoituksenmukaisen harjoittelun seurauksena on mahdollista päästä lopuksi ekspertin tasolle. Taidon hallitsijan suoritukset tapahtuvat kuin automaattisesti niitä enempää miettimättä. Liikkeet näyttävät sulavilta, vaivattomilta ja suoritusten välillä on vähän ulkoisesti havaittavaa vaihtelua. Taidon hallitsijat havaitsevat virheen aiheuttajia omasta suorituksestaan ja osaavat hienosäätää liikettään tarkoituksen mukaisesti tehtävän suorittamisen kannalta. Edelliset kolme vaihetta ovat vain suuntaa antavia ja taidon oppija voi olla jossain tasojen välissä ja myös palata taaksepäin. Taidon oppimisprosessin nopeus riippuu niin kyseessä olevasta taidosta, oppijasta, oppijan aikaisemmista kokemuksista sekä miten harjoitellaan. (Magill 2011, 267.)

3.2 Harjoittelun volyymi

Huipulle pääsemiseen taidossa kuin taidossa vaikuttaa monta eri tekijää. Harjoittelun määrä on kuitenkin kivijalka, jonka päälle taitojen oppiminen rakentuu (Ericsson 2006). Motoristen taitojen oppimiselle on tyypillistä, että taidon oppimisen alkuvaiheessa oppiminen on nopeaa ja oppimisprosessin edetessä prosessi hidastuu. Näiden huomioiden pohjalta on syntynyt matemaattinen kaava, joka tunnetaan myös nimellä harjoittelun mahtilaki (Power Law of Practice). Mahtilaki korostaa harjoittelun määrän ja oppimisen välistä yhteyttä. Crossmanin tutkimuksessa (1959) havaittiin, että yksinkertaisissa motorisissa tehtävissä suurin osa oppimisesta tapahtui ensimmäisen kahden vuoden aikana. Oppimista tapahtui ensimmäisten vuosienkin jälkeen, mutta kehitys oli huomattavasti hitaampaa. (Magill 2011, 271–272).

Huipputason saavuttaminen vaatii tuhansien tuntien sekä monien vuosien kestoista tarkoituksellista harjoittelua, jossa korostuu vaikeustason nostaminen ja monipuolisuus taidon oppimisprosessin edetessä (Ericsson 2006). Ericssonin töiden pohjalta Malcolm Gladwell esitteli vuonna 2008 teoksen nimeltä kuka menestyy ja miksi? (The story of success). Gladwell esitteli niin sanotun 10000 tunnin säännön. Gladwellin (2008, 37–41) mukaan kymmentuhatta tuntia minkäläistä harjoittelua tahansa tekee kenestä tahansa mestarin taidossa kuin taidossa. Gladwellin kirja on nostattanut paljon keskustelua motorisen oppimisen alalla (Ericsson 2013; Chow ym. 2016, 14–15). Ericssonin (2013) mukaan heidän aikaisemmassa tutkimuksessaan tosiasiaa selvisi, että huippuviulistit olivat ilmoittaneet kyseisen määrän keskiarvoltaan omaksi harjoittelumääräkseen. Kuitenkin Ericssonin (2013) mukaan Gladwell yleistä tuloksia eikä ottanut huomioon esimerkiksi päämääräistä ja tarkoituksenmukaista harjoittelua. Lisäksi tuntimäärää ei voida yleistää kaikkiin taitoihin ja

yksilöihin, kuten Gladwell väittää (Ericsson 2013). Toisin sanoen alkuperäisen tutkimuksen tekijät ovat todenneet Gladwellin kommentit vääriksi.

Harjoittelun määrä ei ole ainoa asia, mikä selittää oppimista. Taidon oppiminen on yksilöllinen prosessi, joka tapahtuu yksilöillä eri tavalla. Oppimiseen vaikuttavat yksilön, tehtävän sekä ympäristön mahdollisuudet ja rajoitteet (Phillips, Davids, Renshaw & Portus 2010). Oppimisnopeuksissa on havaittu olevan suuria eroja yksilöiden välillä. Taidon oppimiseen voi vaikuttaa myös siirtovaikutus muista lajeista ja näyttäisi siltä, että harjoittelun määrä ei ennusta samaa tulosta kaikille taidoille ja yksilöille. (Howard 2014). 10 000 tunnin sääntöä on kritisoitu paljon ja sitä tulisi pitää vain havainnollistavana mittarina vaadittavasta työn määrästä. Tästä huolimatta se ottaa huomioon liikunnantaitojen oppimisen kaksi ominaista elementtiä.

1. Jokainen oppimamme motorinen taito on pitkän ja usein vaikean prosessin tulos (Magill & Anderson 2014, 3–6).
2. Vaatimustasoa tulee nostaa taidon oppimisprosessin edetessä. (Jaakkola 2010, 178, 194).

Synnynäisten tekijöiden ja lahjojen vaikutusta oppimiselle ei voi kiistää, mutta parhaiten menestyneet urheilijat harjoittelevat määrältään enemmän ja tarkoituksenmukaisemmin kuin muut (Jaakkola 2010, 110). Vain harjoittelemalla hermoverkostot kehittyvät, sekä hermoimpulsseista tulee nopeampia. (Kalaja 2016, 234–235.)

3.3 Suorituskyky ja taidon oppiminen

Tässä vaiheessa on hyvä erottaa toisistaan kaksi termiä, jotka voivat mennä sekaisin keskenään – suorituskyky ja taidon oppiminen. Aikaisemmin käytiin läpi motorisen oppimisen käsite, jonka määrittelyssä korostui sana pysyvyys. Suorituskykyyn vaikuttaa monta tekijää. Vaikuttavia tekijöitä voi olla esimerkiksi harjoittelumenetelmä, ulkoinen palaute, motivaatio, keskittyminen ja fyysinen kunto (Magill 2011, 12). Perinteiset liikunnan opetusmenetelmät korostavat liikkeen toistettavuutta, vaikka pääpainona tulisi olla lopputuloksen toistettavuus. Schmidtin ja Leen (2014) mukaan perinteinen lähestymistapa on liikunnantaitojen oppimisessa viallinen. Perinteistä näkemystä voidaan verrata vasaralla metalliin lyömiseen. Mitä enemmän objektia lyödään, sitä syvempi ja pysyvämpi jäljestä

tulee. Taitojen oppimisessa suurempi määrä identtisiä toistoja ei kuitenkaan takaa pysyvämpää ja parempaa oppimista. Itseasiassa vaikuttaisi siltä, että perinteinen toistojen hakkaaminen on heikompi tapa oppia taitoja kuin vaihteluun keskittyvät lähestymistavat. (Lee & Schmidt 2014.)

Taidon harjoitteluvaiheessa suorittajan suorituskky voi parantua paljon harjoittelutavasta riippuen. Blokkiharjoittelussa oppijaa ohjataan kohti virheetöntä suoritusta suhteellisen muuttumattomissa olosuhteissa. Ohjaaja antaa palautetta virheistä ja suorituskky voi olla todella korkealla tasolla. Näin hankittu suorituskky on tutkimusten mukaan helposti häviävää, eikä taito siirry oikeaan tilanteeseen olosuhteiden muuttumisen myötä. Taidon pysyvyyttä tai siirtovaikusta mitattaessa ei enää anneta palautetta ja olosuhteet voivat olla erilaisia, jotta nähdään, onko jotain oikeasti opittu. Siirtovaikutusmittausten avulla voidaan arvioida, millainen oppimistapa on tehokkain poistamalla väliaikaiset tekijät harjoitteluolosuhteissa, jotka vaikuttavat suorituskkyyn. (Lee & Schmidt 2014.)

Pysyvyyssmittauksen tarkoituksena on tutkia taidon harjoittelun ansiosta parantuneen suorituskvyn pysyvyyttä. Pysyvyyssmittaus pidetään harjoittelujakson jälkeen, ja tässä välissä taitoa ei harjoitella. Harjoittelutauon pituus on jokseenkin tulkinnanvarainen. Kuitenkin harjoittelutauon tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta suorituskkyyn vaikuttavat hetkelliset tekijät häviävät ajan myötä. Pysyvyyssmittauksessa havainnoidaan eroa alkumittauksen sekä pysyvyyssmittauksen välillä. Jos näiden kahden mittauksen välillä tapahtuu merkittävää parannusta, voidaan olettaa oppimisen tapahtuneen. (Magill 2011, 254–256.) Harjoittelun tehokkuutta tulisikin mitata harjoittelujakson päätyttyä oikean elämän tilanteissa.

Suorituskvyn hetkellinen paraneminen harjoittelun aikana ei ole motorista oppimista. (Schmidt & Wrisberg 2000, 243.) Oppiminen on suhteellisen pysyvää ja pitkäkestoista, kun taas suorituskky kuvastaa taidon suorittajan kykyä suorittaa taito tietyllä hetkellä (Kalaja 2022). Luvussa edellä mainituista syistä johtuen loppumittauksessa mitattavaa asiaa kutsutaan tässä tutkimuksessa suorituskvyksi. Taidon pysyvyyttä mitataan tutkimuksessa pysyvyyssmittauksessa.

3.4 Siirtovaikutus

Taitojen oppiminen ei koostu pelkästään itse taidon harjoittelutilanteesta, vaan myös kvyystä siirtää opittu taito uusiin olosuhteisiin ja tehtäviin. Oletetaan, että olet oppinut pelaamaan

tennistä ja nyt haluat oppia pelaamaan padelia. Tenniksen ja padelin välillä on yhtäläisyyksiä. Kummatkin lajit vaativat välineenkäsittelytaitoja. Molemmissa käytetään mailaa pallon lyömiseen ja pelaamisessa oma toiminta pitää suhteuttaa vastustajan toiminnan mukaan. Lajien välillä on kuitenkin myös eroja, esimerkiksi pallon ja mailan käytön dynamiikassa, kenttäpinnassa ja säännöissä. Nämä yhtäläisyydet ja erot voivat johtaa sekä positiiviseen että negatiiviseen siirtovaikutukseen (Seidler 2010). Pysyvän taidon oppimisen lisäksi taidon harjoittajat ovat kiinnostuneita oppimisen siirtovaikutuksesta. Siirtovaikutusta mitattaessa pyritään määrittämään miten aikaisemmin opittu taito ja oppijan liikkumiskokemukset vaikuttavat uuden taidon oppimiseen tai suorittamiseen. Aikaisemmat kokemuksemme voivat olla joko hyödyllisiä tai haitallisia uuden taidon oppimisprosessissa (Schmidt & Wrisberg 2000, 180–183). Siirtovaikutuksella tarkoitetaan sitä, miten aikaisemmat kokemukset vaikuttavat taidon toteuttamiseen tai taidon oppimiseen toisessa tilanteessa kuin siinä, missä taito opittiin alun perin (Jaakkola 2010, 95). Siirtovaikutuksen tehoon vaikuttavat muun muassa motoriset perustaidot, taitojen samankaltaisuudet, ympäristöjen samankaltaisuudet ja se miten harjoitellaan (Schmidt & Wrisberg 2000, 180–183).

Motorisilla perustaidoilla tarkoitetaan liikunnan perustaitoja eli hyppäämistä, juoksemista, heittämistä ja kiinniottamista. Taitonäkökulmasta kyseiset perusliikuntataidot ovat perusta erilaisten motoristen taitojen oppimiselle ja luovat pohjan koko elämänmittaiselle liikunnalliselle harrastustoiminnalle (Jaakkola 2016, 19). Näiden taitojen hallitseminen on edellytys vaativampien lajitaitojen oppimiselle. Motoristen perustaitojen harjoittelu on myös yksi koulun liikunnanopetuksen tavoitteista. (Opetushallitus 2016.) Lapset, jotka eivät opi motorisia perustaitoja, kehittyvät lajitaitoja harjoitellessa hitaammin kuin perustaitojen hallitsijat (Zuvela, Bozanic & Miletic 2011). Motoristen perustaitojen harjoittelemattomuuden tai yksilön rajoitteiden johdosta, emme voi vaatia samoja tavoitteita kaikilta yksilöiltä. Jos halutaan saavuttaa samat tavoitteet heikommilla motorisilla perustaidoilla varustetun henkilön kanssa, tulee harjoittelun määrää ja laatua nostaa (Schmidt & Wrisberg 2000, 185).

Taidon suorittaja voi hyvin omata riittävät motoriset taidot tehtävän suorittamisen kannalta, mutta ympäristön muuttuessa taidon suorittaminen ei enää onnistu. Esimerkiksi ohjaajan palautteen ja tutun ympäristön ansiosta, liikuntarajoitteinen osaa käyttää apuvälineitä oman toimimensa tueksi. Kotona ilman tukea sama tehtävä ei välttämättä enää onnistu. Liikunnan näkökulmasta koripalloilija kykenee upottamaan harjoittelussa hyvällä todennäköisyydellä erilaisia heittoa eri paikoista. Kuitenkin pelitilanteessa samat heitot pysähtyvät blokkiin, koska kyseisessä tilanteessa ratkaisu ei ollut mahdollinen tai heitto lähtee liian matalalta

uuden rajoitteen takia (Schmidt & Wrisberg 2000, 185). Taidon siirtovaikutus ja pysyvyys voidaan kiteyttää matematiikan oppimiseen. Koulumaailmassa oppimisen mittaamiselle on tyypillistä erilaiset kokeet ja testit. Matematiikan oppimista arvioidaan koetilanteessa, joka järjestetään jokin aika oppimistilanteen jälkeen. Matematiikan kokeessa oppilas ei enää saa ohjausta ja neuvoja opettajaltaan, vaan joutuu laskemaan ja päättämään tehtävät itsenäisesti. Ensinnäkin koetilanne on eri päivänä kuin varsinainen harjoittelutilanne sekä matematiikan kokeessa opittua taitoa joudutaan soveltamaan erilaisissa tehtävissä. Lähtökohtaisesti voimme olettaa, että parhaan koenumeron saa oppilas, jolla laskutaito on pysyvää ja sovellettavissa.

Aikaisemmin ajateltiin, että jokaista yksittäistä motorista taitoa edustaa aivoissamme tietty motorinen ohjelma, jonka pohjalta kukin taito suoritetaan. Erilliset taidot eivät ole yhteydessä keskenään, koska taidot sisältävät ympäristöön, havaitsemiseen ja kognitiivisiin prosesseihin liittyviä piirteitä, jotka ovat tilannekohtaisia eivätkä näin sidoksissa toisiinsa. Nykytiedon mukaan keskushermostomme sisältää yleisiä motorisia ohjelmia, jotka vastaavat saman kaltaista taidoista. Heittämisen yleinen motorinen ohjelma vastaa erilaisista heitoista erilaisilla välineillä, jotka tapahtuvat eri suunnista ja korkeuksista. Yleisten motoristen ohjelmien näkökulmasta aikaisemmat opitut erilaiset heittämiseen perustuvat taidot selittävät uuden heittotaidon oppimista. (Jaakkola 2010 93.) Samanlaisuuksia voidaan löytää liikkeen lisäksi samanlaisista ympäristön sekä tehtävien vaatimuksista. Nyrkkisääntönä voimme pitää, että siirtovaikutus on vahvempaa, mitä enemmän taidon harjoittelutilanteessa ja taidon toteutustilanteessa on samanlaisia tekijöitä. (Schmitch & Wrisberg 2000, 180–184.)

3.5 Vaihtelu ja monipuolisuus

Motoristen taitojen oppiminen tapahtuu dynaamisessa vuorovaikutuksessa oppijan ja oppimisympäristön välillä. Nykytiedon mukaan harjoitteluympäristöjen ja tehtävien rakentamista ja muokkaamista pidetäänkin taitojen opettamisen yhtenä keskeisimpänä didaktisena toimenpiteenä (Jaakkola 2019). Vaihtelu ja monipuolisuus tehtävissä ovat tärkeitä ominaisuuksia oppimisympäristölle. Ne parantavat oppijan kykyä suorittaa opittu taito ja edistävät opitun taidon pysyvyyttä sekä siirtämistä erilaisiin tilanteisiin. (Shea & Morgan 1979; Schmidt & Lee 1999, 298–310; Magill & Anderson 2014, 383; Schöllhorn 2016; Chow ym. 2016, 50.) Vaihtelu on kuitenkin monitulkintainen termi. Sillä voidaan motorisen oppimisen kontekstissa tarkoittaa montaa eri asiaa. Vaihtelu ymmärretään myös liikesäätelyn teorioissa eri tavalla.

Liikesäätelyn viitekehykset voidaan karkeasti jakaa informaatioprosessointi teorioihin sekä dynaamisten systeemien teoriaan pohjautuviin lähestymistapoihin (Pesce ym. 2019; Gray 2020). Tässä alaluvussa käsitellään vaihtelu informaatioprosessoinnin viitekehyksessä. Dynaamisten systeemien teoriaan avataan tarkemmin luvussa neljä.

Informaatioprosessoinnin teoriasuunnassa keskiössä on keskushermoston sisäinen toiminta (Jaakkola 2010, 33). Lähestymistavan mukaan aivoja voidaan verrata eräänlaiseksi tietokoneeksi. Aivomme varastoivat ja palauttavat tiedon tarvittaessa. Taidon harjoittelun ja oppimisen seurauksena taito tallentuu aivoihimme motorisena ohjelmana. (Clark 1995). Motorinen ohjelma voidaan nähdä joukkona erilaisia lihaskomentoja, joita tarvitaan tietyn liikkeen toteuttamiseen. Ennen suorituksen aloittamista motorinen ohjelma valitaan liikkeen toteuttamiseen. Suoritus pystytään näin toteuttamaan kokonaisuudessaan enempiä miettimättä motorisen ohjelman avulla (Keele 1968). Teorian mukaan useille motorisille toiminnoille, varsinkin nopeakestoisille ja vakaisissa olosuhteissa suoritetuille toiminnoille (tikanheitto, uimahyppy, frisbeegolf), taidon suorittaja suunnittelee liikkeen etukäteen, jonka jälkeen taito suoritetaan lähes itsestään sitä enempiä miettimättä (Schmidt & Wrisberg 2004, 124).

Informaatioprosessoinnin alle mahtuu monta erilaista lähestymistapaa ja nykypäivänä ehkä klassisin on Schmidtin (1975) skeemateoria. (Jaakkola 2010, 93). Vaihtelun merkitys perustuu liikesuoritusten sisäisiin malleihin, skeemoihin, eli mielikuviin toteutettavasta suorituksesta. Jokaisesta liikkeestä on olemassa yleisluontoinen sisäinen malli, joka täsmentyy aina kulloisenkin tilanteen mukaan. Esimerkiksi korkeissa ja matalissa pesäpallonheittoissa pohjalla on sama muuttumaton heittämisen liikemalli. Vaihtelemalla liikesuoritusta sisäinen malli jäsentyy ja täsmentyy. (Kalaja 2016, 235.)

Schmidtin mukaan motoriset ohjelmat eivät ole täysin tehtäväsidonnaisia.

Keskushermostoomme sisältyy yleisiä motorisia ohjelmia, jotka vastaavat samankaltaisten liikkeiden säätelystä. Yleinen motorinen ohjelma on joustavampi ja mukautuvampi kuin aikaisemmin ajateltiin. Teorian mukaan motorisissa ohjelmissa on myös muuttuvia suorituksen ominaispiirteitä. Muuttuvia ominaispiirteitä ovat eri heittämiseen liittyvien motoristen taitojen ominaispiirteet. Esimerkiksi keihäänheitossa ja baseballin heitossa liikeradat eroavat toisistaan, mutta samankaltainen heittämisen liikevirtaus löytyy molemmista suorituksista. Myös motorisen ohjelman parametrit voivat vaihdella saman motorisen taidon suorittamisen aikana. Pesäpallon heittoon käytettävä nopeus ja voima riippuvat siitä, kuinka kauas palloa tulee heittää. Mitä monipuolisempaa motorisen ohjelman

harjoittelu on, sitä paremmin hermolihasjärjestelmämme pystyy tuottamaan tarkoituksenmukaisia suorituksia ympäristön haasteisiin. (Jaakkola 2010, 93.) Tässä tutkimuksessa perinteisellä lähestymistavalla tarkoitetaan skeemateoriaa edeltäviä informaatioprosessoinnin lähestymistapoja. Motorisia ohjelmia pidettiin aikaisemmin jäykempinä, tehtävä spesifeinä sekä harjoittelu muodostui saman identtisen ideaalisuorituksen toistamisesta ilman vaihtelua.

Perinteisen lähestymistavan mukaan vaihtelu nähdään epäjohdonmukaisina virheinä ideaalissa suoritustekniikassa, mitä yritetään vähentää harjoittelun avulla. Taidon ohjaaja yrittää vähentää suoritusten välistä vaihtelua muun muassa korjaavan palautteen avulla.

Johdonmukaisuus eli vähäinen kehon liikkeiden välinen vaihtelu rinnastetaan tyypillisesti ekspertin suorituksiin. Tarkoituksenmukaisempaa voisi olla tuottaa johdonmukaisia ja toistettavia tilannekohtaisia loppuratkaisuja muuttuvissa olosuhteissa. Liikkeiden välinen vaihtelu on terve merkki mukautumisesta tehtävän erilaisiin vaatimuksiin, mitä ei tule heti yhdistää virheeseen suorituksessa. (Chow ym. 2016, 67.) Taitava suoritus eli tavoitellun lopputuloksen saavuttaminen ei vaadi yhtä ennalta määrättyä suoritustekniikkaa, vaan sopeutumista erilaisiin tilanteisiin (Chow ym. 2016, 36–37). Liikkeiden välinen vaihtelu harjoittelussa tarjoaa oppijalle mahdollisuuden etsiä, kokeilla ja hyödyntää ympäristön tarjoamaa informaatiota, kehittääkseen tarkoituksenmukaisia liikeratkaisuja erilaisiin tilanteisiin (Chow ym. 2016, 153). Tässä tutkimuksessa mitataan harjoittelun vaikutusta vain ja ainoastaan suorituksen lopputulokseen, eikä oleteta taitavan suorituksen olevan identtinen toistojen välillä, vaan suhteessa lopputulokseen.

Motorisessa oppimisessa vaihtelua pidetään sateenvarjokäsitteenä (Schöllhorn 2016; Pesce, Croce, Ben-Soussan, Vazou, McCullick, Tomporowski & Horwat 2019). Tässä tutkimuksessa vaihtelua käsitellään liikevariabiliteetin näkökulmasta. Toisin sanoen, kuinka edellinen liikeratkaisu eroaa seuraavasta. Miten identtinen toistaminen ja liikeratkaisun vaihtaminen toistojen välillä vaikuttavat taidon oppimisprosessiin. Vaihtelua taitoharjoitteluun voidaan lisätä muun muassa:

1. Harjoitella rinnakkain eri motorisia taitoja ja näin lisätä liikkeiden välistä vaihtelua saman harjoittelukokonaisuuden sisällä (Shea & Morgan 1979).
2. Vaihdella esimerkiksi suoritusetäisyyksiä sekä käytettävää voimaa eli parametrejä toistojen välillä (Schmidt & Lee 1999, 373).

3. Itseorganisoitumisen eli dynaamisten systeemien teorian pohjalta (Chow ym. 2016, 50; Gray 2020).

Vaihtelun lisääminen lähestymistavasta huolimatta kehittää taidon oppimista, aivojen plastisuutta sekä kognitiivista kehittymistä verrattuna identtiseen toistamiseen (Pesce ym. 2019). Aivojen plastisuudella tarkoitetaan sitä, että hermoradat vahvistuvat ja muokkaantuvat sen mukaan, miten aivoja käytetään (Hermanson & Sajaniemi 2018). Vaihtelu on taitojen oppimisen kannalta arvokas ja oppimista edistävä ominaisuus. Vaihtelu ja monipuolisuus harjoittelussa luovat aivoihin laajoja hermoverkkoja, mikä mahdollistaa taidon tarkoituksenmukaisen toteuttamisen myös muuttuvissa olosuhteissa (Rintala, Jaakkola & Kalaja 2020). Tässä tutkimuksessa mielenkiinnon kohteena on vaihtelun määrän lisääminen taidonoppimisprosessiin. Seuraavaksi syvennymme vaihtelua lisääviin teorioihin

3.5.1 Tilannekohtainen häirintä

Vaihtelua harjoitteluun voidaan lisätä tekemällä kahta tai useampaa eri motorista liikettä harjoittelun aikana, muuttamalla liikkeen tuottamiseen vaadittavia parametrejä tai muokkaamalla tehtävän ja ympäristön vaatimuksia, jotka pakottavat varioimaan suoritustekniikkaa. Tilannekohtaisella häirinnällä viitataan siihen, miten harjoittelukerta strukturoidaan. Tällä tarkoitetaan sitä, kuinka esimerkiksi frisbeegolfin heittämis-, lähestymis- ja puttaamisharjoitukset jaetaan yhden harjoituskerran sisällä. Vähäisessä tilannekohtaisessa häirinnässä eli blokkiharjoittelussa harjoitellaan yhtä samaa taitoa useaan kertaan ennen kuin vaihdetaan seuraavaan taitoon. Satunnaisharjoittelulla tarkoitetaan eri taitojen harjoittelua satunnaisessa arvaamattomassa järjestyksessä. Sarjajharjoittelulla tarkoitetaan, että liikkeitä vaihdetaan aika ajoin ennakoitavalla tavalla. (Shea & Morgan 1979.) Tästä jatkumosta käytetään myös nimeä tilannekohtainen häirintä (*contextual interference*). Tilannekohtainen häirintä voi olla pientä, suurta, tai siitä väliltä riippuen kuinka paljon harjoittelujärjestystä manipuloidaan ja täten eri taidot ”häiritsevät” toisiaan. (Porter & Berkerman 2016.)

Shean ja Morganin (1979) mukaan vähäinen tilannekohtainen häirintä johtaa nopeampaan taidon oppimiseen ja suorituskyvyn nousuun lyhyellä aikavälillä, kun taas suurempi tilannekohtainen häirintä johtaa parempaan pitkäaikaisempaan oppimiseen varsinkin taidon pysyvyydessä ja siirtovaikutuksessa (Shea & Morgan 1979). Kyseistä ilmiötä selitetään kahdella eri teoriolla. Ensimmäisen lähestymistavan mukaan liikkeiden välinen vaihtelu tarkentaa ja antaa taidon suorittajalle mahdollisuuden vertailla erilaisia olosuhteita sekä liikemalleja ja kehittää monipuolisempia ja yksityiskohtaisempia liikemuistoja (elaboration

hypothesis) (Shea & Morgan 1979; Taheri & Khakri 2017). Toisin sanoen vaihtelusta johtuva vertailu jäsentää, täsmentää ja syventää liikemallia (Jaakkola 2019). Toisen selityksen mukaan harjoittelu satunnaisissa olosuhteissa pakottaa taidon harjoittelijan unohtamaan edellisen liikeratkaisunsa ja suunnittelemaan ratkaisun uudestaan ja uudestaan. Unohtaminen ja aina uuden ongelmanratkaisun tuottaminen johtaa pysyvämmän liikemallin syntymiseen, kuin liikeratkaisun ainainen toistaminen lyhyestä työmuistista (action, plan & reconstruct hypothesis) (Magill & Hall 1990).

Useiden tutkimusten mukaan suurempi tilannekohtainen häirintä johtaa pysyvämpään taidon oppimiseen, kuten olemme sen määritelleet sekä parempaan taidon siirtovaikutukseen (Shea & Morgan 1979; Goode & Magill 1986; Gokeler, Neuhaus, Benjaminse, Grooms & Beumeister 2019.) Kuitenkin Bradyn (2004) mukaan suuri osa tutkimuksista on suoritettu suhteellisen suljetuissa taidoissa eikä voida yleistää kaikkiin motorisiin taitoihin ja lajeihin. Lisäksi varsinkin aloittelijoilla liiallinen kognitiivinen kuorma voi johtaa peräti heikentyneisiin oppimistuloksiin. Toisaalta lisääntynyt vaikeustaso ja vaadittava kognitiivinen työ voivat olla myös lähempänä oppijalle otollista vaatimustasoa, eikä oppimistuloksia voida selittää vain liikkeiden välisten vaihtelun havaitsemisena ja ongelmanratkaisuprosessin toistamisena (Brady 2004).

Ongelmanratkaisuprosessin toistaminen sekä toistojen välinen eroavaisuus eivät siis ole ainoat asiat, jotka parantavat taidon pysyvyyttä ja siirtovaikutusta. Vaihtelun lisääminen ja ennalta-arvaamattomuus tekee harjoitteluympäristöstä enemmän oikean pelin kaltaisen. Tilannekohtaisen häirinnän lisäämisen sijaan keskittyminen voi olla myös saman taidon variaatioiden vaihtelussa. Harjoittelun tulisi vastata mahdollisimman hyvin kohdotehtävän sekä ympäristön vaatimuksia. Motoristen taitojen välisen vaihtelun sijaan olisi parempi tutkia saman motorisen taidon toistojen välisen vaihtelun vaikutusta taidon oppimiseen. (Farrow & Buszard 2017, 75–80.) Kalaja tiivistääkin: ”Jos kilpailusuoritus tapahtuu vaihtelevissa olosuhteissa, myös harjoitteluolosuhteiden tulee vaihdella” (Kalaja 2016, 236).

3.5.2 Toistojen välinen vaihtelu

Vaihtelua voidaan myös käsitellä saman taidon sisällä. Toistoharjoittelussa (*constant practice*) harjoittelutapahtuma sisältää vain yhden liikkeen variaation harjoittelemista. Esimerkiksi golfin puttaamista harjoitellaan toistoharjoittelussa koko ajan samalta etäisyydeltä ja taidon oppiminen ymmärretään aikaisemmin mainitun metallintaonta metaforan mukaan. Vaihtelevassa harjoittelussa (*variable practice*) harjoitellaan samaa

liikettä vaihtelemalla parametrejä eli esimerkiksi liikkeessä käytettävää voimaa tai etäisyyttä. (Kaipa, Robb & Jones 2017.) Motorisissa taidoissa suoritusta pitää muokata erilaisiin tilanteisiin. Esimerkiksi golfissa lyöntiin tarvitaan enemmän tai vähemmän voimaa ja nopeutta tilanteen mukaan. Toisaalta suljetuissa taidoissa kuten darts tai jousiammunta etäisyys ja olosuhteet pysyvät suhteellisen samanlaisina. Vaihteleva harjoittelu vaikuttaa kuitenkin olevan taidon luonteesta huolimatta oppimista edistävä asia. Suurin osa vaihtelun tutkimisesta on suoritettu skeemateorian pohjalta. Skeemateorian mukaan vaihtelu taitoharjoittelussa tekee opitusta taidostamme eli motorisesta ohjelmastamme, joustavamman ja monipuolisemman (Schmidt & Lee 1999, 298; Williams & Hodges 2005). Teorian mukaan vaihtelu edistää taidon oppimista, samalla tavalla kuin edellä käsitelty tilannekohtaisen häirinnän määrä – unohtaminen ja uudelleen rakentaminen sekä liikkeiden välinen vertailu. Lisäksi taidon pysyvyys sekä siirtovaikutus paranevat, koska pelitilanteessa suoritettu taito vaatii joustavuutta ideaalisuorituksessa. Harjoituksissa tapahtuva vaihtelu saa harjoitteluympäristön vastaamaan pelitilanteen suoritusta. (Schmidt & Lee 1999, 298–309).

Teoriasta huolimatta liikunnanopettajat ja valmentajat suosivat tyypillisesti vähäistä vaihtelua taitoa opettaessaan. Kyseiseen trendiin saattaa vaikuttaa Buszardin ja kumppanien (2017) mukaan:

1. Näkyvä ja nopea suorituskyvyn nouseminen
2. Taidon opettajat opettavat taidon niin, miten he itse oppivat taidon aikoinaan
3. Vähäistä vaihtelua on helpompi hallita ja toteuttaa

Toistojen välistä vaihtelua voidaan käsitellä edellä mainitulla tavalla muuttamalla vain liikkeeseen tarvittavia parametrejä tai harjoittelemalla useampaa motorista taitoa rinnakkain. Kummatkin lähestymistavat ovat informaatioprosessointi teorioihin pohjautuvia tapoja lisätä vaihtelua harjoitteluun. Vaihtelun lisäämisestä huolimatta taitoharjoittelu tapahtuu suhteessa ideaaliin suoritustekniikkaan suhteellisen muuttumattomissa olosuhteissa. Kolmas tapa lisätä vaihtelua pohjautuu dynaamisten systeemien teoriaan. Kyseiset lähestymistavat eroavat toisistaan huomattavasti, mutta kummatkin tunnustavat vaihtelun osana laadukasta taidon oppimisprosessia. Liikesäätelyn viitekehykset voidaan karkeasti jakaa edellä mainittuihin informaatioprosessointi teorioihin sekä dynaamisten systeemien teoriaan pohjautuviin lähestymistapoihin. (Pesce ym. 2019; Gray 2020.) Jälkimmäisessä lähestymistavassa ei olla niinkään kiinnostuneita hermolihasarjostelun toiminnasta suhteessa liikkeiden

suunnitteluun, toteuttamiseen ja säätelyyn, vaan suuremmissa huomioissa on monimutkainen vuorovaikutus kehon, raajojen, keskushermoston sekä ympäristön välillä (Jaakkola 2010, 33).

Näkökulmat täydentävät toisiaan, mutta eroavat muun muassa siinä miten ne selittävät motorisen oppimisen tapahtuvan sekä mikä on paras tapa oppia ja harjoitella.

Informaatioprosessoinnin lähestymistavassa opetus pääosin keskittyy mallintamaan tiettyjä liiketaitoja ja taidon oppiminen jäsentää liikkeestä vastaavia motorisia ohjelmia. Dynaamisten systeemien lähestymistavoissa oppiminen on pääosin tutkivaa ja tarkoituksena on edistää perusmotorisiataitoja ja sopeutumista erilaisiin tilanteisiin ongelmanratkaisuprosessin toistamisen kautta. (Pesce ym. 2019.) Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että vaihtelua pidetään myös nykypäiväisissä informaatioprosessoinnin lähestymistavoissa oleellisena elementtinä taidon oppimisessa. Viitekehykset ovat kuitenkin erimieltä siitä, miksi, miten ja milloin vaihtelua lisätään taitoharjoitteluun. Palaamme kyseiseen asiaan uudelleen dynaamisten systeemien teoriassa tarkemmin luvuissa neljä ja viisi. Tässä tutkimuksessa lähestytään taidon oppimista dynaamisten systeemien teorian sekä identtisiin toistoihin perustuvan lähestymistavan mukaan. Tutkimuksessa ei vertailla vaihtelua lisääviä teorioita keskenään

3.6 Suorituksesta saatava informaatio

Urheilusuoritus koostuu havaitsemisesta, päätöksenteosta ja näkyvästä suorituksesta eli toteutuksesta. Urheilusuorituksen ensimmäinen vaihe on havaitseminen. Urheilija vastaanottaa jatkuvasti informaatiota ympäristöstään eri aistien välityksellä. Suurin osa tästä tiedosta on tiedostamatonta. Havaitsemisvaiheessa frisbeegolfaaja esimerkiksi määrittää etäisyyden koriin, arvioi tuulen suunnan ja kovuuden, mahdolliset esteet ja mitä tapahtuu, jos suoritus epäonnistuu. Havaintojen perusteella tehdään päätös toiminnasta. Päätöksenteko on taito, jota voidaan harjoitella. Päätöksenteon harjoittelu on pelkistettynä sitä, että urheilijalla on vaihtoehtoisia suorituksia, joista hän valitsee havaintojensa perusteella tarkoituksenmukaisemmin. Urheilusuorituksen viimeinen vaihe on se, minkä ulkopuolinen näkee eli liikkeen toteutus. Perinteisesti tämä liikkeen toteutusvaihe on painottunut harjoittelussa. (Kalaja 2016, 234.)

Golfaaminen voidaan nähdä ongelmanratkaisulajina. Ongelmana on, kuinka peliväline saadaan pisteestä A pisteeseen B, jolloin ongelmanratkaisuna on lyönti. Lisäksi tämänlainen ongelmanratkaisuprosessi sisältää aina suunnittelun, suorittamisen sekä suorituksen arvioinnin. Perinteinen lähestymistapa keskittyy enemmän taidon suoritukseen ja unohtaa suunnittelun ja arvioinnin merkityksen taidon oppimisprosessissa. (Lee & Schmidt 2014.)

Saman suorituksen toistaminen samasta paikasta auttaa oppijaa tuottamaan ratkaisun motoriseen ongelmaan lyhyestä muistista. Toistojen välillä laiminlyödään liikkeen suunnitteluvaihe. Tehtävän muuttuessa ratkaisua liikeongelmaan ei voida tuottaa lyhyestä muistista vaan ratkaisu tulee rakentaa aina uudestaan. Kyseisen prosessin toistaminen saattaa selittää pysyvemmän oppimisen vaihtelua sisältävässä harjoittelussa (Schollhorn, Hegen & Davids 2012). Liikeratkaisun toistamisen sijaan Lee ja Schmidt (2014) suosittelevat keskittymään toistojen laatuun. Saman golfin puttausharjoittelukerran sisällä taidon oppimisen kannalta voi olla tehokkaampaa vähentää toistojen määrää. He suosittelevat käyttämään vain yhtä harjoituspalloa. Kun yhteen suoritukseen käytetään enemmän aikaa, korostuu taidon suunnittelu sekä arviointi. Jokaisen harjoitusputin pitäisi vaatia erillistä ja erilaista liikeratkaisua. (Lee & Schmidt 2014.)

Havainnointivaiheessa oppija suunnittelee pääpiirteittäin, miten suoritus tehdään ja kuinka peliväline siirtyy paikasta A paikkaan B. Aivojen lähettäessä toimintakäskyn lihaksille, samasta käskystä lähtee kopio pikkuaivoihin. Suorituksen jälkeen liikkeen suorittaja havainnoi mitä piti tehdä ja mitä tuli tehdyksi. Liikkeestä saatu informaatio voi olla joko yhteneväinen ennako-odotusten kanssa tai poikkeava siitä. Jos informaatio on yhteneväinen, ei elimistömme ole kovin kiinnostunut datasta. Neurobiologinen järjestelmämme kiinnostuu erojen havainnoimisesta, ja erojen tapahtuessa oppimisprosessi on nopeampi. (Kalaja 2021.)

Motorisista suorituksista voidaan saada informaatiota myös ohjaajan tai erilaisten laitteiden avulla. Ulkoinen informaatio voi olla hyödyllistä taidon oppimisen kannalta, mutta liian suora ja runsas palautteen määrä voi olla myös haitallista oppimiselle. Ei palautetta olleenaan on parempi asia kuin liiallinen palautteen määrä. Optimaalinen palautteenannon määrä on noin joka viidennen toiston jälkeen. (Lee & Schmidt 2014; Kalaja 2016, 238.) Leen ja Choin (2010) tutkimuksessa paljon ohjaajan palautetta saavan ryhmän suorituskyky oli parhain taidon harjoitteluvaiheessa. Pysyvyys- sekä siirtovaikutusmittauksessa kyseisen ryhmän suorituskyky oli heikoin. Taidon oppija voi kuitenkin tulla liiallisen ja suoran palautteen antamisen takia riippuvaiseksi ulkoisesta palautteesta. Palautetta annettaessa palautetta ei tule antaa koko ajan vaan rajallisesti (Lee & Choi 2010). Pelitilanteessa taidon suorittajan tulee oppia itse korjaamaan virheitään ja mukauttamaan tekemistään ilman ulkopuolisen palautetta (Lee & Schmidt 2014).

Liikuntataitoja opitaan sekä tietoisesti että tiedostomatta. Liikuntataitoja opitaan kuitenkin Jaakkolan (2017a) mukaan enemmän tiedostamattomasti. Keskushermoston motorisesta

käyttäytymisestä vastaava alue sijaitsee aivojen osissa, jotka ovat tietoisuuden ulkopuolella. Nykyaikaiset taitojen opettamisen mallit painottavat juuri tiedostamatonta oppimista. Käytännössä implisiittisten taitojen opettaminen tarkoittaa konkreettisten, monipuolisten, virikkeellisten sekä aidoissa ympäristössä tapahtuvien harjoitteiden ja harjoitteluympäristöjen luomista ja kehittämistä. (Jaakkola 2017a, 158–159.) Seuraavassa luvussa käsittelemme dynaamisten systeemien teoriaa, joka on niin differentiaalioppimisen sekä liikuntataitojen ekologisen teorian taustalla. Näissä taidon oppimisen lähestymistavoissa korostuu muun muassa tiedostamaton liikkeiden säätely sekä vaihtelu osana taitoharjoittelua.

4 Dynaamisten systeemien teoria

Nikolai Bernsteinin tutkimuksilla on merkittävä rooli nykypäivän liikesäätelyn teoriassa. Hänen työnsä julkaistiin alun perin venäjäksi 1930–1940-luvuilla, mutta käännettiin myöhemmin englanniksi (Bernstein 1967). Käännöksen ja sen aiheuttaman huomion johdosta hermoston toimintaa ja liikesäätelyä alettiin tutkia yhdessä (Schmidt & Lee 1999, 7–9). Dynaamisten systeemien teoria syntyi Bernsteinin ajatusten ja myöhemmin muun muassa Kuglerin, Kelson ja Turveyn (1980) työn tuloksena (Clark 1995; Gallague & Ozmun 2012 28; Newell & Liu 2021).

Dynaamisten systeemien teorian tarkoituksena on pyrkiä selittämään, miten erilaiset systeemit muuttuvat, muokkaantuvat ja syntyvät uudestaan, erilaisten reunaehtojen vuorovaikutuksen seurauksena (Button, Seifert, Chow, Davids & Araujo 2020, 3). Liikesäätelyn näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että liikkeet syntyvät monimutkaisen dynaamisen vuorovaikutuksen tuloksena. Liikkeiden syntyyn vaikuttaa yksilön hermolihasjärjestelmän, ympäristön ja suoritettavaan tehtävään liittyvien tekijöiden välinen vuorovaikutus (Schmidt & Lee 2004, 138, Jaakkola 2010, 150–153). Ymmärrys siitä, kuinka liikumme ja kuinka meistä tulee taitavia, on tärkeää valmentajille, tutkijoille sekä liikuntaa opettaville opettajille. Motorinen oppiminen on hyödyllistä taidon kehittymisen sekä liikuntaan osallistumisen kannalta. Ne, jotka osallistuvat fyysiseen aktiivisuuteen, omaavat siihen tarvittavat taidot. Toisin sanoen tennistä pelaavat todennäköisimmin ne, jotka omaavat siihen tarvittavat taidot (Clark 1995). Tämän luvun tarkoituksena on avata, miten taidon oppimisprosessi tapahtuu sekä kuinka elimistömme tuottaa koordinaatiota vaativia liikkeitä dynaamisten systeemien näkökulmasta. Lähestymme aiheitta Bernsteinin (1967) vapausasteiden ongelman sekä Clarken (1995) erittelemän dynaamisten systeemien teorian neljän keskeisen käsitteen mukaan, jotka ovat reunaehdot, itseorganisoituminen, liikemallit sekä liikemallien vakaus (Clark 1995).

Teorian mukaan liikkeet eivät taltioitu motoriseen ohjelmaamme, johon taito on valmiiksi harjoiteltu. Dynaamisten systeemien teorian mukaan oppiminen on dynaaminen prosessi, jossa vapausasteiden vapauttaminen ja itsejärjestäytyminen ovat kaksi prosessia, jotka tapahtuvat harjoittelun ja oppimisen seurauksena. (Schmidt & Lee 1999, 383.) Taitojen oppiminen tapahtuu ajan ja harjoittelun myötä, mutta hyvin yksilökohtaisesti. Taidon oppiminen on nonlinearinen tapahtuma, joka ei tapahdu suoraviivaisesti harjoittelun määrän suhteen eikä samalla tavalla yksilöiden välillä. Oppimiseen vaikuttavat oppijassa, tehtävässä ja ympäristössä esiintyvät rajoitukset sekä mahdollisuudet. Mahdollisuudet ja hidastavat

tekijät ovat dynaamisessa vuorovaikutuksessa keskenään ja saavat aikaan muutoksia toisissaan. Näitä tekijöitä kutsutaan myös reunaehdoiksi (*constraint*). Termi reunaehto pitää sisällään oppimista edistävät tekijät eli mahdollisuudet (*affordances*) ja oppimista hidastavat tekijät (*rate limiters*) (Gallague, Ozmun & Goodway 2012, 28).

Dynaamisten systeemien teorian mukaan motoriset taidot ja koordinaatiota vaativat liikkeet syntyvät järjestelmän ja sitä ympäröivien reunaehtoien yhteisvaikutuksesta (Clark 1995). Jokainen motorinen suoritus vaatii koordinaatiota, ruumiin osiemme välistä tarkoituksen mukaista hallintaa ja taitoa. Tehtävän tavoite yhdessä yksilöllisten sekä ympäristön rajoitteiden kanssa määrittävät, miltä motorinen suorite loppujen lopuksi näyttää (Newell & Liu 2021). Yksilön reunaehdoilla tarkoitetaan yksilön fyysisiä, kognitiivisia, henkisiä ja fysiologisia ominaisuuksia, jotka muokkaavat ja rajoittavat liikettä. Ympäristön reunaehdoja ovat muun muassa fyysiset sekä sosiaaliset ympäristön tekijät. Yksinkertaisesti sanottuna kuussa ja kadulla kävely asettavat ympäristöltä erilaiset vaatimukset toiminnalle. Sosiaalisia ympäristön mahdollisuuksia voivat olla esimerkiksi vanhemman kannustus ja rajoitteita vertaisten asettama painetilanne. Loppujen lopuksi tehtävä antaa viimeisen silmillä havaittavan muodon liikkumiselle. Keihään- ja pallonheittäminen antavat liikkeelle oman muotonsa. (Clark 1995.)

Havainnollisena esimerkkinä äskeisestä aiheesta voimme pitää lapsen kävelemään oppimista. Ennen kuin lapsi voi oppia kävelemään, hänen täytyy omata muun muassa riittävä tasapainotaito, tarvittava kehittyminen lihaksissa, kognitiiviset taidot sekä motivaatio tehtävän suorittamiseen. Esimerkiksi jos lapsella ei ole riittävää tasapainotaitoa tai lihaksia, nämä reunaehdot toimivat rajoitteina ja estävät uuden liikkeen toteuttamista. Lapsi, jolla ei ole tarvittavaa keskivartalonvoimaa, voi kuitenkin muodostaa kävelyä ja kävellä pienellä avustuksella, kun hänen keskivartaloansa tuetaan. (Thelen 1986.) Samalla tavalla myös ympäristön sekä tehtävän reunaehdot voivat mahdollistaa tai rajoittaa liikkeiden syntyä. Esimerkiksi juuri kävelemään oppinut ei kykene kävelemään haastavissa olosuhteissa tai jos hän joutuu kävelemään pieni punnus nilkassaan (Clark 1995). Yksilön reunaehdoja voi olla esimerkiksi geenit, motivaatio ja pituus. Ympäristön reunaehdoja on lämpötila, keli ja ympäristössä esiintyvät muut liikkujat. Tehtävän reunaehdoja voivat olla esimerkiksi käytettävät välineet ja säännöt. Reunaehdot vaikuttavat eri tavalla eri ihmisiin, minkä takia oppiminen nähdään yksilöllisenä ja nonlineaarisenä prosessina, joka voi sisältää äkillisiä hyppyjä, edistymistä, taantumista tai taidon heikkenemistä (Chow ym. 2016, 14).

Dynaamisten systeemien näkökulmasta liikkeet syntyvät reunaehtoien yhteisvaikutuksesta (Clark 1995).

4.1 Vapausasteiden ongelma

Liikunnassa taitavat suoritukset syntyvät dynaamisesta vuorovaikutuksesta yksilön, ympäristön ja tehtävän välillä. Taitavan suorituksen voidaan siis todeta olevan tarkoituksen mukaisten liikeratkaisujen hyödyntämistä kunkin tehtävän suorittamiseksi. (Chow ym. 2016, 36.) Koordinaatio on prosessi, jossa neurobiologinen järjestelmämme kootaan yhteen ja sommitellaan hienovaraisesti oikeassa suhteessa siihen, mitä on tarkoitus tehdä (Kelso, Holt, Kugler & Turvey 1980, 65–66). Liikkeen synty on monen elimistömme toisistaan riippumattoman pienemmän osan muodostama summa. Nämä alasyteemit muodostavat yhdessä dynaamisen ja tarkoituksenmukaisen kokonaisuuden kunkin liiketehtävän suorittamiseen (Thelen 1989).

Useille motorisille toiminnoille on tyypillistä, että taidon suorittaja suunnittelee liikkeen pääpiirteittäin etukäteen, jonka jälkeen taito suoritetaan lähes itsestään sitä enempää miettimättä. Ihmisen elimistössä on todella monta liikkuvaa palasta, joten olisi lähes mahdotonta säädellä niitä kaikkia tietoisesti ja samalla tarkoituksenmukaisesti. Itsenäisiä toisistaan riippumattomia palasia, jotka säätelevät liikettä ja jotka voivat järjestäytyä monella eri tavalla kutsutaan myös vapausasteiksi. (Schmidt & Wrisberg 2004, 124.)

Pelkästään yhden vapausasteen lisääminen vaikeuttaa systeemin toimivuutta. Ajatellaan laivaa, joka vaeltaa pisteestä A pisteeseen B. Oletetaan, että laivalla on vain yksi vapausaste, ja se on suunta. Kun laiva poikkeaa reitiltä, ei ole välttämättä pakollista palata takaisin samaa reittiä vaan suuntaa voidaan korjata yksinkertaisesti kompassin avulla. Entä jos kyseessä onkin auto, jonka toinen vapausaste paikasta toiseen pääsemisen lisäksi on tietyllä reitillä pysyminen. Auton tulee huomioida etäisyytensä keskilinjaan, ottaa huomioon mutkat tiessä sekä suhteuttaa oma liikkeensä ympäristöön. Kuinka meidän kehonosamme muodostavat koordinoitun paketin ja miten kehomme määrittää yhdistelmän liikkeistä, kun vapausasteita voidaan hallita motorisen suorituksen toteuttamiseen hyvin monella eri tapaa. Bernstein (1967) määritteli koordinaation synnyn prosessiksi hallita liikkuvan elimistömme tarpeettomia vapausasteita. (Bernstein 1967, 125–127.) Ihmisen elimistössä on runsas määrä vapausasteita, joita kaikkia ei tule kontrolloida motorisen tehtävän suorittamiseksi. Vapausasteet ovat elimistömme toisistaan riippumattomien pienempien palasten minimi lukumäärä, joka tarvitaan koordinaatiota vaativan tehtävän suorittamiseen (Li 2006). Ihmisen

kädessä on seitsemän vapausastetta, olkapäässä kolme ja ranteessa kolme, toisin sanoen paljon enemmän vapausasteita, kuin yksinkertaisen käden ojentamiseen suorittamiseen tarvitaan (Davids, Glazier, Araujo & Barlett 2003). Esimerkiksi käden ojentaminen kohteeseen, kohteeseen tarttuminen ja palauttaminen alkupisteeseen ei vaadi kehon kaikkien vapausasteen hallintaa. Koordinaation synnyssä oleellista on oppia, mitä vapausasteita ja kuinka niitä tulee kontrolloida kunkin tehtävän suorittamiseen (Chow ym. 2016, 79). Vapausasteiden ongelma on toisin sanoen kysymys siitä, miten monimutkaisesta ja dynaamisesta liikuntakoneistostamme kehittyy hallittava systeemi (Button ym. 2020, 45).

Liikkeet syntyvät ihmisen säädellä suoritukseen tarvittavia lihaksia, raajoja ja niveliä. Mitä enemmän näitä vapausasteita tarvitaan, sitä vaikeammasta taidosta on kyse. Oppimisprosessin alkuvaiheessa suorittaja tyypillisesti säätelee useampaa vapausastetta, kuin taidon suorittamiseen oikeastaan tarvitaan. Lisäksi koneistomme kontrollointi on aluksi hyvin epävarmaa ja epätarkkaa. Taidon karttuessa suorittaja oppii käyttämään kehon eri osia tarkemmin sekä niitä liikuttavia lihaksia koordinoitusti, mikä johtaa vapausasteiden määrän vähenemiseen. (Jaakkola 2010, 151.)

Bernsteinin (1967, 125–127) mukaan taidon oppimisprosessi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Taidon oppimisen alkuvaiheessa suorittaja säätelee suurempaa määrää vapausasteita mitä liikkeen toteuttaminen tarvitsee sekä niiden kontrollointi on epätarkkaa ja epävarmaa. Hermolihasjärjestelmämme pyrkii ratkaisemaan vapausasteiden ongelman vähentämällä (*freezing*) liikkuvien nivelten määrää ja yhdistelemällä niiden toiminta-ajoituksia. Kun esimerkiksi aloitteleva jalkapalloilija potkaisee palloa, hänen lantionsa koukistuu ja polvi ojentuu samanaikaisesti. Ulkopuolisen silmissä toiminto näyttää kankealta, mutta liikuntakoneistomme varmistaa tehtävän suorittamisen ylipäätään. (Jaakkola 2010, 151–153.)

Toisessa vaiheessa, oppimisen edetessä, vapausasteita järjestetään uudelleen, jolloin raajojen, nivelten ja lihasten yhteistoiminta sekä sujuvuus paranevat. Yhteistoiminnan parantuminen ilmenee liikelaajuuksien kasvamisena, jolloin vapausasteet vapautuvat jäätyneestä (*unfreeze*) tilasta. Lisäksi kehon osia pystytään käyttämään nyt eriaikaisesti liikkeiden tuottamisessa. Viimeisessä, eli taidon hallitsemisen vaiheessa, taidon suorittaja osaa käyttää ympäristön sekä välineiden ominaisuuksia hyödykseen ja suorituksesta tulee koko ajan tehokkaampi ja sujuvampi. (Jaakkola 2010, 150–153; Chow ym. 2016, 11–13.) Kyseinen taidon oppimisen edistyminen on saanut niin kannatusta kuin myös vastusta tieteellisissä piireissä. Vaikuttaisi

siltä, että kyseistä etenemistä ei voida yleistää kaikkiin taitoihin ja taidon oppimisprosessia ei voida kuvata tarkkoina vaiheina vaan taidon oppimisprosessi sisältää etenemistä, taantumista ja ailahtelua (Hong & Newell 2006). Joka tapauksessa Bernsteinin ajatukset ja ideat luovat pohjan dynaamisten systeemien teorialle, jota pidetään nykyaikaisten taitojen opettamisen yhtenä taustateorian (Jaakkola 2017a, 158–159).

Vapausasteiden lisääminen ja tehokas käyttö ei ole myöskään aina merkki taidokkaasta ja tarkoituksenmukaisesta suorittamisesta. On todennäköistä, että vapausasteiden käytön määrä on riippuvainen tehtävän reunaehdoista. (Chow ym. 2016, 12.) Jos tarkoituksena on heittää frisbeegolfkiekkoa pitkälle, on koko kehon kokonaisvaltaisesta käytöstä ja näin myös vapausasteiden määrästä apua. Jos voimankäytön sijaan oleellisempaa on tarkkuus, ei samaa määrää vapausasteita tarvita. Taitovalmentajan tulee tietää liikkeen dynamiikkaa, jotta voi suunnitella harjoitteita erilaisiin tehtäviin. (Chow ym. 2016, 12.) Jos tehtävän suorittamisen kannalta tärkeämpi tekijä on tarkkuus, ohjaaja voi manipuloida tehtävän rajoitteita ja käskää heittämään paikaltaan. Tällöin vapausasteiden määrä vähenee ja oppija voi keskittyä paremmin ylävartalon käyttämiseen. Reunaehtojen manipuloinnilla voidaan myös ohjata tekemistä ja oppimista. Tennismailan koolla on vaikutusta siihen, miten oppija käyttää vapausasteitaan. Painava ja pitkävartinen maila ohjaa käyttämään kahta kättä pallon lyömisessä, kun taas kevyt ja lyhytvartinen maila ohjaa yhden käden pelaamiseen. Verkon korkeuden madaltaminen johtaa taas aggressiivisempaan pelityyliin. Tarkoituksenmukainen tehtävän rajoitteiden manipulointi voi muokata tarvittavaa vapausasteiden määrää ja varmistaa, että liikkumismalli on tarkoituksenmukaisempi tehtävään nähden. (Chow ym. 2016, 13.) Hermolihajärjestelmämme tuottaa lyhytkestoisia ratkaisuja, joita korvataan uusilla ratkaisuilla tyydyttääkseen muuttuvia reunaehtoja. Muuttuvat olosuhteet pakottavat yksilön sopeutumaan tilanteisiin ja tuottamaan erilaisia vakaita toimintamalleja. Vertailu eri vakaiden liikemallien välillä mahdollistaa oppimisen. (Chow ym. 2016 10–15.)

4.2 Itseorganisoituminen

Reunaehdot ja niiden vaikutus liikkeen syntyymiseen eivät ole vielä riittäviä muodostaakseen koordinoituja motorisia liikkeitä. Dynaamisten systeemien näkökulmasta itseorganisoituminen on prosessi, joka saa aikaan orginisoitua ja tarkoituksenmukaista toimintaa. (Clark 1995.) Avoin ja muuttuva systeemi, kuten elimistömme, on kykenevä muodostamaan automaattisesti tarkoituksenmukaisia koordinaatiomalleja.

Itseorganisoituminen vaatii Kuglerin, Kelson ja Turveyn (1980) mukaan neljää asiaa, jotka ovat:

1. Energiaa, josta liikettä voi ylipäättään syntyä.
2. Systeemissä on mahdollista esiintyä luontaista vaihtelua.
3. Systeemissä on toisistaan riippumattomia osia.
4. Muuttujan vaihtelu, kuten nopeuden muutos, vaikuttaa systeemin toimivuuteen niin, että systeemi vastustaa aikaisempaa mallia.

Jos nämä ehdot täyttyvät, on systeemillä mahdollisuus siirtyä vakaasta mallista toiseen paremmin toimivaan vakaaseen malliin (Kugler, Kelso & Turvey 1980, 41–45).

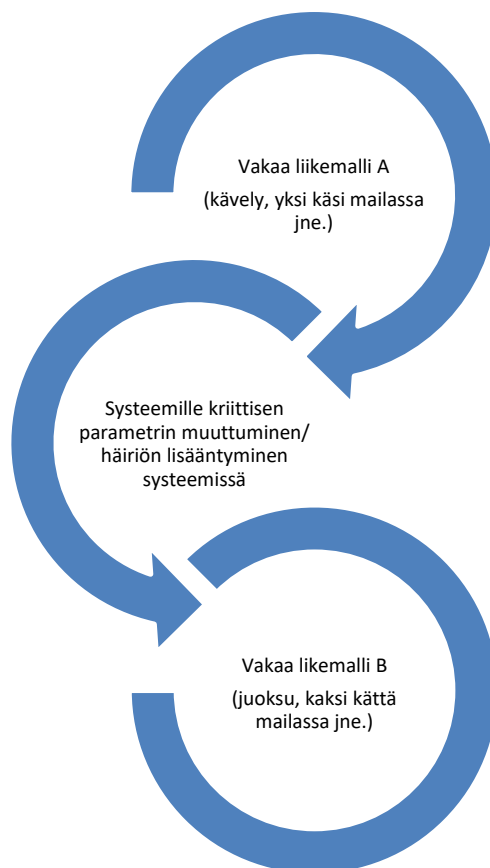
Liikkeiden itseorganisoituminen on reunaehto- ja lisäksi yksi dynaamisten systeemien teorian pääperiaatteista. Itseorganisoitumisella tarkoitetaan, että motorinen systeemimme on kykenevä mukautumaan vallitseviin olosuhteisiin spontaanisti ja tiedostamattomasti tietyissä olosuhteissa (Schmidt & Wrisberg 2000 138–139). Ihminen kohtaa päivittäin erilaisia motorisia haasteita ja suorittaa niitä enempää huomioimatta. Tasapainon säilyttäminen on hyvä esimerkki tiedostamattomasta tekemisestä. Jos ihminen horjahtaa, hän automaattisesti pyrkii korjaamaan tilannetta. Jos ihminen korjaisi tasapainoaan tiedollisesti eikä automaattisesti, reaktio olisi liian hidas ja tapahtuisi ikävä kaatuminen (Rintala, Jaakkola & Kalaja 2020). Elimistömme on erittäin monimutkainen järjestelmä, joka koostuu useasta pienestä palasesta, toimii dynaamisten periaatteiden mukaisesti ja muodostaa ilman tietoista ajattelua tarkoituksen mukaisia liikkeitä sekä liikemalleja (Clark 1995). Ihmisen liikuntakoneisto järjestäytyy automaattisesti selviytyäkseen erilaisista tehtävistä ja tilanteista (Jaakkola 2010, 150–153). Toisin sanoen liikemallit syntyvät reunaehdoista ja muodostavat liikkeen itsejärjestäytymisprosessin kautta (Clark 1995).

Tasapainon menettäminen ja sen palauttaminen on yksi esimerkki automaattisesta liikemallin vaihtamisesta. Liikemallin vaihtamisella tarkoitetaan yksilön luontaista tapaa suorittaa jokin tehtävä ja vaihtaa se toiseen vakaaseen malliin silloin, kun edellinen liikemalli ei enää täytä ympäristön vaatimuksia. Toisena esimerkkinä tasapainotapauksen lisäksi voimme käyttää ihmisen kävelyn muuttumista juoksuksi. Jokaisella ihmisellä on ominainen kävelymalli sekä kävelyvauhti. Muuttujan vaihtelu, tässä tapauksessa vauhdin kasvaminen, johtaa lisääntyneeseen epävakautteen liikkeessä, joka ilmenee askelten keskinäisenä vaihteluna ja

epäjohdonmukaisuutena. Vauhdin kasvaessa edellisen liikemallin epävakaas kasvaa liikaa ja kyseistä liikettä ei ole enää mahdollista suorittaa. Meidän kehomme ilman tietoista ajattelua vaihtaa liikemallimme toiseen vakaaseen uuteen muotoon, joka on nyt juoksua. Liikemallin vaihtaminen toiseen on kehon ainoa tapa saavuttaa haluamansa vakaa tila olosuhteiden muuttuessa. (Schmidt & Lee 1999, 220–221.)

Vakaata liikemallia kutsutaan myös attraktoriksi tai tasapainopisteeksi. Attraktori on yksilölle ominainen stabiili ja luotettava tapa suorittaa tietty koordinaatioon liittyvä tehtävä. (Rintala, Jaakkola & Kalaja 2020.) Dynaaminen systeemi, joka on kaukana haluamastaan vakaasta tilasta, muokkaa itseään ja toimintaansa saavuttaakseen uuden vakaan liikemallin (Kuvio 1). Dynaamisten systeemien teoria ja differentiaalioppiminen selittivät kyseisen vakaiden liikemallien vertailun olevan oppimisen edellytys (ks. Savelsbergh, Kamper, Rabijs, De Koning & Schöllhorn 2010; Chow ym. 2016, 46).

Pieni häiriö, kuten pienen kiven päälle astuminen, ei horjauta vakaata liikemallia. Häiriön jälkeen systeemi palaa takaisin luontaiseen liikkumismalliinsa. Suurempi häiriö, kuten jatkuva vauhdin nostaminen, tekee liikemallistamme epävakaan. Vakauden väheneminen ei ole merkki virheestä systeemissämme, vaan systeemin ominaisuudesta, joka on muutoksen tilassa. (Clark 1995.) Koordinaatiomallit syntyvät spontaanisesti vapausasteiden vuorovaikutuksen sekä niiden hallitsemistason sallimissa rajoissa. Motorinen oppiminen on prosessi, jossa etsitään vakaita ja toimivia malleja, joihin systeemi voi tyytyä motorisia taitoja suorittaessaan. (Chow ym. 2016, 32–33.)



Kuvio 1. Vakaan liikemallin muuttuminen toiseksi vakaaksi liikemalliksi mukaillen Chowta ym. (2016, 138).

Kuten aikaisemmin on jo mainittu, ihminen on itsejärjestäytyvä systeemi, joka koostuu useista pienistä toisistaan riippumattomista palasista. Itsejärjestäytymistä tapahtuu, kun tietyt yksilölliset, tehtävään ja ympäristöön liittyvät tekijät pakottavat uuden ja vakaamman liikemallin syntymisen (Gallahue, Ozmun & Goodway 2012, 28–29). Siirtymä stabiilien tilojen välillä tapahtuu oppijan luontaisissa koordinaatiotaipumuksissa, jotka johtuvat synnynnäisten biologisten reunaehtojen, kehityksen ja aiemman oppimisen yhdistelmästä. Ne yhdessä muodostavat oppijan sisäisen dynamiikan. Jokaista vapausastetta ei tarvitse kontrolloida, vaan jänteiden tarjoamia liikkumismahdollisuuksia voidaan yhdistää isompiin kokonaisuuksiin. Isompiin kokonaisuuksiin yhdistäminen tekee monimutkaisesta liikuntakoneistostamme helpommin kontrolloitavan. Oppiminen nähdään lähestymistavan mukaan prosessina, joka vaikuttaa yksilön sisäiseen dynamiikkaan. Sisäisillä dynamiikan muutoksilla tarkoitetaan oppijan luontaisten ja ominaisten liikemallien kehittymistä. Sisäinen dynamiikan muuttuminen nähdään uuden sekä vanhan koordinaatiomallin välisenä kilpailuna, jonka seurauksena sisäinen dynamiikka kehittyy oppimisen tuotteena. (Chow ym. 2016, 46.)

4.3 Vaihtelu dynaamisten systeemien teoriassa

Kuten aikaisemmin mainittiin, siirtymävaihe vakaiden liikemallien välillä tarvitsee häiriötä systeemissämme. Vaihtelulla on tärkeä rooli parantaa systeemimme todennäköisyyttä siirtyä vakaiden liikemallien välillä. Eri liikemallien tutkiminen saattaa lisätä oppijan kykyä tuottaa monipuolisempia liikeratkaisuja. Liikeratkaisujen tutkiminen siis tarjoaa taidon oppijalle joustavuutta ja mukautumiskykyä erilaisiin tilanteisiin, joissa taitoa tulee kuitenkin suorittaa. (Chow ym. 2016, 50.) Perinteiset motorisen oppimisen teoriat pitävät vaihtelua liikemallien välillä häiriönä sekä virheenä, joka tulee karsia muun muassa ohjaajan palautteen avulla (Clark 1995; Davids, Glazier, Araujo & Barlett 2003).

Dynaamisten systeemien näkökulmasta vaihtelu on välttämätöntä sekä järjestelmää hyödyttävä ominaisuus (Clark 1995). Ensinnäkään kaksi eri henkilöä ei ikinä kykene suorittamaan samaa motorista tehtävää täysin samalla tavalla. Jokaisella suorittajalla on omat henkilökohtaiset reunaehdonsa, jotka määrittelevät millaiselta motorinen suoritus loppujen lopuksi näyttää (Davids ym. 2003). Vertailtaessa kahden eri aikuisen kävelymalleja löytyy niistä helposti eroja, eikä koneita tai laitteita tarvita tämän eron havaitsemiseen. Mieleeni ei tule toista motorista liikettä, joka on yhtä toistettu kuin ihmisen kävely. Jos käveleminen ei tule ihmisten välillä koskaan samanlaiseksi, onko tarkoituksen mukaista lähestyä taitojen opettamista ”one size fits all” periaatteella? Dynaamisen lähestymistavan mukaan liikevaihtelut yksilöiden sisällä ja yksilöiden välillä nähdään taidon suorittajan yritykseksi hyödyntää oman systeeminsä reunaehtoja liikkeen toteuttamiseen. Vaihtelevuus ei ole haitta, vaan auttaa jokaista erilaista suorittajaa sopeutumaan dynaamisesti muuttuviin henkilökohtaisiin, ympäristön sekä tehtävän reunaehtoihin (Davids ym. 2003).

Tästä näkökulmasta liikemallien välistä vaihtelua pidetään tärkeänä osana motorisissa suorituksissa. Vain liikemallia vaihtamalla voidaan saavuttaa johdonmukaisia loppuratkaisuja muuttuvissa olosuhteissa (Davids ym. 2003). Esimerkiksi frisbeegolfissa eri tuulen vaikutus kiekon lentorataan, pakottaa käyttämään erilaista liikemallia, eri kiekkoa tai kumpaakin yhdessä. Teorian mukaan häiriön ja vaihtelun lisääminen taitoharjoitteluun estää liikuntakoneistoamme tulemasta liian ennalta määrättyksi muuttuvissa ja erilaisia ratkaisuja vaativissa olosuhteissa. (Davids ym. 2003.)

Vakaat liikemallit ovat toistettavia sekä toisistaan riippumattomia. Dynaamisten systeemien teoria näkee ihmisen dynaamisena, muuttuvana ja mukautumiskykyisenä. Vakaan liikemallin syntyminen vaatii vanhan liikemallin havaitsemista tehottomaksi. (Clark 1995.) Siirtymää

stabiilien tilojen välillä ei tapahdu ilman muuttujien vaihtelua. Vaihtelu ja sen määrä on yksi dynaamisten systeemien teorian pääperiaatteista – ilman vaihtelua ja siitä syntyvää häiriötä systeemiimme ei synny tarvetta liikemallin vaihtamiseen (Kugler, Kelso & Turvey 1980, 41–45). Vaihtelua taidon oppimisprosessiin voidaan lisätä esimerkiksi suorittamalla harjoituksissa taitoja erilaisilla pinnan muodoilla, parametreilla, välineillä sekä manipuloimalla suoritukseen käytettävää tilaa ja aikaa (Chow ym. 2016, 50).

Perinteisessä liikunnanopetuksessa korostuu ohjeiden ja ydinkohtien opettaminen varsinkin nuoremmille taidon harjoittelijoille. Dynaamisten systeemien näkemys aiheesta on täysin toisenlainen. Kelso, Holt Kugler ja Turvey (1980) toteavat taidon opettajille ”hylkää uusien ydinkohtien ja liikkeen periaatteiden opettaminen, kunnes oppija on täysin tutkinut syy-seuraussuhteita ja lakeja omasta motorisesta käyttäytymisestään.” (Kelso, Holt, Kugler & Turvey 1980, 65–66.) Dynaamisten systeemien teoria toimii nykypäivänä yhtenä viitekehyksenä differentiaalioppimisille. Vaihtelu on taidonoppimisen lähestymistavassa yhtenä pääperiaatteena eikä ohjaavaa palautetta anneta (Schöllhorn ym. 2012). Oppiminen on tutkivaa ja pyrkii motoristen perustaitojen kehittymiseen ongelmaratkaisutehtävien avulla (Pesce ym. 2019). Tutkimuksessani toinen intervention oppimistyyli on differentiaalioppiminen.

5 Differentiaalioppiminen

Perinteiset oppimislähestymistavat tyypillisesti perustuvat lineaariseen ymmärrykseen harjoittelun luonteesta. Mitä enemmän harjoitellaan, sitä enemmän opitaan. Sama syy johtaa samaan seuraukseen. (Schöllhorn ym. 2012.) Perinteisen käsityksen mukaan taitoharjoittelu on urheilijan ohjaamista kohti ihanteellista suoritustekniikkaa. On uskottu, että taitoja opitaan ainoastaan toistamalla oikeita suorituksia identtisesti. Nonlineaari pedagogiikka ja differentiaalioppiminen haastavat tämän käsityksen (Kalaja 2016, 241). Jaakkolan (2018) mukaan nykypäiväisiin taitoharjoittelumenetelmiin kuuluu vaihtelu. Vaihteleva ja virikkeellinen harjoittelu edistää aivojen kehittymistä verrattuna yksitoikkoiseen toistamiseen (Jaakkola 2018, 20).

Vuonna 1963 nuori korkeushyppääjä harjoitteli sinnikkäästi korkeushyppyä. Yrityksistään huolimatta tulosta ei syntynyt. Korkeushyppääjä päätti alkaa kokeilla erilaisia tyylejä ja huomasi oman tuloksensa paranevan koko ajan. Viisi vuotta myöhemmin Dick Fosbury haki kultaisen mitalin Mexico Cityn olympialaisista ja mullisti koko korkeushyppymaailman. (Taylor & Ivry 2012.) Tämä tapaus kiteyttää hyvin taitoharjoittelun luonteen differentiaalioppimisen näkökulmasta. Taidon oppimisprosessi on ongelmaprosessin toistamista sekä sopivien ja vakaiden liikemallien etsimistä yksilökohtaisiin tarpeisiin. Pienet muutokset harjoittelussa voivat saada aikaan suuren vaikutuksen oppimisessa ja päinvastoin (Schöllhorn ym. 2012).

Differentiaalioppiminen on motorisen oppimisen lähestymistapa, jonka esitteli Wolfgang Schöllhorn vuonna 1999 (Serrien, Tassignon, Baeyens & Clijsen 2018; Tassignon ym. 2021). Lähestymistavan mukaan oppiminen on riippuvaista harjoittelun vaihtelevuudesta, jota tapahtuu taidon oppimisprosessin aikana (Frank, Michelbrink, Beckmann & Schöllhorn, 2008).

Differentiaalioppimisessa käytetään hyödyksi ja lisätään vaihtelua/häiriötä systeemiin, minkä avulla saadaan aikaan itseorganisoitumisprosessia. Oppija itseorganisoitumisprosessin avulla vertailee ja muodostaa hänelle mieleisiä vakaita liikemalleja. Taidon oppimisvaiheessa oppija pakotetaan kohtaamaan monia erilaisia suoritumahdollisuuksia, joka laajentaa oppijan kykyä toteuttaa taito erilaisissa olosuhteissa. Toisin sanoen urheilija harjoittelee tiettyä motorista taitoa monella eri tavalla ja tuloksena hän löytää yksilöllisen ja optimaalisen tavan suorittaa tehtävä. Koska harjoittelu tapahtuu ilman toistamista, väitetään että taidosta tulee

sopeutuvampi ja sopivampi jatkuvasti muuttuviin olosuhteisiin. Yksi teoreettinen selitys differentiaalioppimiselle on dynaamisten systeemien teoria. Teoriassa vaihtelu katsotaan välttämättömäksi toiminnalliselle sopeutumiselle dynaamisesti muuttuvissa ympäristön, systeemin ja tehtävän olosuhteissa. (Savelsbergh ym. 2010.)

Differentiaalioppimisessa jokainen harjoitettava suoritus pyritään toteuttamaan edellisestä poiketen. Suoritukset eivät välttämättä edes näytä tavoitteelliselta toiminnalta. Esimerkiksi koripallon heittoa voidaan harjoitella väärällä kädellä, yhden jalan ponnistuksesta tai vaikkapa silmät kiinni. (Jaakkola 2019.) Vaihtelevuuden periaate on differentiaalioppimisen keskeinen asia ja se juontaa juurensa dynaamisten systeemien teoriasta, itseorganisoitumisesta sekä käsitteestä satunnainen resonointi (*stochastic resonance*). (Schöllhorn 2016.)

Differentiaalioppiminen voidaan kiteyttää Bersteinin (1967, 134) ajatukseen hyvän harjoittelun luonteesta ”Harjoittelu on toistamista ilman toistoa”. Taidon oppimisen luonnetta tästä näkökulmasta voidaan kuvailla ongelmanratkaisuprosessin toistamiseksi uudestaan ja uudestaan (Kalaja 2016, 235).

Differentiaalioppimisen tavoitteena on auttaa oppijoita löytämään omat yksilölliset ja tilannekohtaiset optimiliikemallit monimutkaisten motoristen taitojen suorittamiseen, jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä ja oppijassa (Frank ym. 2008). Perinteisessä taito- ja tekniikkavalmennuksessa virheet on määritelty poikkeamiksi ideaalisuorituksesta.

Differentiaaliharjoittelussa suhtautuminen virheisiin on täysin toisenlainen. Menetelmässä pyritään tietoisesti mahdollisimman suureen vaihteluun suoritusten välillä ja täten myös epäonnistuneiden suoritusten lukumäärä kasvaa. Perusolettamus on, että kahden täysin samanlaisen suorituksen tekemisen todennäköisyys on häviävän pieni. Koska virheetön suoritus ei ole mahdollinen, ei myöskään virheiden välttäminen ole mahdollista. (Kalaja, 2009.) Vaihtelun periaate ei ole pelkästään tyypillistä differentiaalioppimisen kontekstissa. Vaihtelua hyödynnetään myös muissa taidon oppimisen malleissa kuten taitojen oppimisen ekologisessa teoriassa (Davids, Button & Bennett 2008), satunnaisharjoittelussa (Schmidt & Lee 1999, 298) sekä tilannekohtaisessa häirinnässä (Shea & Morgan 1979). Nämä kaikki lähestymistavat käyttävät vaihtelevuutta tehostaakseen harjoittelua (Tassignon ym. 2021). Vaikuttaisi siltä, että motorisen oppimisen teoriat ovat enemmän tai vähemmän yhtä mieltä vaihtelun merkityksestä taidonoppimisprosessissa.

Differentiaalioppiminen erottaa itsensä muista menetelmistä seuraavilla tavoilla. Ensinnäkin lähestymistapa ottaa huomioon, että optimisuoritus on aina riippuvainen taidon suorittajasta ja

vallitsevasta tilanteesta. Toiseksi differentiaalioppimisessa ei toisteta samaa harjoitetta, vaan suoritus muuttuu koko ajan. (Schöllhorn, Beckmann & Davids 2010). Tämä tarkoittaa, että taidon harjoittelun täytyy sisältää monta eri variaatiota liikkeestä, eikä täten ei sisällä saman liikkeen toistamista. Lisäksi differentiaalioppiminen tapahtuu ilman korjaavaa palautetta. (Schöllhorn 2016.)

Taitojen oppimisen ekologisen teorian sekä differentiaalioppimisen taustateorioina kummallakin toimii muun muassa dynaamisten systeemien teoria (Chow ym. 2016, 45; Schöllhorn 2016). Kummatkin yrittävät rohkaista oppijaa tutkimaan erilaisia liikeratkaisuja sekä syy-seuraussuhteita omasta liikesäätelystään. Lisäksi kummatkin painottavat yksilön, tehtävän sekä ympäristön vaikutusta taidon oppimiseen. Toisin sanoen optimiliike on yksilöstä ja tilanteesta riippuvainen. Lähestymistapojen eron huomaa enemmänkin käytännön toteutuksesta. (Gray 2020.). Differentiaalioppimisessa ikään kuin pakotetaan oppija kohtaamaan kaikenlaisia variaatioita liikkeestä, kun taas ekologisessa teoriassa oppija ohjataan kohti omaa optimaalista suoritusta muokkaamalla tehtävän ja ympäristön oleellisia reunaehdoja. (vrt. Schöllhorn 2008; Chow ym. 2016, 11–14).

Havainnollistavana ja erittäin pelkistettynä esimerkkinä informaatioprosessoinnin, ekologisen teorian ja differentiaalioppimisen erosta voidaan käyttää seuraavaa esimerkkiä pituushyppäämisestä. Yksi yleinen virhe pituushypyssä voi olla liian matala lentokaari. Jos hyppy ei suuntaudu ylöspäin, ei suorittaja saa tarvitsemaansa lentoaikaa hyvän suorituksen tekemiseen. Informaatioprosessoinnin mukaisen lähestymistavan mukaan taidon opettaja kertoo suorittajalle kyseisen virheen. Ekologisen teorian mukaan ohjaaja alkaa muokata ympäristön ja tehtävän rajoitteita. Toisin sanoen, ohjaaja voi laittaa vaikka tietyn korkoisen esteen ponnistuslaudan taakse, jolloin este ohjaa hypyn tarpeeksi korkealle. Differentiaalioppimisessa kyseistä estettä voitaisiin vaihtaa jokaisen toiston jälleen, jolloin suorittaja vertailisi erilaisten lentoratojen vaikutusta omaan suoritukseensa ja ehkä osaisi poimia niistä parhaan omille reunaehdoilleen.

Empiirinen tutkimus on osoittanut, että taidon eliittisuorittajien väliset suoritustekniikat eroavat toisistaan (Chow ym. 2016, 123). Lisäksi esimerkiksi huippukeihäänheitäjien omista suorituksista on havaittavissa eroja toistojen välillä. Kun otetaan huomioon vapausasteiden lisääntyminen mekaanisella, lihas- ja hermotasolla ja useita mahdollisia muuttujia tehtävässä ja ympäristössä, jokainen liikkeen suoritus on jossain suhteessa erilainen. Tästä johtuen on

myös suoritustekniikan oltava erilainen ja mukautumiskykyinen ollakseen sopiva tilanteeseen kuin tilanteeseen. (Schöllhorn, Mayer-Kress, Newell & Michelbrink, 2009.)

Jos liikkeen toistot eivät ole koskaan identtisiä ja jopa tuhansien toistojen jälkeen voidaan havaita eroavaisuuksia liikkeiden välillä, voi olla syytä harkita lähestymistapaa, joka valmistaa yksilön kohtaamaan eroavaisuuksia liikkeiden välillä, kun vaihtelua liikkeiden välillä tapahtuu joka tapauksessa. (Schöllhorn, Beckmann ja Davids, 2010.)

Differentiaalioppimisessa erilaisten suoritustapojen välisten erojen havainnointia pidetään tärkeänä osana taidon oppimisprosessia (Schöllhorn ym. 2006). Liikuntataitoja suorittaessa aivoissa tapahtuu vertailua tavoitellun ja toteutuneen suorituksen välillä. Vertailu jäsentää, täsmentää ja syventää liikemallia. Oppimisen kannalta on tärkeää tietää, mitkä ratkaisut toimivat ja mitkä eivät. Virheiden tekeminen ja niistä oppiminen kuuluvat täten olennaisina osina taitojen opetteluun (Jaakkola 2019). Jos tavoiteltu sekä toteutunut suoritus ovat samanlaiset se ei herätä elimistössämme suurempaa kiinnostusta (Rintala, Jaakkola & Kalaja 2020).

5.1 Vaihtelun periaate differentiaalioppimisessa

Differentiaalioppiminen terminä tulee eroavaisuuksista tai erilaisista muutoksista liikemallien välillä, jotka tarjoavat lisää tietoa liikejärjestelmällemme. (Schöllhorn 2016.)

Differentiaalioppimisessa lisätään niin sanottua satunnaista häiriötä (*stochastic perturbation*) opittavaan motoriseen suoritukseen, jotta itseorganisoitumista on mahdollista tapahtua.

Lähestymistapa uskoo, että edellä mainitun tavan ansiosta oppija löytää itselleen optimaalisen liikeratkaisun liikeongelmaan. (Henz, John, Merz & Schöllhorn 2018.)

Differentiaalioppimisessa varioidaan ja toteutetaan erilaisia suoritustapoja kustakin motorisesta liikkeestä. Variointitapoja on lukemattomia ja lähestymistavassa voidaan suorittaa jopa ”virheellisiä” liikkeitä (Jaakkola 2019). Tätä korostetaan Schöllhornin (2010) lausahduksessa: ”Älä harjoittele oikealla tavalla, jos haluat tulla parhaaksi” (Schöllhorn, Beckmann & Davids 2010).

Serrien ja kumppanit (2018) käyttävät seuraavaa määritelmää kuvaillessaan differentiaalioppimista: ”Differentiaalinen oppiminen käyttää liikkeiden vaihtelua yrittäessään parantaa taidon oppimista. Lähes kaikenlainen vaihtelu suoritusten välillä on sallittua. Liikkeiden vaihtelevuutta ohjaa ensisijaisesti suorituksen ohjeistus, jotka kuvaavat tiettyjä variaatioita siitä, miten tietyn taikka tiettyjen vapausasteiden tulisi käyttäytyä liikkeen aikana. Varioitavia asioita voi olla esimerkiksi asento, kulma, nopeus, kiihtyvyys, rytmi ja

järjestys. Muita vaihtelun lähteitä voivat olla muutokset sisäisissä ja ulkoisissa olosuhteissa. Nämä olosuhteet voivat olla esimerkiksi toisen tehtävän tekemistä samaan aikaan, väsymys, henkinen tila, ympäristö, välineet, sekä vastustajat. Jokainen liikemuunnelma toistetaan vain kerran tai enintään kaksi/kolme kertaa. Erot liikevaihteluiden välillä voivat olla suuria ja kaoottisia tai pieniä eli asteittaisia lähestymistavasta riippuen.” (Serrien ym. 2018.)

Voimme ajatella liikkeen variointitapoja spektrinä kaikkien mahdollisten suoritusmahdollisuuksien mukaan. Asteittaisessa differentiaalioppimisessa edellinen toisto eroaa seuraavasta vain vähän. Kaoottisessa lähestymistavassa kahden perättäisen toiston eroavaisuus on suurempi. Schöllhornin ja kumppanien (2006) tutkimuksessa kaoottinen lähestymistapa osoittautui tehokkaammaksi differentiaalioppimisen muodoksi. Tästä syystä omassa interventiojaksossa myös harjoitteet etenevät näin. Suoritusten välisen vaihtelun ja varioinnin periaatteen differentiaalioppimisen näkökulmasta kiteyttää hyvin Peter Valentinerin (2007 1:38-4:06) kuulantyyntönnön videoklippin.

Vaihtelun suuri määrä haastaa liikejärjestelmän löytämään uusia optimaalisia ratkaisuja. Kuten käsitelimme dynaamisten systeemien teoriassa, motorinen oppiminen on prosessi, jossa etsitään vakaita ja toimivia malleja, johon systeemi voi tyytyä motorisia taitoja suorittaessaan. Neurobiologinen systeemi itseorganisoituu vakaisiin malleihin tyydyttääkseen muuttuvia tehtävän yksilön tai ympäristön reunaehdoja, joka on myös perustana uusien liikemallien oppimiselle. (Chow ym. 2016, 9.) Samanlailla kuin käsitelimme nopeuden muutosta luvussa dynaamisten systeemien teoriassa, differentiaalioppimisen perspektiivissä liikkeen välinen vaihtelu toimii eräänlaisena itseorganisoitumisen mahdollistajana. Lähestymistapa lisää systeemin epävakautta vaihtelun muodossa. Lisääntynyt vaihtelu mahdollistaa itseorganisoitumisen ja näin vahvistaa vakaiden liikemallien kehittymistä (Den Hartigh, Otten, Grzycynska & Hill 2021).

Satunnainen resonointi on yksi differentiaali oppimisen periaatteista.

Differentiaalioppimisessa harjoitukset suunnitellaan kattamaan suuren osan harjoiteltavan taidon eri suorittamismahdollisuuksista, jotta mahdollisuus resonointiin kunkin oppijan yksilöllisten ja tilannekohtaisten tarpeiden mukaan on mahdollista. Toisin sanoen, oppija yrittää löytää hyödyllisiä komponentteja tutkiessaan erilaisia liikesuorituksia. Taidon suorittaja yrittää etsiä omille reunaehdoille hyödyllisiä tekijöitä taidon harjoittelu hetkellä. (Schöllhorn 2006.) Differentiaalioppimisessa vaihtelu nähdään välttämättömänä osana taidonharjoittelua. Vaihtelun lisääminen ja kohtaaminen taidonharjoittelutilanteissa auttaa

oppijaa tutkimaan lakeja ja syy-seuraussuhteita omasta liikkumisestaan sekä valmistautumaan erilaisiin tilanteisiin, joita hän tulee kuitenkin kohtaamaan (Schöllhorn, Beckmann, Davids 2010).

5.2 Differentiaalioppimisen tuloksia

Differentiaalioppiminen saattaa kuulostaa ja näyttää todella erikoiselta tavalta harjoitella motorisia taitoja. Variointi tavat voivat olla todella erikoisia ja erittelen muutaman jalkapallon potkaisemisen suorituksen Schöllhornin, Hegenin ja Davidsin (2012) tutkimuksesta:

1. Maalinteko pomppivaan palloon, jalkapöydällä, kroppavinossa oikealle ja vauhti pienin hyppäin
2. Maalinteko kuljetuksen jälkeen, sisäsyryllä ja kädet pyörivät eteenpäin
3. Maalinteko pomppivaan palloon, ulkosyryllä ja kroppa heiluu edes ja taakse.

Edellä mainitussa tutkimuksessa toinen ryhmä harjoitteli jalkapallon syöttämistä perinteisen ideaaliin tekniikkaan ja ohjaajan neuvoihin perustuen. Kyseisessä tutkimuksessa differentiaalioppimisen ryhmä kehittyi paremmin. Differentiaalioppiminen on myös osoittanut hyviä tuloksia muun muassa kuulantyyönössä (Frank ym. 2008), jääkiekossa (Beckmann, Winkel & Schöllhorn 2010), koripallossa (Pouregbali, Arede, Rehfeld, Schöllhorn & Leite 2020) sekä tenniksessä (Yildirim & Kizilet 2020).

Suurin osa vaihtelun merkityksestä motorisen taidon oppimisprosessiin on tehty skeemateorian pohjalta. (Schmidh & Lee 1999, 302). Vielä tänäkään päivänä itseorganisoitumiseen perustuvan opetuksen ja informaatioprosessoinnin opetuksen vertailusta ei ole paljoa tutkimusta. Lisäksi tulokset ovat olleet jokseenkin epäjohdonmukaisia. Osa tutkimuksista on löytänyt eroja interventioissa, kun taas osassa ei ole löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. (Gray 2020.) Vielä vähemmän tutkimusta on tehty frisbeegolfin puttaamisesta, josta tutkija ei löytänyt yhtään tutkimusta, jossa vertaillaan eri oppimistyylien tehokkuutta.

Tehtävien variointi voi olla hyvä asia ja lisätä joustavuutta meidän liikemallemme. Kuitenkin variointilla voi olla myös kääntöpuolensa. Liiallinen tehtävien variointi voi vaikeuttaa motorista tehtävää niin, ettei sitä ole alkujen aluksi mahdollista tehdä ja aiheuttaa näin turhautumista. Vaihtelun tietoista lisäämistä kannattaakin harkita varsinkin, jos kyseessä on pieniä lapsia. (Vereijken 2010.)

Lapsien ja taidon oppimisen alkuvaiheessa olevien liikkeissä on jo luonnostaan paljon vaihtelua eli etsintää. Differentiaalioppimisen lähestymistapa ei tällöin välttämättä toimi tarkoituksenmukaisesti, kun vertaillaan vaihtelun lisäämistä nuorilla henkilöillä. (Schöllhorn 2016). Toisin sanoen, jos taidon oppija etsii ja kokeilee itseksensä jo luonnostaan erilaisia suoritumahdollisuuksia, ei differentiaalioppimisen menetelmä ole tarpeellinen. Dynaamisten systeemien ja differentiaalioppimisen näkökulmasta tämä ei kuitenkaan tarkoita, että vaihtelua aletaan vähentää. Vaihtelun lisääminen saattaa olla riippuvainen oppijan taitotasosta sekä opeteltavasta motorisesta taidosta (Schöllhorn 2016).

6 Tutkimuksen tehtävä ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tarkoituksena on arvioida differentiaalioppimisen ja toistoharjoittelun vaikutusta suorituskyvyn sekä taidon pysyvyyden kehittymiseen. Lähestymistapojen eroja tutkittiin alku-, loppu- ja pysyvyydsmittauksessa mitattujen onnistuneiden suoritusten suhteen.

Tutkimuskysymyksiksi valikoitui seuraavat:

1. Miten frisbeegolfin puttaaminen kehittyy differentiaalioppimisen avulla?
2. Miten frisbeegolfin puttaaminen kehittyy toistoharjoittelun avulla?
3. Millaisia eroja syntyy differentiaalioppimis- ja toistoharjoitteluryhmien välille?

7 Tutkimuksen toteutus

7.1 Tutkimusjoukko

Tutkimukseen osallistui $n=14$ täysi-ikäistä henkilöä, joista kolme oli sukupuoleltaan naisia ja loput yksitoista miehiä. Osallistujilta selvitettiin, olivatko he kokeilleet frisbeegolfia aikaisemmin, ikä sekä mahdollinen PDGA rating. Rating on PDGA-sanktioitujen kilpailukierrosten perusteella laskettu arvo, joka kuvastaa pelaajan taitotasoa. Kaikki osallistujat olivat kokeilleet vähintään kerran kyseistä lajia, ja kukaan ei omannut PDGA ratingia. Osallistujien joukossa ei siis ollut yhtään frisbeegolfin ammattilaista. Kuitenkin joukossa oli osallistujia, jotka harrastivat lajia paljon enemmän kuin toiset tutkimukseen osallistuneet. Ennen tutkimuksen aloittamista tutkittaville kerrottiin tutkimuksen luonne, tutkimuksen rakenne sekä tutkittavan oikeudet. Tutkimukseen osallistuvat henkilöt asuivat Varsinais-Suomen, Satakunnan sekä Uudenmaan alueilla.

Alkumittauksen jälkeen osallistujat jaettiin kahteen koeryhmään. Jakaminen ryhmiin suoritettiin ennalta määrätyn ehdon mukaan sekä kahden tutkimukseen riippumattoman todistajan läsnä ollessa. Ehtona ryhmiin jakamiselle oli alkumittauksen perusteella mitattu suorituksen pistemäärä. Jako tapahtui seuraavasti: Vähiten ja toiseksi vähiten pisteitä saaneet henkilöt eivät voi olla samassa ryhmässä, kolmanneksi ja neljänneksi vähiten pisteitä saaneet eivät voineet olla samassa ryhmässä... eniten ja toiseksi eniten pisteitä saaneet eivät voineet olla samassa ryhmässä. Menettelytavalla pystyttiin takaamaan ryhmien alkumittauksien pistemäärien jakautuvan tasaisesti ryhmien välillä. Sama tulos sekä jakautuminen alhaisten ja korkeiden onnistumisten välillä ei kuitenkaan takaa ryhmien vertailukelpoisuutta.

Tutkimuksessa ei selvitetty osallistujien motivaatiota eikä harrastustaustaa tarkemmin. Intervention tehokkuuteen ei vaikuta vain itse interventio vaan myös muut tekijät, kuten motivaatio, tutkijalle hallitsemattomat olosuhteet ja siirtovaikutus muusta liikunnasta. Ryhmiin jakautumisen tulisi olla tutkimuksen luotettavuuden näkökulmasta täysin sattumanvaraista. Tutkimuksen otoskoon pienuudesta johtuen ($n=14$) täysin sattumanvarainen ryhmiin jakaminen olisi voinut tehdä ryhmistä vertailukelvottomat.

Taulukko 2. Koeryhmien ikä- ja sukupuolijakauma.

	Keski-ikä	Sukupuoli jakauma
Differentiaalioppimisen ryhmä	26,14 ± 1,215	Yksi nainen ja kuusi miestä
Toistoharjoittelun ryhmä	27,29 ± 2,563	Kaksi naista ja viisi miestä

7.2 Tutkimusasetelma

Tutkielma toteutettiin kvasikokeellisella kahden koeryhmän alku-, loppu- pysyvyysmittauksen interventiotutkimuksena. Kokeellisessa tutkimuksessa tutkitaan yhden käsiteltävän muuttujan vaikutusta toiseen muuttajaan (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2015, 134). Tässä tutkimuksessa verrattiin kahden eri motorisen oppimisen lähestymistapaa toisiinsa. Kvasikokeellinen tutkimus on kokeellisen tutkimuksen yksi alamuoto. Tutkimus voidaan määrittää kvasikokeelliseksi, jos se ei täytä kaikkia seuraavia kokeellisen tutkimuksen tunnusmerkkejä: satunnainen otanta, yksi tai useampi kontrolli- ja koeryhmä, satunnainen jako kontrolli- ja koeryhmiin, alkutestit ryhmien samankaltaisuuden varmistamiseksi, loppumittaus vaikutuksen selvittämiseksi, yksi tai useampi interventio koeryhmälle ja riippuvan muuttujan kontrollointi ja manipulaatio (Cohen Ym. 2007, 275–283). Tutkimus voidaan määrittää kvasikokeelliseksi otantatavan perusteella sekä ryhmiin jakamisen perusteella. Sopivuusotannassa (convenience sampling) eli ei todennäköisyyteen perustuvan otannan alamuodossa, tutkija valitsee otannan, joka on helposti saatavilla (Cohen Ym. 2007, 113–114). Tutkimuksen otanta siis edustaa sopivuusotantaa. Tutkielman otanta valikoitui resurssien, saatavuuden sekä mahdollisen joustavuuden tarpeen johdosta. Tutkimuksen tulosten arvioinnissa on otettava huomioon, että tulokset voidaan yleistää vain tutkimukseen osallistuvaa joukkoa kohtaan. Tulokset eivät ole yleistettävissä populaatioon. Lisäksi sopivuusotanta sekä tutkittavien pieni lukumäärä vaikuttavat myös tulosten analysoinnissa käytettäviin testeihin sekä tutkimuksen validiteettiin.

Ensimmäisellä viikolla suoritettiin alkumittaus lähtötason selvittämiseksi. Alkumittauksen jälkeen osallistujat jaettiin kahteen koeryhmään, jotka harjoittelivat frisbeegolfin puttaamista differentiaalioppimisen tai perinteisen liikunnanopetuksen mukaan. Interventiojakso koostui neljästä harjoittelukerrasta viikoilla kaksi kolme neljä ja viisi. Kolmessa ensimmäisessä tapaamisessa jokainen osallistuja suoritti kahdeksankymmentä harjoitetta yhtä tapaamiskertaa kohden. Viimeisellä harjoittelukerralla osallistuja suoritti neljäkymmentä toistoa. Interventiojakso koostui siis yhteensä 280 toistosta. Loppumittauksen jälkeen seurasi kahden

viikon harjoittelutauko. Tauon jälkeen viikolla kahdeksan suoritettiin tutkimuksen viimeinen osa eli pysyvyyssmittaus. (ks. Taulukko 3.)

Tutkimus suoritettiin 1-on-1 periaatteella. Jokaiseen mittaukseen sekä interventiokertaan osallistui vain tutkija sekä yksi osallistuja. Loppujen lopuksi tutkimus koostui 84 yksittäisestä tapaamisesta. Menettelytavalla tutkija pystyi takamaan täyden huomion yhdelle osallistujalle havainnoimalla, mitä korjattavaa suorituksessa on sekä takaamaan optimaalisen palautteenannon. Lisäksi suoritusympäristö oli sekä mittauksissa sekä harjoitteissa vapaa muiden suorittajien läsnäolosta. Menettely takasi samalla aikaa paineettoman, rauhallisen sekä COVID-19 turvallisen oppimisympäristön. Tutkittavien informoinnin yhteydessä osallistujille, annettiin oikeus päättää sijainti, missä tapaamiset pidetään, jotta tutkittaville ei tullut tarpeetonta vaivaa tutkimukseen osallistumisesta. Mittaukset sekä interventiokerrat suoritettiin osallistujien kotiseuduilla, mutta kuitenkin paikassa, jonka tutkija katsoi sopeutuvan tutkimukseen. Suorituspaikan piti olla tasainen ja tilava alue, jossa kiekot eivät voi tehdä vahinkoa kenenkään omaisuudelle. Lisäksi suorituspaikan tuli olla turvallinen paikka, jossa ei kulkenut autoja tai muita ihmisiä.

Taulukko 3. Intervention ja mittausten suunniteltu kulku.

Viikko 1	Viikko 2–4	Viikko 5	Viikko 6–7	Viikko 8
Alkumittaus ja ryhmiin jako	Kokonainen interventio kerta (80 toistoa, viikoilla yhteensä 240 toistoa)	Puolikas interventiokerta (40 toistoa). Loppumittaus interventiokerran päätteeksi	Ei harjoittelua	Pysyvyyssmittaus

Jokaisen osallistujan kanssa sovittiin erikseen osallistujalle sopiva tapaamisaika sekä paikka. Esimerkiksi osallistuja yksi aina tiistaisin kello 17.30. Kyseinen menettelytapa ei kuitenkaan joka kerta onnistunut osallistujan menojen tai sääolosuhteiden takia. Ennen tutkimuksen aloittamista tapaamiskerroille asetettiin ehto. Viikoittaisten tapaamisien tuli ajoittua vähintään neljän päivän päähän edellisestä tapaamisesta. Toisin sanoen ei ollut mahdollista pitää tapaamiskertoja viikon kaksi sunnuntaina sekä viikon kolme maanantaina. Menettelytavalla kunnioitettiin alkuperäisiä differentiaalioppimisen tutkimuksia (ks. Schöllhorn 2016) sekä pyrittiin pitämään tutkimuksen aikataulu yksilöillä mahdollisimman samankaltaisina. Tutkimuksessa ei kyetty pitämään kiinni tarkasta seitsemän päivän aikataulusta mittausten välillä. Tapaamisia siirrettiin toiselle päivälle tutkittavien pyynnöstä tai tutkijan mielestä epäotollisen rankkasateen takia. Kuitenkaan aikataulutuksessa ei tullut vastaan suurempia

heittoja ja alkumittauksen ja loppumittaus saatiin pidettyä jokaiselle osallistujalle viiden viikon sisään niin, että edellisestä mittaukerrasta oli kulunut vähintään neljä päivää. Tutkimukseen aikataulutukseen suurin vaikuttava poikkeama oli yhden osallistujan tapauksessa, jossa pysyvyysmittaus siirtyi viikolle kymmenen COVID-19 tapauksesta johtuen. Joka tapauksessa kaikki suunnitellut tapaamiset saatiin toteutettua, vaikka jaksotus kaikilla osallistujilla ei ollut täysin sama.

7.3 Aineistonkeruumenetelmät

Tutkimuksen aineisto kerättiin jokaisessa kolmessa mittauksessa samalla tavalla. Jokaisessa mittauksessa käytettiin samaa Dynamic Discin valmistamaa Recruit Basket frisbeegolfkoria. Kyseinen kori on suunniteltu kilpakäyttöön ja on PDGA-hyväksytty alueellisen tason kilpailuihin asti. Korin keskiputkesta mitattuna osallistujat puttasivat mittauksissa kymmenen puttia neljästä metristä, kymmenen puttia kuudesta metristä, kymmenen puttia kahdeksasta metristä ja kymmenen puttia kymmenestä metristä. Jokaisella mittaukerralla suoritettiin siis yhteensä neljäkymmentä puttia. Mittaus alkoi aina viidellä neljän metrin putilla, jota seurasi viisi kuuden metrin puttia, jonka jälkeen viisi kahdeksan metrin puttia ja lopuksi viisi kymmenen metrin puttia. Edellä mainittu tapahtuma suoritettiin jokaisessa mittauksessa kahdesti. Puttauspisteet oli mitattu samassa linjassa ja suunnassa keskenään. Ennen jokaista mittaus kertaa, jokainen osallistuja lämmitteli ennen jokaista mittauskertaa yhteensä kahdeksan kertaa, kaksi heittoa jokaiselta neljältä etäisyydeltä. Osallistujat saivat valita yhteensä kahdestatoista ja kahdeksasta erilaisesta PDGA hyväksytystä kiekosta, jota halusi käyttää suorituksissaan. Osallistujille annettiin oikeus käyttää vain yhtä kiekkoa tai useampaa osallistujan oman päätöksen mukaan.

Suoritus määriteltiin onnistuneeksi vain ja ainoastaan, jos kiekko jäi koriin tai ketjuihin ja oli sääntöjen mukainen – kuten oikeassa pelissä. Kiekon jäädessä ketjuihin, kiekko poistettiin sieltä ennen suoritusta, ettei se vaikuta seuraavaan suoritukseen. Frisbeegolfin säännön 806.01 mukaan, mikä tahansa heitto enintään kymmenen metrin etäisyydellä väylämaalista on putti. Pelaajan on osoitettava pysyvänsä tasapainossa merkkiauskiekon takana ennen kuin lähestyy väylämaalia putin jälkeen. Jos pelaaja ei tee tätä, hänen tulokseensa lisätään yksi rangaistusheitto. (Suomen frisbeegolfliitto 2022). Tutkimuksessa sääntöjen vastainen onnistunut putti hylätään ja epäonnistunut pysyy epäonnistuneena. Jos putti oli onnistunut, siitä saatiin pisteitä vaikeustason mukaan seuraavasti:

Neljän metrin putti = 1,0 piste

Kuuden metrin putti = 1,25 pistettä

Kahdeksan metrin putti = 1,5 pistettä

Kymmenen metrin putti = 2,0 pistettä

Tutkimuksessa mitattiin motorista oppimista suorituksen yhdenmukaisuuksien eli onnistumisien mukaan. Yhdenmukaisuutta havainnoitiin onnistuneiden suoritusten mukaan. Samankaltaisissa tarkkuutta tarkastelevissa tutkimuksissa kuten golfissa (Fazeli & Taheri 2017) sekä jalkapallossa (Schöllhorn 2012) suorituksen yhdenmukaisuutta on tutkittu keskiarvon sekä keskihajonnan suhteen ennalta määrätystä ideaalipisteestä. Tutkimuksessa käytetty lähestymistapa taidon mittaamiseen ei ole paras tapa kuvata taidon yhdenmukaisuutta. Tutkijalla ei ollut välineitä, ammattitaitoa taikka motivaatiota käyttää videoteknologiaa ja määrittää tämän datan avulla, jokaisen 1680 putin poikkeavuus senttimetreinä tähtäyspisteestä – tässä opinnäytetyössä. Kyseisen toimintatapa valittiin henkisten kuin fyysisten resurssien johdosta.

7.4 Differentiaalioppimisen soveltaminen interventiossa

Differentiaalioppimisen taustalla on ajatus, että oppijan tehdessä toisiaan lähellä olevia mutta vaihtelevia variaatioita liikkeistä hän oppii havaitsemaan eroja liikkeiden välillä. Toimenpide parantaa oppijan kykyä sopeuttaa oma keho erilaisiin olosuhteisiin. Valmentajan tehtävänä on kehittää liikkeestä lukuisia erilaisia variaatioita, jotka voivat liittyä nopeuden, rytmin, suoritusasennon, kiihtyvyyden, välineen tai voiman soveltamiseen. Differentiaalioppimisessa ei käytetä ollenkaan perinteisiä didaktisia työkaluja kuten näyttöjä, ohjeita tai korjaavaa palautetta. (Jaakkola 2017b, 358–359.) Tutkimuksessa käytettiin edellisiä periaatteita ja harjoitteet luotiin mukailen Schöllhornin (2012) tutkimuksen muuttujia ja kehitettiin niistä toimivia frisbeegolfiin. (ks. Taulukko 4.) Suurin osa muuttujista liittyvät suoritusasentoon, mutta myös kiihtyvyyteen, nopeuteen sekä suorituksen rytmin muuttujat huomioitiin. Osallistujien taitotaso oli heterogeeninen, mutta ammattilaisia ei ollut tutkimuksessa. Tästä syystä tutkija päätyi käyttämään enemmän asennonvariointia. Vaihtelun määrä tulee olla suhteessa oppijan taitotasoon ja asennon variointi on muuttujista suorittajalle helpoin. Lisäksi jokainen suoritus tehtiin satunnaiselta etäisyydeltä sekä suunnasta neljän ja kymmenen metrin väliseltä etäisyydeltä.

Taulukko 4. Differentiaalioppimisen harjoitteet.

Nro	Frisbeegolfin puttaaminen ja käytetyt variaatiot
1.	Oikea jalka edessä + paino koko ajan etujalalla + tähtäys korin keskelle
2.	Jalat yhdessä vierekkäin + vapaa käsi vaakatasossa sivulla + tähtäys korin vasen alalaita
3.	Vasen jalka edessä + oikea jalka ojennettuna pitkälle oikealle
4.	Puttaus lähtee syväkyykystä + vasen käsi taputtaa olkapäätä
5.	Oikea polvi maassa + pää nyökkäilee eteen ja taakse
6.	Oikea jalka edessä + painonsiirto takajalalle ja ponnistus eteen
7.	Jalat ristissä + lantio liikkuu taakse ja eteen
8.	Jalat hartioiden leveydellä + pää heiluu sivulta sivulle
9.	Käsi pysyy koko ajan suorana + taakse vienti osuu vasempaan polveen
10.	Puttaus vasemmalla kädellä + jalat vierekkäin
11.	Taaksevientä lantion korkeudelle + eteenpäin viennin puolivälissä pysäytys
12.	Painopiste päkiällä + tähtäyspiste korin oikea yläreuna
13.	Etusormi kiekon reunalla + keskisormi, nimetön ja pikkurilli levitettyinä kiekon pohjalle
14.	Etukenoinen asento + saatossa käsi ojentuu suorana kohti koria
15.	Polvet joustettuna + kiekko väärinpäin kädessä
16.	Vasen jalka edessä + anhyzer*
17.	Oikea jalka edessä + hyzer**
18.	Jalat vierekkäin + suora putti
19.	Puttaus pään korkeudelta + kyykystä
20.	Oikea jalka edessä + ponnistuksen jälkeen vasen jalka nousee mahdollisimman ylös
21.	Koko kroppa osoittaa suoraan kohti koria + taakse vienti lantion korkeudelle + silmät kiinni
22.	Oikea jalka edessä + paino koko ajan takajalalla
23.	Oikea polvimaassa + eteenpäin kaatuva saatto
24.	Tehokas painonsiirto takajalalle + mahdollisimman nopea puttaus
25.	Vasemmalla kädellä + anhyzer
26.	Taakse vienti vasempaan sääreen + oikea silmä kiinni
27.	Eteenpäin viennissä kaksi pysäytystä + vasen käsi osoittaa taivaalle
28.	Jalat mahdollisimman kaukana toisistaan + anhyzer
29.	Suorituksen aikana vasen ja oikea jalka vaihtavat paikkaa
30.	Lantio osoittaa hieman vasemmalta ohi korista + rintamasuuna kohti koria
31.	Taakse vienti haarojen väliin + pieni painon siirto takajalalle
32.	Varpaillaan + leveä asento
33.	Oikea jalka edessä + jalkaterät osoittavat kello yhdeksään korista katsottuna
34.	Neljä sormeaa kiinni kiekon alareunassa + vasen käsi niskan takana
35.	yläkroppa oikealta ohi korista + anhyzer

36.	Oikea jalka edessä + mahdollisimman nopean kiekon lähtönopeus kädestä
37.	Jalat vierekkäin + syväkyökky
38.	Rystyheitto sivuttain + vasen käsi taputtaa päätä
39.	Oikea jalka edessä + taakse vienti kropan oikealta puolelta ohi
40.	Vasen jalka edessä + takakeno
41.	Haara perus ja haara + putti
42.	Jalat vierekkäin + selkä suorana
43.	Taakse vienti rintaan + anhyzer
44.	Oikea jalka vasemman jalan päällä + vasenkäsi piirtää ympyrää
45.	Telemark asento + tähtäyspiste korin panta
46.	Oikea jalka edessä + vasen silmä kiinni oikea räpyttää
47.	Etukeno + vasen käsi taputtaa rintaa
48.	Kurkivaaka oikealla jalalla + vasen käsi sivulla
49.	Oikea jalka edessä + kroppa vinossa oikealle
50.	Kantapäillä + kapea asento
51.	Vasen jalka edessä + taakse vienti kropan oikealta puolelta ohi
52.	Vasen jalka oikean polven päällä + oikea käsi sivulla
53.	Oikea jalka edessä + mahdollisimman hidas puttaus
54.	Rinnan korkeudelta + varpaillaan
55.	Oikea jalka edessä + vasen käsi napsuttaa
56.	Vasen jalka edessä + vasenkäsi käsi lantiolla koukussa
57.	Jalat ristissä mahdollisimman kaukana toisistaan + vasen käsi suoristuu ja menee koukkuun rytmissä
58.	Taakse vienti todella hidas + eteenpäin vienti todella nopea
59.	Jalat mahdollisimman lähellä toisiaan + silmät kiinni
60.	Polvet lukossa + etukeno
61.	Oikea jalka edessä + kroppa vinossa oikealle
62.	Jalat vierekkäin + taakse vienti oikeaan reiteen
63.	Oikea jalka edessä + puttauksen jälkeen astu vasemmalla jalalla eteen (askelputti)
64.	Taakse viennissä liioiteltu jousto polvista + tähtäys korin keskelle
65.	Jalat haara-asennossa mahdollisimman leveällä + taakse viennissä kiekko osuu maahan + vasen käsi ojennettuna eteenpäin
66.	Puttaus kävelyliikkeestä + vasen käsi kiinni kropassa
67.	Oikea polvi maassa + anhyzer
68.	Oikea jalka edessä + taakse vienti todella nopea
69.	Puttaus sivuttaisiikkeestä vasemmalle + tähtäyspiste korin oikea yläreuna
70.	Painopiste kantapäillä + vasen käsi osoittaa taaksepäin
71.	Taakse viennissä ylävartalo pysyy suorana + paino tasaisesti koko jalalla
72.	Kurkivaaka vasemmalla jalalla + vasen silmä kiinni

73.	Ristihyppyjä + oikea silmä kiinni
74.	Puttaus vasemmalla kädellä + vasen jalka edessä
75.	Jalat hartioiden leveydellä + puttauksen jälkeen hyppää kohti koria (hyppyputti)
76.	Vasen jalka edessä + kroppa vinossa oikealle
77.	Kiekon koskettaa taakse viennissä napaa + saatossa kaikki sormet osoittavat kohti koria
78.	Vasen polvi maassa + hyzer
79.	Ennen puttausta tee 360 asteen käänös + vasen silmä kiinni
80.	Oikea jalka edessä + paino koko ajan takajalalla + taakse vienti lantion korkeudelle

*Anhyzer= Kun oikeakätisen rystyheitto kaartaa oikealle

**Hyzer= Kun oikeakätisen rystyheitto kaartaa vasemmalle

Tutkittavan ohjeistuksessa kerrottiin kunkin suorituksen toteuttamistapa sanallisesti. Tutkittavat yrittivät jokaisella suorituksellaan saamaan peliväline koriin, vaikka suoritustapa olikin outo ja vaativa. Differentiaalioppimisen tyylin mukaan suorituksista ei annettu korjaavaa palautetta (Schöllhorn 2016). Taulukon (4) ohjeistusta käytettiin samalla tavalla jokaiselle tutkittavalle sekä jokaisessa differentiaalioppimisen harjoituskerrassa. Viimeisellä interventiokerralla suoritettiin vain puolet tehtävistä. Tutkija ei antanut ohjeita suoritukseen, vaan tarkoituksena oli oppijan oma ongelmanratkaisuprosessi. Jos oppija ei tiennyt, mikä esimerkiksi on kurkivaaka, telemark-asento tai anhyzer, hyzer jne, tutkija selitti tai havainnollisti tehtävän antamatta suoria vastauksia. Esimerkiksi anhyzerin tilanteessa tutkija otti yhden kiekon kumpaankin käteensä ja kallisti kiekkoa anhyzer kulmaan ja sanoi ”tässä kulmassa kiekko lähtee kädestä”.

7.5 Perinteisen liikunnanopetuksen soveltaminen interventiossa

Perinteisen oppimisen ryhmässä harjoittelussa pyrittiin saavuttamaan, jokaiselle oppijalle ennalta määrätty ideaali suoritustekniikka. Suoritustekniikkaa alettiin rakentamaa toistamalla frisbeegolfin puttaamista valmentajan antaessa omia näyttöjä mallisuorituksesta sekä palautetta suhteessa Piironen (2020) ydinkohtiin. ”Puttiliike pyritään saamaan mahdollisimman toistettavaksi, joten pelaajan tulisi mahdollisimman aikaisessa vaiheessa opetella itselleen ote, jonka hän pystyy toistamaan luotettavasti. Lisäksi frisbeegolfin puttaamisen yleisimmät virheet ovat liian löysä putti sekä kyynärvarren liiallinen käyttö kierreputissa ja ranteen liiallinen käyttö työntöputissa” (Piironen 2020). Näiden lisäksi oli monta muutakin ydinkohtaa, jotka on koottu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Frisbeegolfin ydinkohdat Piironen (2020) mukaan.

Painonsiirto suoraputissa:	Kädenliike:	Muut ydinkohdat:
1. Heittokäden puoleinen jalka edessä 2. Polvet joustettuna 3. Liike lähtee jaloista 4. Takajalka ponnistaa kohti koria 5. Paino siirtyy takajalalta etujalalle	1. Käden koko liike on kohti koria 2. Liike kiihtyy kohti loppua 3. Ranne ja sormet osoittavat putin jälkeen kohti koria	1. Rystyote 2. Kevyt ja rento ote 3. Sormet levitettynä laajalle pinta-alalle 4. Ei vartalon kiertoa 5. Liikerata vartalon ja korin välissä 6. Ei kiekon pohjaa tuulelle

Palautteen antaminen oli aina suhteessa edellä mainittuihin ydinkohtiin. Interventioryhmä harjoitteli, jokaisella suorituskerralla samalla tavalla – toistamalla frisbeegolfin puttaamista neljältä samalta etäisyydeltä kuin alku-, loppu- sekä pysyvyysmittauksessa. Toisin kuin mittauksissa, interventiokerroilla etäisyyttä vaihdettiin kahdenkymmenen toiston jälkeen. (ks. Taulukko 6.) Viimeisellä interventio kerralla jokaiselta etäisyydeltä suoritettiin kymmenen toistoa.

Taulukko 6. Perinteisen liikunnan ryhmän interventio kerran eteneminen.

Nro	Harjoite	Toistomäärä
1.	Puttaaminen neljästä metristä.	20
2.	Puttaaminen kuudesta metristä.	20
3.	Puttaaminen kahdeksasta metristä	20
4.	Puttaaminen kymmenestä metristä.	20

Puttaamisesta on yleisesti kaksi eri puttausasentoa – haara ja suoraputti. Tutkittavat saivat valita, kumpaa tyyliä halusivat käyttää. Kaikki seitsemän osallistujaa puttasi alkumittauksessa suoraputtina. Myös ensimmäisessä harjoittelussa, jokainen suoritti ensimmäisen puttinsa suoraputtina. Tästä syystä haaraputin ydinkohtia ei ole mainittu eikä, sovellettu tässä tutkimuksessa.

Perinteisen liikunnanopetuksen mukaisesti harjoittelu oli hyvin tietoista toimintaa (Kalaja 2016, 233). Tutkija antoi suullista palautetta, ohjeita sekä näyttöjä suhteessa ydinkohtiin ja tutkittavan toimintaan. Yhdellä palautteenanto kerralla keskityttiin vain yhden ydinkohdan parantamiseen. Palautetta annettiin 5–10 suorituksen välein suullisesti tai ohjaajan näyttöjen avulla. Perinteisen ryhmän harjoittelu tapaa voidaan kuvailla eksplisiittiseksi ja muuttumattomaksi taidon harjoitteluksi.

7.6 Aineiston analyysi

Parametriset testit on suunniteltu käsittelemään suurta populaatiota, ja ne tekevät oletuksia laajemmasta väestöstä. Parametrisiltä testeistä käytettäessä oletetaan mitattavan asian olevan normaalijakautunut väestössä, kuten reaktioaika tai älykkyydosamäärä. (Cohen, Manion & Morrison 2018, 565.) Lisäksi parametriset testit tarvitsevat toimiakseen kunnolla isompaa otoskokoa kuin tässä tutkimuksessa. Non-parametriset testit eivät tarvitse yhtä isoa otoskokoa, eivätkä välttämättä vaadi mitattavan asian normaalijakautuneisuutta (Cohen, Manion & Morrison 2018, 727). Tutkimuksessa mitattiin frisbeegolfin puttaamista pienellä otoskoolla sekä sopivuusotannalla suoritettuna. Sopivuusotannasta, pienestä otoskoosta, manipuloidusta ryhmiin jakamisesta ja mitattavan taidon luonteesta johtuen tutkimuksessa aineiston analyysissä käytettiin non-parametrisiä testeistä.

Tutkimuksessa mitattiin intervention vaikutusta ryhmän kehittymiseen sekä kahden ryhmän välisen kehittymisen eroja. Yksittäisen ryhmän kehittymisen analysoinnissa käytettiin Wilcoxonin merkittävien sijalukujen testiä ja ryhmien välisen eron analysoinnissa käytettiin Mann-Whitney U-testiä. Wilcoxonin- ja Mann-Whitney U-testi ovat parametrisen t-testin nonparametriset vastikkeet. Kyseiset testit ovat tarkoitettu juuri tämänlaisten aineistojen analysointiin. (ks. Cohen, Manion & Morrison 2018, 842.) Wilcoxonin testiä käytetään kahden eri toisistaan riippuvan otoksen tapauksessa ja Mann-Whitney U-testiä kahden toisistaan riippumattoman mittauksen tilastollisen merkitsevyyden arvioinnissa. Toisin sanoen tässä tutkimuksessa testeistä käytettiin arvioimaan, onko tilastollisesti merkitseviä eroja mittauskerran sekä suoritustuloksen välillä ryhmän sisällä ja ryhmien välillä.

Mann-Whitney U-testi sekä Wilcoxonin testi perustuvat sijalukuihin ja niiden vertailuun. Toisin sanoen testit tutkivat, kuinka monta kertaa tai millä todennäköisyydellä tulos toisesta ryhmästä on korkeammalla kuin tulos toisesta ryhmästä. (Cohen, Manion & Morrison 2018, 794–797.) Tilastollinen merkitsevyys asetettiin kummassakin mittauksessa arvoon 0,05. Tutkimuksessa kerättiin mittauskerroilta onnistuneet heitot, jotka myös skaalattiin pisteiksi. Aineisto kerättiin anonymisti talteen Microsoft Excel -ohjelmaan ja aineiston analysoitiin ja käsittelyyn käytettiin IBM SPSS Statistics 25 -ohjelmaa.

Ensimmäisestä interventiokerrasta kerättiin ylös harjoitteiden yksilölliset kestot havainnoimaan pääpiirteittäin osallistujien käyttämää aikaa interventiokerroissa. Lisäksi jokaisesta mittauskerrasta merkittiin ylös erilaiset tuuliolosuhteet osoittamaan olosuhteiden olevan enemmän tai vähemmän erilaisia jokaisella osallistujalla. Tieto tuulen voimakkuudesta

saatiin YR sääpalvelusta. Tuulen voimakkuutta tai ensimmäisen interventiokerran kestoa ei analysoitu erikseen. Interventiokerran kestoa voidaan käyttää havainnollistamaan suorituksiin käytettävää kestoa sekä tuulen voimakkuutta suhteessa tutkimuksen luotettavuuteen.

7.7 Tutkimusmenetelmien luotettavuus

”Tutkimuksessa pyritään välttämään virheiden syntymistä, mutta silti luotettavuus sekä pätevyys vaihtelevat. Tämän vuoksi kaikissa tutkimuksissa pyritään arvioimaan tehdyn tutkimuksen luotettavuutta”. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2015, 231.) Tutkimuksen luotettavuutta voidaan lähestyä tutkimuksen reliabiliteetin sekä validiteetin kautta.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan mittaustulosten toistettavuutta ja validiteetilla tutkimuksen yleistettävyyttä. (emt.) Validiteetilla ja reliabiliteetilla tarkoitetaan eri asioita riippuen tutkimuksen luonteesta (Cohen, Manion & Morrison 2018, 245). Tarkastelen tutkimuksen luotettavuutta määrällisen ja kokeellisen tutkimuksen näkökulmasta.

Reliabiliteetilla siis tarkoitetaan tutkimuksen luotettavuutta, johdonmukaisuutta ja toistettavuutta. Onko mitattava asia yksiselitteisesti mitattavissa ja onko mittaustapa luotettava ja voiko joku muu mittaaja saada erilaisia tuloksia? (Cohen, Manion & Morrison 2018, 245.) Tutkimuksessa mitattiin motorista oppimista suorituksien yhdenmukaisuuksien eli onnistuneiden suoritusten mukaan. Samankaltaisissa tutkimuksissa golfissa (Fazeli & Taheri 2017) tai jalkapallossa (Schöllhorn 2012) suorituksen yhdenmukaisuutta on tutkittu keskiarvon sekä keskihajonnan suhteen ennalta määrätystä ideaalipisteestä. Valittu menetelmä ei mittaa taidon kehittymisen luonnetta parhaiten. Lisäksi muutaman kerran mittausten aikana suorittajan putti osui tutkijan mielestä melkein ideaalipisteeseen, mutta frisbeegolfkorille tyypillisesti kyseinen hyvännäköinen suoritus kimposi pois korista. Tutkimuksen reliabiliteettia samalla nosti kyseinen oikein tai väärin menettelytapa, koska se on hyvin yksiselitteinen. Tutkimuksen onnistumiset kirjattiin ylös etäisyyksittäin (ks. Liite 1; Liite 2) tukkimiehen kirjanpidolla jokaisen puttauksen jälkeen.

Tutkimuksen reliabiliteetin kannalta tutkimuksen tulee esitellä ovatko tutkimukseen osallistujat vertailtavissa keskenään sekä ovatko mittaukset suoritettu samalla tavalla yksilöiden välillä. (Cohen, Manion & Morrison 2018, 245.) Alkumittauksen jälkeen osallistujat jaettiin kahteen koeryhmään. Ryhmät olivat pisteiden ja onnistumisten kannalta samanlaisia, mutta osallistujat olivat ryhmän sisällä sekä ryhmien välillä heterogeenisiä. Motoristen taitojen oppimiseen voi vaikuttaa muun muassa motoriset perustaidot, siirtovaikutus muista lajeista ja motivaatio. Käytännössä lajitaidon oppimisnopeuteen

vaikuttaa pohjalla olevat motoriset perustaidot, jos motoriset perustaidot ovat eri tasolla, ei voida olettaa, että lajitaidot kehittyvät yhtä nopeasti (Schmidt & Wrisberg 2000, 185). Tässä tutkimuksessa perinteisen liikunnan ryhmässä oli yksi henkilö, jolla tutkijan mukaan ei ollut samat lähtökohdat lajitaidon oppimiselle kuin muilla tutkimukseen osallistujilla. Lisäksi tutkimuksen reliabiliteettiin vaikutti myös käytetty lähestymistapa. Suorituspaikat ja ajankohdat päivässä olivat lähes jokaisella osallistujalla erilaiset niin ajan kohdaltaan, ympäristöltään kuin tuulen kannalta, mitkä vaikuttavat tutkimuksen tuloksiin sekä tutkimuksen toistettavuuteen.

”Validiteetti on tärkeä osa laadukasta tutkimusta. Jos tutkimuksen jokin osa on epävalidi, tutkimus on hyödytön”. (Cohen, Manion & Morrison 2018, 245.) Tutkimuksen validiteetti voidaan jakaa tutkimuksen sisäiseen että ulkoiseen validiteettiin. Sisäinen validiteetti käsittelee kysymystä, vaikuttiko interventio itsessään tutkimuksen tuloksiin vai oliko taustalla jotain muuta ja onko tutkimuksessa virheitä tai validiteetti rikkomuksia. Ulkoinen validiteetti taas tarkoittaa, ovatko tulokset yleistettävissä. (Cohen, Manion & Morrison 2018, 245–255.)

Tutkimuksen sisäistä validiteettia nostivat tarkoin määritelty ja selkeä intervention sekä mittauksen suunnittelu. Kummallekin ryhmälle pystyttiin takaamaan samat harjoitteet. Perinteiselle ryhmälle määritettiin jokaiselle sama suoritusetäisyys. Differentiaalioppimisen ryhmän validiteettia laski se, että suorituksen etäisyydet olivat satunnaisia neljästä metristä kymmeneen ja täten suoritukset eivät olleet samat henkilöiden eikä harjoittelukertojen välillä. Mittauskerroilla kukin suoritus tehtiin ennalta määrätystä etäisyydestä. Sisäistä validiteettia kuitenkin laski erilaiset tuuli- sekä ympäristötekijät osallistujien välillä. Lisäksi sisäistä validiteettia laski myös osallistujien mahdollinen harjoittelu vapaa-ajallaan.

Tutkimuksen alussa jokaista osallistujaa ohjeistettiin olemaan harjoittelematta ja pelaamatta frisbeegolfia. Jos osallistuja kävi harjoittelemassa frisbeegolfin puttaamista tai pelaamassa lajia häntä pyydettiin kirjaamaan kyseinen asia muistiin. Osallistujien välillä oli eroja vapaa-ajan frisbeegolfin harrastamisessa. Kaikki vapaa-ajan frisbeegolf toiminta sijoittui kuitenkin alku- sekä loppumittauksenvälille. Yksikään osallistuja ei käynyt pelaamassa frisbeegolfia loppu- sekä pysyvyysmittauksen välissä. Tuuliolosuhteet sekä omatoiminen harjoittelu on merkitty ylös liitteissä (ks. Liite 1; Liite 2).

Interventio sekä mittauksilanteet suoritettiin 84 eri tapaamiskerralla. Sääolosuhteiden sekä osallistujien pyynnöstä tapaamiskertoja siirrettiin seuraaville tai suunniteltua edeltävälle päivälle. Tästä johtuen yksilöiden harjoittelusuunnitelman jaksotus erosi toisistaan. Kaikki

tapaamiskerrat saatiin kuitenkin pidettyä suhteellisen lähellä suunniteltua ajankohtaa yhtä tapausta lukuun ottamatta. Yhden perinteisen ryhmän osallistujan pysyvyysmittauskertaa jouduttiin lykkäämään peräti kahdella viikolla COVID-19 tapauksen johdosta.

Pysyvyysmittauksen siirtyminen kahdella viikolla verrattuna muuhun ryhmään todennäköisesti vaikuttaa kyseisen osallistujan mittaustulokseen.

Tutkimuksen aineisto oli pieni ($n=14$), aineisto valittiin sopivuusotannalla eikä ryhmiin ei jakauduttu täysin sattumanvaraisesti. Tarkempi kuvaus ryhmiin jakamisesta löytyy luvusta 7.1. Lisäksi osallistujat olivat heterogeenisiä harrastusmäärän sekä taitotasojen suhteen. Kyseisistä syistä tutkimuksen ulkoinen validiteetti jäi alhaiseksi. Aikaisemmin tässä luvussa eriteltyjen syiden johdosta, tutkimustulokset eivät ole yleistettävissä.

7.8 Tutkimuksen eettisyys

”Tutkimuksen tekoon liittyy monia eettisiä kysymyksiä, jotka tutkijan tulee ottaa huomioon. Eettisesti hyvä tutkimus edellyttää, että tutkimuksenteossa noudatetaan hyvää tieteellistä käytäntöä”. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2015, 3.) Tutkimuksen tekemisen yhteydessä tutkimuksen raportointi on pyritty selittämään mahdollisimman selvästi ja oikeellisesti. Luonnollisesti tutkimustuloksia ei ole vääristelty ja kaikki tulokset on merkitty ylös ja ilmoitettu tämän tutkimuksen aikana mahdollisimman selvästi. Tutkimuksen lukijalle on selitetty kaikki tutkimuksen epäkohdat luvuissa 7.6 sekä 9.4 ja todettu, että tämän tutkimuksen tulokset eivät ole yleistettävissä. Lisäksi koko tutkimuksen aikana jokaiselle lainatulle teokselle ja tekijälle on annettu niiden ansaitsema kunnia.

Hyvää tieteellistä käytäntöä voidaan loukata myös tiedonhankintatavoissa sekä koejärjestelyissä (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2015, 25). Tutkimuksen tiedonhankintatavoissa on kunnioitettu Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2019, 7–13) määrittelemiä ohjeita. Ennen tutkimuksen aloittamista, jokaiselle tutkittavalle kerrottiin tutkittavan oikeudet sekä totuudenmukainen kuva tutkimuksen luonteesta ja aineiston käsittelystä. Jokaiselle suorittajalle kerrottiin, että tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja että osallistuja saa keskeyttää osallistumisensa milloin tahansa sekä peruuttaa sen koska vain. Osallistujille kerrottiin tutkimuksen kulku, tarkoitus sekä jokaisen tapaamiskerran suunniteltu kesto. Tutkimuksesta aiheutuvaa ajallista tai rahallista haittaa pyrittiin minimoimaan siten, että tutkija mahdollisti jokaiselle tutkittavalle haluamansa tapaamispaikan sekä tapaamisajan. Täten osallistujien siirtymiset sekä ajankäyttö saatiin mahdollisimman matalaksi.

Tutkimukseen osallistumiseen ei vaadittu omia kiekkoja, koria tai muita välineitä. (ks. Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2019.)

Tutkimukseen osallistui vain täysi-ikäisiä henkilöitä ja täyden päätätävällän omasta toimimisestaan omaavia henkilöitä, joten erillisiä tutkimuslupia tai huoltajien suostumusta ei tutkimuksen toteuttamiseen vaadittu. Osallistujilta ainoat kerättävät tunnistetiedot olivat ikä sekä kutsumanimi. Kun pysyvyyssmittaus oli suoritettu osallistujien kutsumanimiä ei enää tarvittu tulosten kirjaamiseen. Viimeisen mittauksen jälkeen kaikki data muutettiin numeeriseen täysin tunnistamattomaan muotoon. Aineisto säilytettiin asianmukaisesti toisten ulottumattomissa kahden lukon takana. Tutkittavien anonymiteetti säilyi koko tutkimusprosessin ajan. Ainoa data, mikä kerättiin ylös mittauksista, oli onnistuneet suoritukset, tapahtumien kestot sekä sääolosuhteet. Mittaukset sekä interventio-kerrat testattiin kahdella tutkimukseen riippumattomalla henkilöllä, jotta saatiin selville harjoitusten oletetut kestot sekä mahdolliset ongelmat harjoitteiden ohjeistuksessa. Kyseiset asiat informoitiin osallistujille sekä kaikkien tiedot käsiteltiin tutkimuksessa anonymisti. Kaikki tutkimusaineisto on nykyään esillä liitteissä 1 sekä 2.

8 Tulokset

Tutkimuksessa tarkoituksena oli mitata, miten kahta eri interventiota suorittavat koeryhmät kehittyvät frisbeegolfin puttaamisessa. Koeryhmät olivat differentiaalioppimisen ryhmä (DO) sekä toistoharjoittelu (TH). DO-ryhmä harjoitteli frisbeegolfin puttaamista suurella määrällä erilaisia frisbeegolfin puttaamisen variaatioita ilman didaktisia toimenpiteitä. TH-ryhmä harjoitteli frisbeegolfin puttaamista vähäisellä toistojen välisellä vaihtelulla, tavoitteena saavuttaa ennalta määrätty ideaalitekniikka identtisten toistojen sekä tutkijan palautteen avulla.

Interventiojakson alussa molemmille koeryhmille järjestettiin alkumittaus, jossa määritettiin osallistujien onnistuneet putit sekä putit skaalattuina pisteiksi. Intervention jälkeen koeryhmät suorittivat loppumittauksen sekä kaksi viikkoa loppumittauksen jälkeen pysyvyysmittauksen. Loppumittauksessa mitattiin intervention vaikutusta puttauksen suorituskykyyn suhteessa alkumittaukseen. Pysyvyysmittauksessa mitattiin motorisen taidon pysyvyyttä eli oppimista suhteessa alkumittaukseen. Tutkimuksessa vertailtiin ryhmien sisäistä sekä välistä kehittymistä.

8.1 Frisbeegolfin puttaamisen kehittyminen differentiaalioppimisella

Alkumittauksessa DO-ryhmä ($n=7$) onnistui yhteensä 80 kertaa (ka 11,43, kh 5,86). Onnistumisprosentti ryhmällä oli 28,57 prosenttia. Onnistuneet puttaukset skaalattiin myös pisteiksi, koska lähtökohtaisesti pidemmältä etäisyydeltä suoritettu putti on vaikeampi. Tästä syystä myös vaikeammista suorituksista sai hieman enemmän pisteitä. Kun onnistuneet suoritukset eri etäisyyksiltä skaalattiin pisteiksi, saatiin ryhmälle yhteistulos 95,75 pistettä (ka 13,68, kh 7,97). Loppumittauksessa DO-ryhmällä oli yhteensä 127 kappaletta onnistuneita puttauksia (ka 18,14, kh 6,31) sekä ryhmän yhteispistemäärä oli 156,75 pistettä (ka 22,39, kh 8,96). Loppumittauksessa DO-ryhmän onnistumisprosentti oli 45,36 prosenttia sekä kehitys skaalattuna pisteiksi 63,71 prosenttiyksikköä korkeampi kuin alkumittauksessa. (ks. Taulukko 6; Taulukko 7.) Kehitykset sekä onnistuneissa suorituksissa sekä pisteissä olivat Wilcoxonin testin mukaan tilastollisesti merkitseviä alku- ja loppumittauksen välillä (onnistuneissa suorituksissa $Z = -2,371$, $p = 0,018$ sekä pisteissä $Z = -2,366$, $p = 0,018$).

Pysyvyysmittauksessa DO-ryhmällä oli yhteensä 105 kappaletta onnistuneita puttauksia (ka 15,00, kh 5,48) sekä ryhmän yhteispistemäärä oli 128,5 pistettä (ka 18,36, kh 6,77).

Pysyvyysmittauksessa DO-ryhmän onnistumisprosentti oli 37,5 prosenttia sekä kehitys

skaalattuna pisteiksi 34,2 prosenttia korkeampi kuin alkumittauksessa (ks. Taulukko 6; Taulukko 7). Kehitykset sekä onnistuneissa suorituksissa sekä pisteissä olivat Wilcoxonin testin mukaan tilastollisesti merkitseviä alku- ja pysyvyyssmittauksen välillä (onnistuneissa suorituksissa $Z = -2,214$, $p = 0,027$ sekä pisteissä $Z = -2,371$, $p = 0,018$)

Taulukko 6. Differentiaalioppimisryhmän loppu- ja pysyvyyssmittausten onnistuneiden suoritusten sekä pisteiden vertailu suhteessa alkumittaukseen.

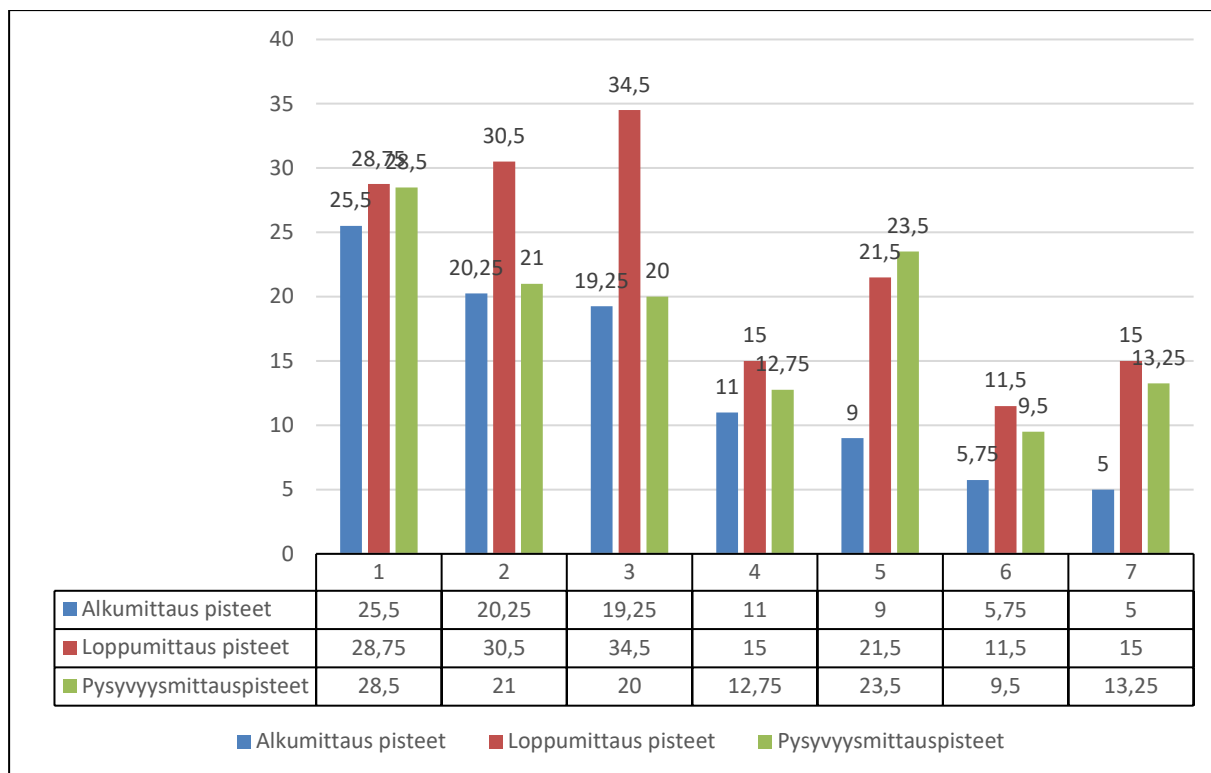
	n	mediaani	keskiarvo ja keskihajonta	yhteistulos	Z*	p*
Alkumittaus onnistuneet heitot	7	10	11,43 ± 5,86	80	-	-
Alkumittaus heitot pisteytettynä	7	11	13,68 ± 7,97	95,75	-	-
Loppumittaus onnistuneet heitot	7	18	18,14 ± 6,31	127	-2,371	,018*
Loppumittaus heitot pisteytettynä	7	21,5	22,39 ± 8,96	156,75	-2,366	,018*
Pysyvyyssmittaus onnistuneet heitot	7	17	15,00 ± 5,48	105	-2,214	,027*
Pysyvyyssmittaus heitot pisteytettynä	7	20	18,36 ± 6,77	128,5	-2,371	,018*

*Käytetty Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä

Taulukko 7. Differentiaalioppimisryhmän kehittyminen onnistuneissa heitoissa sekä pisteiden kehitys suhteessa alkumittaukseen.

	Todennäköisyys onnistuneelle suoritukselle %	Pisteiden kehitys suhteessa alkumittaukseen %
Alkumittaus	80/280=28,57	-
Loppumittaus	127/280=45,36	63,71
Pysyvyyssmittaus	105/280=37,5	34,2

Loppumittauksessa jokaisen yksilön tulos oli parantunut sekä onnistuneissa suorituksissa että pisteiden määrässä. Pysyvyyssmittauksessa jokaisen yksilön tulos pysyi vähintään samana suhteessa alkumittaukseen tai kehittyi. Pisteitä tarkasteltaessa jokaisen yksilön tulos parani suhteessa alkumittaukseen. (ks. Liite 1; Kuvio 2)



Kuvio 2. Differentiaalioppimisryhmän henkilökohtainen kehittyminen pisteinä

8.2 Frisbeegolfin puttaamisen kehittyminen toistoharjoittelulla

Alkumittauksessa TH-ryhmä (n=7) onnistui puttaamisessa yhteensä 80 kertaa (ka 11,43, kh 5,91). Onnistumisprosentti ryhmällä oli 28,57 prosenttia. Onnistuneet suoritukset skaalattiin pisteiksi ja ryhmälle saatiin yhteistulos 96,00 pistettä (ka 13,71, kh 7,70). Loppumittauksessa TH-ryhmällä oli yhteensä 84 kappaletta onnistuneita puttauksia (ka 12,00, kh 5,54) sekä skaalattuna pisteiksi ryhmän yhteispistemääräksi oli 100,5 pistettä (ka 14,38, kh 7,22). Loppumittauksessa TH-ryhmän onnistumisprosentti oli 30 prosenttia sekä kehitys skaalattuna pisteiksi 4,56 prosenttiyksikköä korkeampi kuin alkumittauksessa (ks. Taulukko 8; Taulukko 9). Kehitykset sekä onnistuneissa suorituksissa että pisteissä eivät olleet Wilcoxonin testin mukaan tilastollisesti merkitseviä alku- ja loppumittauksen välillä (onnistuneissa suorituksissa $Z = -0,512$, $p = 0,61$ sekä $Z = -0,524$, $p = 0,60$ pisteissä).

Pysyvyysmittauksessa TH-ryhmällä oli yhteensä 79 kappaletta onnistuneita puttauksia (ka 11,29, kh 6,85) sekä skaalattuna pisteiksi ryhmän yhteispistemäärä oli 94,5 pistettä (ka 13,5, kh 8,76). Pysyvyysmittauksessa TH-ryhmän onnistumisprosentti oli 28,21 prosenttia sekä kehitys skaalattuna pisteiksi 1,56 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin alkumittauksessa (ks. taulukko 8; taulukko 9). Kehitykset sekä onnistuneissa suorituksissa sekä pisteissä eivät olleet

Wilcoxonin testin mukaan tilastollisesti merkitseviä alku- ja pysyvyyssmittauksen välillä (onnistuneissa suorituksissa $Z = -0,210$, $p = 0,83$ sekä $Z = -0,169$, $p = 0,87$ pisteissä).

Taulukko 8. Toistoharjoitteluryhmän loppu- ja pysyvyyssmittausten onnistuneiden suoritusten sekä pisteiden vertailu suhteessa alkumittaukseen.

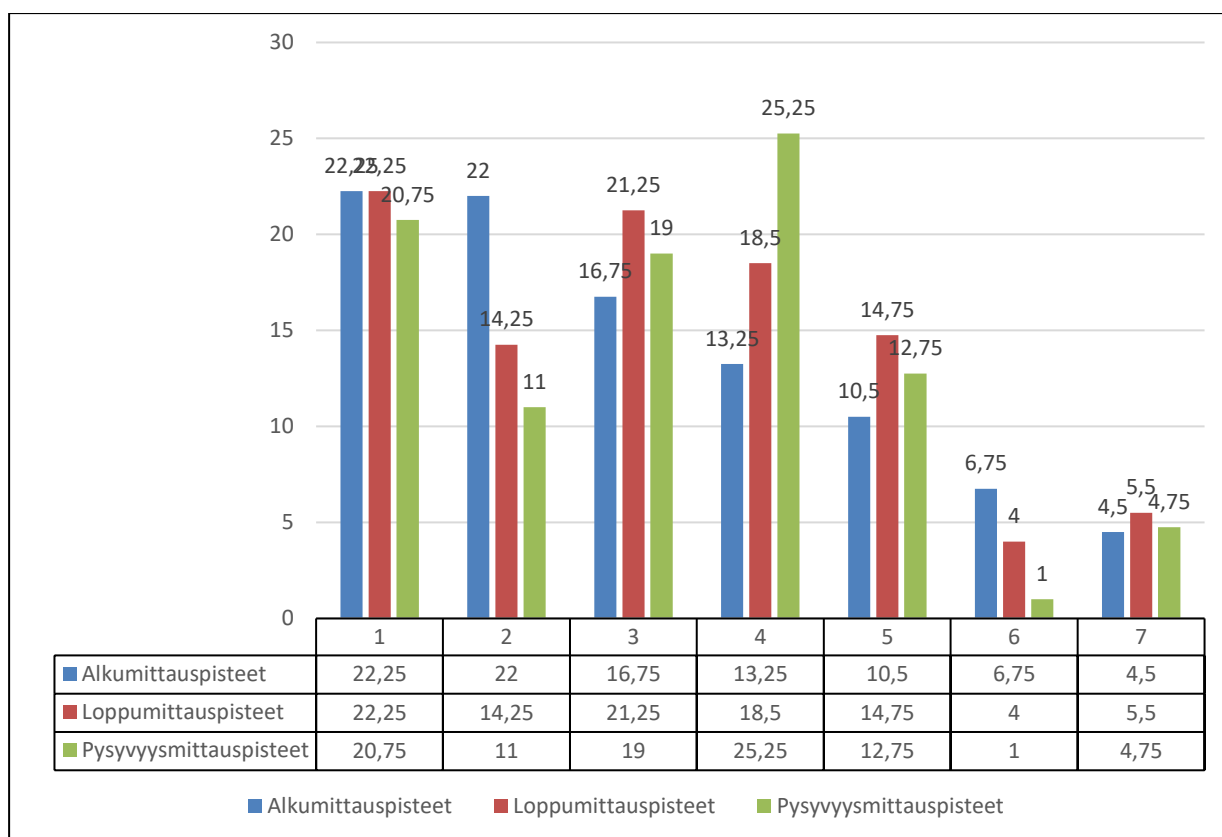
	n	mediaani	keskiarvo ja keskihajonta	yhteistulos	Z*	p*
Alkumittaus onnistuneet heitot	7	11	11,43 ± 5,91	80	-	-
Alkumittaus heitot pisteytettynä	7	13,25	13,71 ± 7,01	96	-	-
Loppumittaus onnistuneet heitot	7	13	12,00 ± 5,54	84	-0,512	,609
Loppumittaus heitot pisteytettynä	7	14,75	14,36 ± 7,22	100,5	-0,524	,600
Pysyvyyssmittaus onnistuneet heitot	7	11	11,29 ± 6,85	79	-0,210	,833
Pysyvyyssmittaus heitot pisteytettynä	7	12,75	13,50 ± 8,76	94,5	-0,169	,866

*Käytetty Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testiä

Taulukko 9. Toistoharjoitteluryhmän kehittyminen onnistuneissa heitoissa sekä pisteiden kehitys suhteessa alkumittaukseen.

	Todennäköisyys korille %	Pisteiden kehitys suhteessa alkumittaukseen %
Alkumittaus	80/280=28,57	-
Loppumittaus	84/280=30,00	4,69
Pysyvyyssmittaus	79/280=28,21	-1,56

Loppumittauksessa yksilöiden kehittymiskäyrät olivat hyvin heterogeeniset. Osalla tulos parani sekä onnistuneissa suorituksissa että pisteiden määrässä, mutta osalla tulokset heikkenivät. Pysyvyyssmittauksessa sama kaava toistui (ks. Liite 2; Kuvio 3).



Kuvio 3. Toistoharjoitteluryhmän henkilökohtainen kehittyminen pisteinä.

8.3 Ryhmien välinen vertailu

Koeryhmät olivat ennen interventiota alkumittautulosten mukaan suhteellisen tasaväkisiä onnistuneiden suoritusten sekä pisteiden valossa. Ero alkumittauksessa löytyi vain pisteissä, jossa TH-ryhmällä oli puolikas piste enemmän (95,5 vs. 96). Mann-Whitney U-testin mukaan DO-ryhmän (onnistuneissa puteissa Md. =10, n= 7 sekä pisteissä Md. =11) ja TH-ryhmän (Md. =11, n=7 sekä pisteissä Md. =13,25) väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja alkumittauksessa (U=24,50, Z=0,00 p=1,000 sekä pisteissä U=25,00, Z= -0,64, p=1,000).

Loppumittauksessa DO-ryhmä onnistui puttauksessa yhteensä 127 kertaa ($18,14 \pm 6,31$) sekä pisteitä kertyi 156,75 pistettä ($22,39 \pm 8,96$). TH-ryhmällä vastaavat luvut olivat 84 onnistunutta suoritusta ($12,00 \pm 5,54$) sekä 100,5 pistettä ($14,36 \pm 7,22$). DO-ryhmän onnistumisprosentti oli 51,19 prosenttia korkeampi kuin TH-ryhmän sekä pisteitä kertyi 55,97 prosenttiyksikköä enemmän suhteessa TH-ryhmän loppumittauksen pisteisiin. Mann-Whitney U-testin mukaan DO-ryhmän (onnistuneissa suorituksissa Md. =18, n=7 sekä pisteissä Md. =21,5) sekä TH-ryhmän (onnistuneissa suorituksissa Md. =13, n=7 sekä pisteissä Md. =14,75) väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja loppumittauksessa onnistuneissa

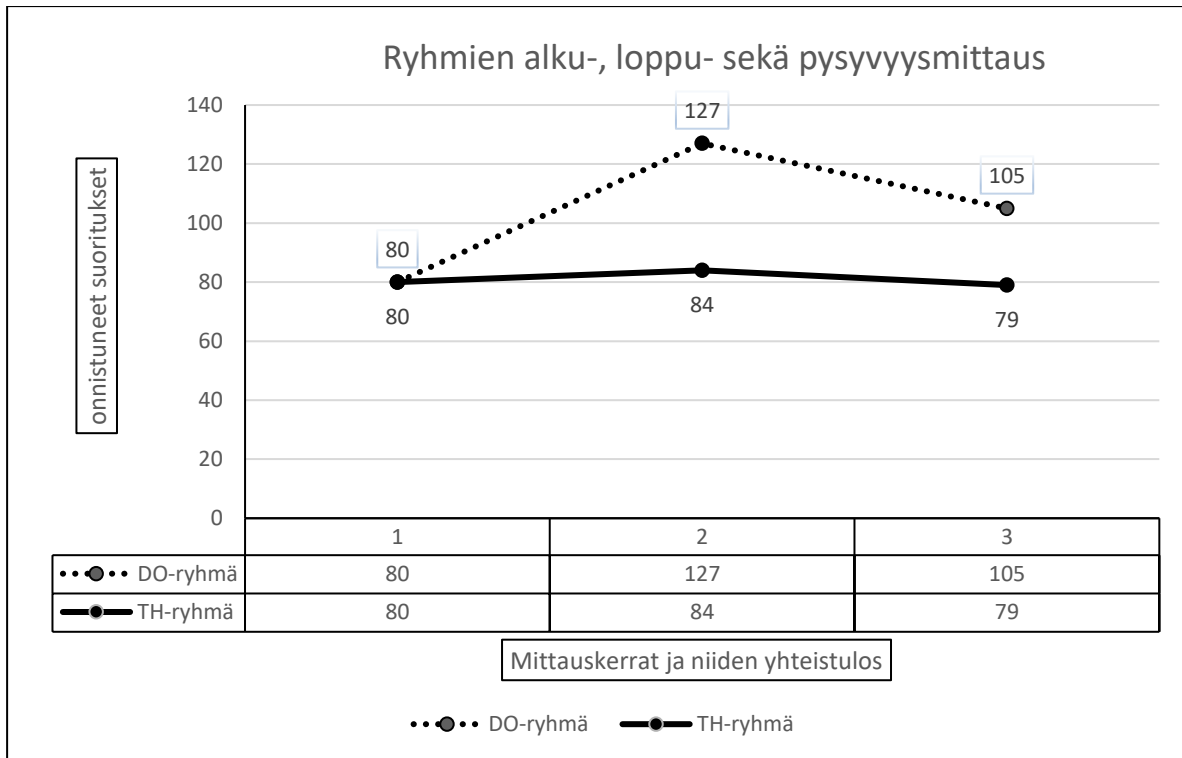
suorituksissa ($U=12,500$, $Z= -1,542$, $p=0,128$) eikä pisteissä ($U=12,000$, $Z= -1,599$, $p=0,128$). (ks. Taulukko 10; Kuvio 4).

Pysyvyysmittauksessa DO-ryhmä onnistui puttauksessa yhteensä 105 kertaa ($15,00\pm 5,48$) sekä pisteitä kertyi 128,5 pistettä ($18,36\pm 6,77$). TH-ryhmällä vastaavat luvut olivat 79 onnistunutta puttausta ($11,29\pm 6,85$) sekä 94,5 pistettä ($13,5\pm 8,76$). DO-ryhmän onnistumisprosentti oli 32,91 prosenttia suurempi kuin TH-ryhmän sekä DO-ryhmälle kertyi pisteitä 35,95 prosenttiyksikköä enemmän kuin TH-ryhmälle pysyvyysmittauksessa. Mann-Whitney U-testin mukaan ryhmien DO-ryhmän (onnistuneissa suorituksissa mediaani = 17, $n=7$ sekä pisteissä mediaani = 20) sekä TH-ryhmän (onnistuneissa suorituksissa mediaani = 11, $n=7$ sekä pisteissä mediaani 12,75) väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja pysyvyysmittauksessa onnistuneissa suorituksissa ($U=15,500$, $Z= -1,026$, $p=0,318$) eikä pisteissä ($U=15,500$, $Z= -1,151$, $p=0,259$) (ks. Taulukko 10; Kuviot 4 & 5).

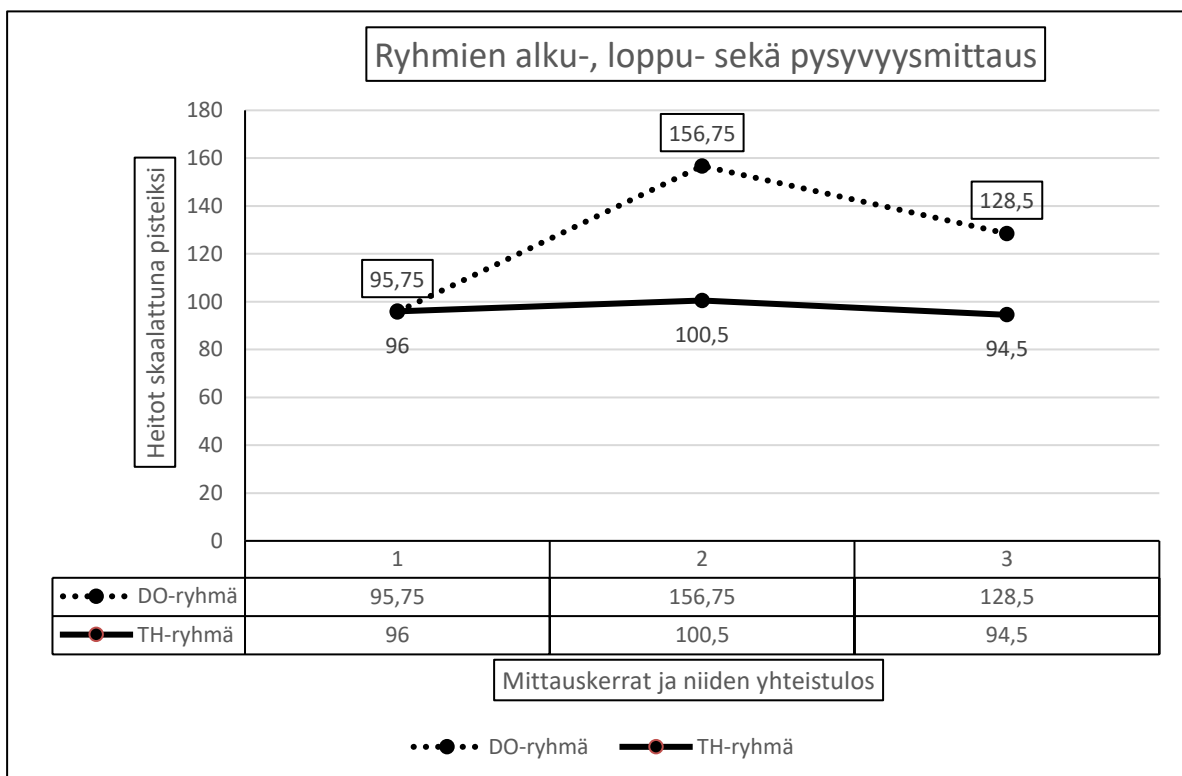
Taulukko 10. Koeryhmien tuloksien erojen vertailu alku-, loppu- sekä pysyvyysmittauksessa.

	DO-ryhmä ka, kh	DO-ryhmän yhteistulos	TH-ryhmä ka, kh	TH-ryhmän yhteistulos	Z*	U*	p*
Alkumittaus onnistuneet heitot	11,43±5,86	80	11,43±5,9	80	0,00	24,500	1,000
Alkumittaus heitot skaalattuna pisteiksi	13,68±7,97	95,75	13,71±7,01	96,00	-0,64	25,000	1,000
Loppumittaus onnistuneet heitot	18,14±6,31	127	12,00±5,54	84	-1,542	12,500	0,128
Loppumittaus heitot skaalattuna pisteiksi	22,39±8,96	156,75	14,36±7,22	100,5	-1,599	12,000	0,128
Pysyvyysmit- taus onnistuneet heitot	15,00±5,48	105	11,29±6,85	79	-1,026	15,500	0,318
Pysyvyysmit- taus heitot skaalattuna pisteiksi	18,36±6,77	128,5	13,5±8,76	94,5	-1,151	15,500	0,259

*Käytetty Mann-Whitneyn U-testiä



Kuvio 4. Differentiaalioppimis- ja toistoharjoitteluryhmän kehitys onnistuneissa suorituksissa intervention aikana.



Kuvio 5. Differentiaalioppimis- ja toistoharjoitteluryhmän kehitys pisteissä suorituksissa intervention aikana.

9 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja verrata differentiaalioppimisen ja perinteisen toistoharjoittelun tehokkuutta frisbeegolfin puttaamisen opetusmenetelmänä. Aikaisempaa tutkimustietoa näiden kahden lähestymistavan tehokkuudesta suhteessa frisbeegolfin minkään osa-alueen kehittymiseen ei ole olemassa. Tämä tutkimus toteutettiin kokeellisena alku-, loppu- sekä pysyvyysmittauksen asetelmana, jossa alku- ja loppumittauksen välissä oli neljän harjoittelukerran interventio. Tutkimuksessa verrattiin kahden vaihtelun ääripään metodin tehokkuutta toisiinsa frisbeegolfin puttaamisen yhteydessä.

9.1 Differentiaalioppimisen tehokkuus interventiossa

Differentiaaliryhmäläiselle muodostui koko tutkimuksen aikana yhteensä 424 puttauskertaa, josta 280 tapahtui interventiokerroilla, 120 mittausheittoa sekä 24 lämmittelyheittoa.

Yhdenkään suorituksen jälkeen osallistujille ei annettu korjaavaa palautetta. Harjoittelun volyyymi oli toisin sanoen erittäin pieni verrattuna 10000 tuhannen tunnin sääntöön. Loppujen lopuksi harjoitteluun käytetty aika jäi tutkimuksen osalta jokaiselle osallistujalle alle viiteen tuntiin. DO-ryhmällä sekä loppu- ja pysyvyysmittaustulokset kehittyivät tilastollisesti merkitsevästi suhteessa alkumittaukseen. Tutkimuksen tuloksien mukaan differentiaalioppiminen vaikuttaisi olevan tehokas tapa harjoitella frisbeegolfin puttaamista lyhyessäkin ajassa – ainakin tähän tutkimukseen osallistuvien henkilöiden keskuudessa ja vallitsevissa olosuhteissa.

Differentiaalioppimisen tehokkuutta voidaan selittää vaihtelun merkityksestä taidon oppimisprosessiin. Differentiaalioppimisessa jokainen suoritus on oma ongelmanratkaisunsa (Schöllhorn ym. 2019). Puttauskertojen välillä taidon harjoittelija joutuu unohtamaan edellisen liikeratkaisunsa ja rakentamaan uuden tehtävän eri ohjeiden mukaan. Yksi selitys kehittyneelle oppimiselle voi olla unohda ja uudelleen rakenna hypoteesi. Unohtaminen ja aina uusi ongelmanratkaisu johtanee pysyvämmän liikemallin syntymiseen kuin liikeratkaisun ainainen toistaminen lyhyestä muistista (Magill & Hall 1990). Toinen perinteinen selitys kehittyneelle oppimiselle on eri liikkeiden välinen vertailu. Liikkeiden välinen vaihtelu tarkentaa ja antaa taidon suorittajalle mahdollisuuden vertailla erilaisia olosuhteita sekä liikemalleja ja kehittää monipuolisempia ja yksityiskohtaisempia liikemuistoja (Shea & Morgan 1979). Toisin sanoen vaihtelusta johtuva vertailu jäsentää, täsmentää ja syventää liikemallia (Jaakkola 2019). Kolmas selitys voidaan löytää havainto-

päätöksentekoprosessista. Differentiaalioppimisen ryhmän interventio kerrat kestivät kauemmin kuin toistoihin perustuvan lähestymistavan. Toisin sanoen jokaisessa suorituksessa taidon oppija joutui havaitsemaan tilanteen erikseen ja tekemään tilanteeseen vaativan päätöksen sekä liikkeen toteutuksen. Kun yhteen suoritukseen käytetään enemmän aikaa, korostuu suunnittelu ja arviointi. Jokainen suoritus pitäisi vaatia erilaista sekä erillistä liike ratkaisua (Lee & Schmidt 2014).

Differentiaalioppiminen tähtää henkilökohtaisen suoritustyylin kehittämiseen omien reunaehtojen mukaisesti itseorganisoitumisprosessin ja satunnaisen resonoinnin kautta (Schöllhorn, Hegen & Davids 2012). Tästä syystä tuloksia tarkasteltiin myös henkilökohtaisesti. Differentiaaliryhmän jokainen jäsen kehittyi onnistuneissa heitoissa loppumittauksessa sekä saavuttivat pysyvyysmittauksessa vähintään saman tai paremman onnistumisprosentin. Pisteitä tarkasteltaessa jokaisen osallistujan suoritus oli parempi kummassakin jälkimmäisessä mittauksessa. (ks. Kuvio 2.) Tutkimustulokset ovat linjassa osan aikaisempien differentiaalioppimisen tutkimusten kanssa. Aikaisemmissa tutkimuksissa suurin osa koehenkilöistä oli kehittynyt alkumittauksesta tai vähintään säilyttänyt suorituskäytönsä mittausten välillä (Schöllhorn, Hegen & Davids 2012; Schöllhorn ym. 2006). Jossain differentiaalioppimisen tutkimuksissa pysyvyysmittauksen tulokset ovat olleet jopa parempia kuin loppumittauksen tulokset. Kuitenkin tässä tutkimuksessa vain yhdellä osallistujalla oli paras tulos pysyvyysmittauksessa. (ks. Kuvio 2). Oppimiskäyrä seurasi enemmänkin klassista mallia, jossa suorituskäyttö on parhaimmillaan loppumittauksessa ja pysyvyysmittauksessa suuren vaihtelun ryhmän tulos on jossain alkumittauksen sekä loppumittauksen välissä (ks. Shea & Morgan 1979, vrt. Schöllhorn & Beckmann 2010).

Differentiaalioppimisen taustalla on oppijoiden yksilöllisyys, vaihtelu sekä havainto siitä, että kahden identtisen suorituksen toistaminen on epätodennäköistä ja että onnistunut suoritus vaatii vaihtelevia ratkaisuja. (Schöllhorn, Beckmann & Davids 2010; Schöllhorn 2016.) Differentiaalioppimisen tavoitteena on auttaa oppijoita löytämään omat yksilölliset ja tilannekohtaiset optimiliikemallit monimutkaisten motoristen taitojen suorittamiseen, jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä ja oppijassa. (Frank ym. 2008). Jokainen ryhmän osallistuja kehittyi siis harjoittelun aikana. Tutkimustulos antaa viitteitä siitä, että differentiaalioppiminen sopii heterogeenisille ryhmille erilaisten yksilöiden tarpeiden mukaan. Vaikka tutkimusta ei voida pitää yleistettävänä, (ks. luvut 9.4;7.6) differentiaalioppimista opetusmenetelmänä tukevat aikaisemmat tutkimukset muissa motorisissa taidoissa, vaihtelun merkityksestä sekä aivojen kehittymiselle (Henz &

Schöllhorn 2016; Henz ym. 2018; Pesce ym. 2019). Differentiaalioppimista tukee myös monipuolisempi harjoittelu, joka haastaa paremmin motorisia perustaitoja. (Pesce ym. 2019).

Differentiaalioppimisen soveltaminen omaan taitovalmentamiseen voi toisaalta olla haastavaa. On mahdollista, että oppijoiden vanhemmat tai oppijat haastavat kyseisen metodin. Ulospäin differentiaalioppiminen voi näyttää hyvin erikoiselta (Jaakkola 2019). Lisäksi suorituskyvyn nouseminen voi olla hitaampaa kuin perinteisessä harjoittelussa (Lee & Schmidt 2014). Omaa kehittymistä voi täten olla paljon vaikeampi seurata, mikä saattaa johtaa metodin kyseenalaistamiseen. Lisäksi tehtävien muuttujien suunnittelu voi osoittautua todella työlääksi. Kuitenkin vaihtelun lisääminen, oli sitten kyse tilannekohtaisesta häirinnästä, parametrien kuten etäisyyden ja voiman muuttumisesta, ekologisesta teoriasta tai differentiaalioppimisesta, vaikuttaisi olevan oppimisprosessia parantava tekijä. Identtisten toistojen sekä ohjaajan tiukan palautteen sijaan teorian sekä tutkimukseni pohjalta voidaan suositella taidon oppimistapaa, jossa oppija itse ratkaisee ongelmanratkaisuprosesseja ja tutustuu oman kehonsa lainalaisuuksiin itseorganisoitumis prosessin kautta.

9.2 Toistoharjoittelun tehokkuus interventiossa

Toinen tutkimuskysymys oli, miten toistoharjoittelu ja ohjaajan palaute suhteessa ideaaliin suoritustekniikkaan kehittävät frisbeegolfin puttaamista. Tutkimuksessa toistoharjoitteluryhmäläinen suoritti yhteensä 424 puttia, joista 280 interventiossa.

Harjoittelujakson aikana ohjaaja antoi palautetta noin joka viidennen suorituksen jälkeen ja etäisyyksiä vaihdettiin kahdenkymmenen suorituksen jälkeen.

Toistoharjoittelunryhmä ei kehittynyt tilastollisesti merkitsevästi loppu- sekä pysyvyysmittauksessa suhteessa alkumittaukseen (ks. Taulukko 8). Aikaisempien tutkimusten mukaan toistoharjoittelu on tehokas tapa nostattamaan taidon suorituskkyä, mutta hetkellisesti (Lee & Schmidt 2014). Tässä tutkimuksessa toistoharjoittelun ryhmä ei kuitenkaan kehittynyt tilastollisesti merkitsevästi edes alku- ja loppumittauksen välillä. Kuitenkin ryhmän sisällä neljän osallistujan tulos parani jokaisella mittauskerralla suhteessa alkumittaukseen. Yhdellä osallistujalla suoritustulos pysyi samana loppumittauksessa sekä heikkeni vähän pysyvyysmittauksessa. Kahdella osallistujalla suoritustulokset heikkenivät mittausten edetessä. (ks. Kuvio 3).

Toistoharjoittelussa tyypillistä on liikkeiden identtinen toistaminen. Toistamisen seurauksena taidon suorittajan ei tarvitse panostaa havainto-päätöksentekoprosessin tekemiseen, vaan

liikkeet voidaan suorittaa lyhyestä työmuistista. (Lee & Choi 2010; Kalaja 2016, 234.) Mittauskerroilla suoritusetäisyys vaihtui viiden suorituksen jälkeen. Oikeassa pelitilanteessa voidaan olettaa puttietäisyyden olevan erilainen jokaisella suorituskerralla. Tutkimus antaa tukea Leen ja Schmidin kuvaamalle harjoittelun luonteelle. Toistojen laatu on toistojen määrää tärkeämpi tekijä (Lee & Schmidt 2014).

Tulokset ovat jokseenkin samanlaisia kuin aikaisemmissa differentiaalioppimisen tutkimuksissa (Schöllhorn ym. 2006; Schöllhorn, Hegen & Davids 2012). Toisin sanoen tutkimustulokset viittaavat siihen, että ”one-size fits all” menetelmä ei välttämättä toimi jokaiselle osallistujalle. Jokaisella oppijalla on omat henkilökohtaiset reunaehdonsa sekä näiden vaikutuksesta oma henkilökohtainen optimisuoritus (Gray 2020). Lisäksi reunaehdot vaikuttavat eri tavalla eri ihmisiin, jonka takia oppiminen nähdään yksilöllisenä ja nonlineaarisenä prosessina, joka voi sisältää äkillisiä hyppyjä, edistymistä, taantumista tai taidon heikkenemistä (Chow ym. 2016, 14). On mahdollista, että harjoiteltu optimisuoritus ohjaajan ohjein ei ollut paras mahdollinen tapa harjoitella motorista taitoa jokaisen yksilön omille vaatimuksille. Harjoittelu ohjaajan tiukkojen ohjeiden mukaan voi siirtää liikesäätelyn tiedostomattomalta tasolta tiedostetulla. Tiedostettu liikkeiden säätely tekee suorituksesta kömpelömmän ja epätarkemman, kuin tiedostomaton liikkeiden säätely (Rintala, Jaakkola & Kalaja 2020). Lisäksi taidon heikkeneminen oppimisen nonlineaarisen luonteen mukaan ei ole täysin tavatonta.

9.3 Tutkimuksen rajoitteet

Kolmas tutkimuskysymys oli tarkastella koeryhmien eroja suhteessa suorituskäyttöön sekä taidon pysyvyyteen. Tulosten mukaan differentiaalioppimisen ryhmä kehittyi tilastollisesti merkitsevästi ryhmän sisällä, kun taas toistoharjoittelun ryhmä ei. (Taulukko 8; Kuvio 4; Kuvio 5). Kuitenkaan ryhmien väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja.

Tutkimustulokset antavat viitteitä kuitenkin siitä, että sama harjoittelu määrä suurella vaihtelulla edistää taidon oppimisprosessia suhteessa identtiseen toistamiseen. Saman frisbeegolfin puttausharjoittelukerran sisällä taidon oppimisen kannalta voi olla tehokkaampaa vähentää toistojen määrää ja panostaa ”laatuun”. Leen ja Schmidin (2014) mukaillen ja tutkimustulosten pohjalta suosittelen varovaisesti panostamaan jokaiseen yksittäiseen toistoon. Kun yhteen suoritukseen käytetään enemmän aikaa, korostuu taidon suunnittelu sekä arviointi. Jokaisen harjoitusputin pitäisi lisäksi vaatia erillistä ja erilaista liikeratkaisua.

Differentiaalioppimisen tai tämän tutkimuksen tuloksia ei voida kuitenkaan pitää yleistettävänä tutkimuksen alhaisen reliabiliteetin sekä validiteetin johdosta. Tutkimukseen osallistui yhteensä neljätoista henkilöä sekä osallistujien välillä oli suuria tasoeroja. Vaikka ryhmät jaettiin manipuloidusti, ei välttämättä toisen ryhmän ”vertainen” vastannut samaa oikeaa taitotasoa kuin toisessa ryhmässä. Tutkijan mukaan yksi TH-ryhmän osallistuja ei omannut samoja valmiuksia taidon oppimiseen eikä samoja oppimistulosta voida häneltä olettaa. (Schmidt & Wrisberg 2000, 185).

Otoskoon ja osallistujien heterogeenisyyden lisäksi sekä mittaustapa ja olosuhteet asettavat omat rajoitteensa tutkimuksen luotettavuudelle. Tutkimuksessa mitattiin onnistuneita suorituksia absoluuttisena onnistumisena tai epäonnistumisena. Toisin sanoen tuloksista on mahdotonta tietää keskihajontaa, kunkin suorituksen mukaan. On mahdollista, että mittaustuloksissa korostuu sattuman osuus. Toisin sanoen ryhmien alku-, loppu- pysyvyysmittauksen tulokset voivat olla erilaisia, jos tarkasteltaisiin suorituksen yhdenmukaisuutta keskihajontana ideaalipisteestä. Lisäksi kyseinen menettelytapa karsisi tulkinnanvaraiset kimpoamiset korista tehokkaasti ja antaisi totuudenmukaisemman kuvan taidon toistettavuudesta. Jokainen mittaus suoritettiin vain kerran ja parempi tapa olisi voinut olla suorittaa jokainen mittaus kahdesti ja laskea kertojen keskiarvot. Kuitenkin näin lyhyessä tutkimuksessa pelkästään mittauskertojen määrä olisi noussut tässä tapauksessa korkeaksi verrattuna intervention toistojen määrään.

Otoskoon pienuudesta johtuen päädyttiin käyttämään vain kahta koeryhmää. Kontrolliryhmän käyttö olisi voinut osoittaa paremmin, kuinka interventio itsessään vaikutti kehittymiseen eikä mittauskertojen suoritukset. Loppujen lopuksi mittauskerrat kattoivat noin kolmanneksen kokonaisputtausmäärästä.

Frisbeegolfin puttaamisessa tulee ottaa huomioon muun muassa tuuliolosuhteet. Käytännön syistä (ks. luku 7.6) jokainen mittaus- sekä interventiokerta toteutettiin erilaisissa olosuhteissa. Mittauskerroilla vallitsi jokaisella osallistujalla erilaiset tuuliolosuhteet, jotka voivat vaikuttaa suoritukseen. Tulosten vertailukelpoisuutta olisi parantanut tutkimuksen toteuttaminen sisätiloissa. Tuulen voimakkuudet esiteltynä henkilöittäin liitteissä. (ks. Liite 1 & Liite 2). Lisäksi tutkimukseen osallistujat kävivät pelaamassa intervention aikana frisbeegolfia omatoimisesti. Tutkittavien omaehtoisen pelaamisen johdosta on mahdotonta määrittää, kuinka paljon itse interventio kehitti osallistujien taitotasoa.

Pienestä otoskoosta, reliabiliteetti- sekä validiteettiongelmistä johtuen tutkimustulokset eivät ole yleistettävissä. Kuitenkin tutkimustulokset ovat linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa ja vaikuttaisin olevan suhteellisen toimiva menetelmä monimuotoiselle ryhmälle. Lisäksi differentiaalioppimisen menetelmää voidaan kuvailla oppijalähtöisenä, motorisia perustaitoja harjaannuttavana sekä monipuolisena tapana harjoitella motorisia taitoja teorian mukaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli haastaa perinteistä oppimiskäsitystä ja avata keskustelua myös frisbeegolfin piirissä.

9.4 Jatkotutkimus ehdotukset

Motoristen taitojen oppimisella tarkoitetaan Jaakkolan (2018) mukaan ”harjoittelun aikaan saamaa kehon sisäistä tapahtumasarjaa, joka tuottaa johtaa pysyviin muutoksiin potentiaalissa tuottaa liikettä”. Taidon oppimista voidaan kuvata neljän piirteen avulla, jotka ovat taidon kehittyminen, yhdenmukaistuminen, taidon pysyvyys sekä taidon soveltaminen. (Jaakkola 2018.) Taidon oppimiseen vaikuttavat muun muassa harjoittelun määrä, vaihtelu ja informaatio (Kalaja 2009). Tutkimuksessa ei mitattu kahden eri lähestymistavan vaikutusta harjoittelun määrän tai taidon siirtovaikutukseen. Tutkimuksessa lisäksi mitattiin vain yhtä vaihtelua lisäävää tyyliä suhteessa toistoharjoitteluun, eikä tulokset ole tutkimuksen luonteen takia yleistettäviä.

Toistoharjoittelun yksi ominaisuus on suorituskertojen maksimointi yhden harjoituskerran sisällä. Tässä tutkimuksessa molemmat koeryhmät harjoittelivat saman verran toistoja, vaikka samassa ajassa tutkijan mukaan olisi ollut mahdollista suorittaa enemmän toistoja toistoharjoittelulla. Edellä mainituista syistä, voisi olla oleellista testata miten tosiasiasa niin sanottu toistojen määrä sekä laatu vaikuttavat taidon oppimiseen. Lisäksi yksi motorisen oppimisen teorioissa painottuvaa taidon siirtovaikutusta ei mitattu. Motorisen oppimisen näkökulmasta olisi mielenkiintoista nähdä miten oppimiselle käy, jos kummatkin ryhmät harjoittelevat ajaltaan saman määrän sekä taidon oppimista selvitetäisiin myös siirtovaikutustestillä. Tässä tutkimuksessa motorista suoritusta ei tarvinnut suhteuttaa eri maastonmuotoihin tai oikealla radalla sijaitseviin esteisiin ja häiriötekijöihin. Teorian mukaan vaihteleva harjoittelu vastaa paremmin oikean pelitilanteen suorituksen vaatimuksia ja frisbeegolfin näkökulmasta kyseistä asiaa ei ole tutkittu.

Schöllhorn ja kumppanit esittelivät (2009) hypoteettisen mallin, jossa he asettivat erilaiset oppimistyylit tehokkuusjärjestykseen vaihtelun määrän mukaan (ks. Schöllhorn ym. 2009). Kyseisessä mallissa differentiaalioppiminen asetettiin parhaaksi lähestymistavaksi taidon

oppimisen kannalta – tutkimuksessani en esitellyt kyseistä mallia vähäisen tieteellisen tuen johdosta. Hypoteesin testaamisen kannalta olisi arvokasta verrata keskenään eri vaihteluun perustuvien lähestymistapojen vaikutusta taidon oppimisen sekä siirtovaikutuksen kannalta.

Loppujen lopuksi differentiaalioppiminen vaikuttaisi tämän tutkimuksen mukaan olevan suhteellisen tehokas frisbeegolfin puttaamisen oppimistapa suhteessa harjoittelumäärään. Aikaisempien tutkimusten sekä oppijalähtöisen luonteen perusteella voisin suositella differentiaalioppimisen kokeilua niin koulu- kuin harrastustoiminnassa. Menetelmää voisi kokeilla osana liikunnantuntia tai harjoituksia ja haastaa oppijoita keksimään omia ratkaisujaan ja tutustumaan oman kehonsa toimintaan mitä yllättävimmissäkin tilanteissa.

Lähteet

- Beckmann, H., Winkel, C. & Schöllhorn, W. I. (2010). Optimal range of variation in hockey technique training. *International Journal of Sport Psychology*, 41(4), 5–45.
- Bernstein, N.A. (1967). *The co-ordination and regulation of movement*. Oxford: Pergamon Press.
- Brady, F. (2004). Contextual interference: a meta-analytic study. *Perceptual and motor skills*, 99(1), 116–126. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.99.1.116-126>
- 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, 1931. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01931>
- Button, C., Seifert, L., Chow, J. Y., Davids, K. & Araujo, D. (2020). *Dynamics of skill acquisition: An ecological dynamics approach*. Human Kinetics Publishers.
- Clark, J. E. (1995). On becoming skillful: Patterns and constraints. *Research quarterly for exercise and sport*, 66(3), 173–183. <http://dx.doi.org/10.1080/02701367.1995.10608831>
- Cohen, Manion, L. & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8. painos). Routledge.
- Cohen, Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6. painos). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203029053>
- Chow, J. Y., Davids, K., Button, C. & Renshaw, I. (2016). *Nonlinear pedagogy in skill acquisition: An introduction*. Routledge.
- Dahms, Brodoehl, S., Witte, O. W. & Klingner, C. M. (2020). The importance of different learning stages for motor sequence learning after stroke. *Human Brain Mapping*, 41(1), 270–286. <https://doi.org/10.1002/hbm.24793>
- Davids, K., Button, C. & Bennett, S. (2008). *Dynamics of skill acquisition: A constraints-led approach*. Human Kinetics.
- Davids, Glazier, P., Araújo, D. & Bartlett, R. (2003). Movement systems as dynamical systems: The functional role of variability and its implications for sports medicine. *Auckland: Sports Medicine*, 33(4), 245–260. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333040-00001>
- Den Hartigh, R. J., Otten, S., Gruszczynska, Z. M. & Hill, Y. (2021). The relation between complexity and resilient motor performance and the effects of differential learning. *Frontiers in human neuroscience*, 459. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2021.715375>

- Ericsson, K. A. (2013). Training history, deliberate practice and elite sports performance: an analysis in response to Tucker and Collins review—what makes champions? *British journal of sports medicine*, 47(9), 533–535. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2012-091767>
- Ericsson, K. A. (2006). The influence of experience and deliberate practice on the development of superior expert performance. *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*, 38(2), 685-705
<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511816796.038>
- Farrow, D. & Buszard, T. (2017). Exploring the applicability of the contextual interference effect in sports practice. *Progress in brain research*, 234, 69–83.
<http://dx.doi.org/10.1016/bs.pbr.2017.07.002>
- Fazeli, D., Taheri, H. & Saberi Kakhki, A. (2017). Random Versus Blocked Practice to Enhance Mental Representation in Golf Putting. *Perceptual and Motor Skills*, 124(3), 674–688. <https://doi.org/10.1177/0031512517704106>
- Frank, T. D., Michelbrink, M., Beckmann, H. & Schöllhorn, W. I. (2008). A quantitative dynamical systems approach to differential learning: self-organization principle and order parameter equations. *Biological cybernetics*, 98(1), 19–31.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00422-007-0193-x>
- Gallahue, D.L. & Donnelly, F. C. (2003). *Developmental physical education for all children* (4th ed.). Human Kinetics.
- Gallahue, D.L., Ozmun, J.C. & Goodway, J. (2012) *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. McGraw-Hill, New York.
- Gaspar, A., Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Sampaio, J. & Leite, N. (2019). Acute effects of differential learning on football kicking performance and in countermovement jump. *Plos one*, 14(10),
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0224280>
- Gu, Q., Zou, L., Loprinzi, P. D., Quan, M. & Huang, T. (2019). Effects of open versus closed skill exercise on cognitive function: a systematic review. *Frontiers in psychology*, 10, 1707. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01707>
- Gokeler, A., Neuhaus, D., Benjaminse, A., Grooms, D. R. & Baumeister, J. (2019). Principles of motor learning to support neuroplasticity after ACL injury: implications for optimizing performance and reducing risk of second ACL injury. *Sports medicine*, 49(6), 853–865. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-019-01058-0>
- Gladwell, M, 2008. *Outliers: The story of success*. England: Penguin press

- Goode, S. & Magill, R. A. (1986). Contextual interference effects in learning three badminton serves. *Research quarterly for exercise and sport*, 57(4), 308–314.
- Gray, R. (2020). Comparing the constraints led approach, differential learning and prescriptive instruction for training opposite-field hitting in baseball. *Psychology of Sport and Exercise*, 51, 101797. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101797>
- Henz, D., John, A., Merz, C. & Schöllhorn, W. I. (2018). Post-task effects on EEG brain activity differ for various differential learning and contextual interference protocols. *Frontiers in human neuroscience*, 12, 19. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2018.00019>
- Henz, D. & Schöllhorn, W. I. (2016). Differential training facilitates early consolidation in motor learning. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 10, 199. <http://dx.doi.org/10.3389/fnbeh.2016.00199>
- Hermanson, E. & Sajaniemi, N. (2018). Nuoruuden kehitys-mitä tapahtuu pinnan alla? *Duodecim*.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2015). *Tutki ja kirjoita* (20. painos). Helsinki: Tammi.
- Holfelder, B., Klotzbier, T. J., Eisele, M. & Schott, N. (2020). Hot and cool executive function in elite-and amateur-adolescent athletes from open and closed skills sports. *Frontiers in psychology*, 11, 694. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00694>
- Hong, S. L. & Newell, K. M. (2006). Change in the organization of degrees of freedom with learning. *Journal of motor behavior*, 38(2), 88–100. <http://dx.doi.org/10.3200/JMBR.38.2.88-100>
- Huovinen, T. & Heinkinaro-Johansson, P. (2007). Liikunnanopetuksen yksilöllinen suunnittelu. Teoksessa P. Heinkinaro-Johansson & T. Huovinen (toim.), *Näkökulmia liikuntapedagogiikkaan*. Helsinki: WSOY. 114–124
- Howard, R. W. (2014). Learning curves in highly skilled chess players: a test of the generality of the power law of practice. *Acta psychologica*, 151, 16–23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.05.013>
- Jaakkola, T. (2019). Nonlineaari pedagogiikka liikuntataitojen opettamisen viitekehystenä. *Liito: Liikunnan ja terveystiedon opettaja*, 2019(1), 16–18
- Jaakkola, T. (2018). *Ketteryys*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Jaakkola, T. (2017). Liikuntataitojen oppiminen. Teoksessa T. Jaakkola, J. Liukkonen & A. Sääkslahti (toim.), *Liikuntapedagogiikka*. Jyväskylä: PS-kustannus, 144–163.
- Jaakkola, T. (2017). Liikuntataitojen opettaminen. Teoksessa T. Jaakkola, J. Liukkonen & A. Sääkslahti (toim.), *Liikuntapedagogiikka*. Jyväskylä: PS-kustannus, 333–350.

- Jaakkola, T. (2016). Juokse, hyppää, heitä, ota kiinni. Perusliikuntataitojen opettaminen lapsille ja nuorille. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Jaakkola, T. (2010). Liikuntataitojen oppiminen ja taitoharjoittelu. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kaipa, R., Robb, M. & Jones, R. (2017). The effectiveness of constant, variable, random, and blocked practice in speech-motor learning. *Journal of Motor Learning and Development*, 5(1), 103–125. <http://dx.doi.org/10.1123/jmld.2015-0044>
- Kalaja, S. (2021). Vaihtelun kipinä sytyttää oppimisen liekin. Luettu 1.2.2022. <http://www.valmennustaito.info/taito/vaihtelun-kipina-sytyttaa-oppimisen-liekin/>
- Kalaja, S. (2019). Taidon oppimisesta - tehtävien variointi liikuntatunnilla. *Liito*, 1, 8–9.
- Kalaja, S. (2022). Taitojen oppimisesta, opettamisesta ja valmentamisesta. Luettu 17.4.2022. <http://www.valmennustaito.info/taito/teoriaosuus/#oppiminen>
- Kalaja, S. (2016). Taitoharjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S., Häkkinen, K. & Aarresola, O. (toim.), *Huippu-urheiluvalmennus: teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa* (1. painos). Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Kalaja, S. (2009). Differentiaalioppiminen - monipuolisuus ja vaihtelevuus taitojen ja tekniikan oppimisessa ja opettamisessa. *Valmentaja*, 15(1), 36–39.
- Kalaja, S., Jaakkola, T., & Liukkonen, J. (2009). Motoriset perustaidot peruskoulun seitsemäsluokkalaisilla oppilailla. *Liikunta & Tiede*, 46(1), 36–44.
- Kauranen, K. (2011). *Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen*. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura ry.
- Keele, S. W. (1968). Movement control in skilled motor performance. *Psychological bulletin*, 70(6), 387–403. <http://dx.doi.org/10.1037/h0026739>
- Kelso, J. S., Holt, K. G., Kugler, P. N. & Turvey, M. T. (1980). 2 on the concept of coordinative structures as dissipative structures: II. Empirical lines of convergence. Teoksessa G.E. Stelmach & J. Requin (toim.), *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam: North-Holland Publishing, 1, 49–70 [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61937-8](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61937-8)
- Kugler, P. N., Kelso, J. S. & Turvey, M. T. (1980). 1 on the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. Teoksessa G.E. Stelmach & J. Requin (toim.), *Tutorials in motor behavior*. Amsterdam: North-Holland Publishing, 1, 3–47 [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61936-6](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61936-6)
- Lee, J. & Choi, S. (2010, March). Effects of haptic guidance and disturbance on motor learning: Potential advantage of haptic disturbance. In *2010 IEEE Haptics Symposium* 335–342. <http://dx.doi.org/10.1109/HAPTIC.2010.5444635>

- Lee, T. D. & Schmidt, R. A. (2014). PaR (Plan-act-Review) golf: Motor learning research and improving golf skills. *International Journal of Golf Science*, 3(1), 2–25.
<http://dx.doi.org/10.1123/ijgs.2014-0004>
- Li, Z. M. (2006). Functional degrees of freedom. *Motor control*, 10(4), 301–310.
<http://dx.doi.org/10.1123/mcj.10.4.301>
- Magill, R. & Anderson, D. (2014). *Motor learning and control concepts and applications* (10. painos). New York: McGraw-Hill Publishing.
- Magill. (2011). *Motor learning and control: concepts and applications* (9. painos). New York: McGraw-Hill Publishing.
- Magill, R. A. & Hall, K. G. (1990). A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. *Human movement science*, 9(3-5), 241–289.
[http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457\(90\)90005-X](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457(90)90005-X)
- Newell, K. M. & Liu, Y. T. (2021). Collective variables and task constraints in movement coordination, control and skill. *Journal of Motor Behavior*, 53(6), 770–796.
<http://dx.doi.org/10.1080/00222895.2020.1835799>
- Opetushallitus. (2016). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.
- Oldakowski, R. & W. McEwen, J. (2013). Diffusion of disc golf courses in the United States. *Geographical Review*, 103(3), 355–371. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1931-0846.2013.00003.x>
- Pesce, C., Croce, R., Ben-Soussan, T. D., Vazou, S., McCullick, B., Tomporowski, P. D. & Horvat, M. (2019). Variability of practice as an interface between motor and cognitive development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(2), 133–152.
<http://dx.doi.org/10.1080/1612197X.2016.1223421>
- Phillips, E., Davids, K., Renshaw, I., & Portus, M. (2010). Expert performance in sport and the dynamics of talent development. *Sports medicine*, 40(4), 271–283.
<http://dx.doi.org/10.2165/11319430-000000000-00000>
- Pourehbali, S., Arede, J., Rehfeld, K., Schöllhorn, W. & Leite, N. (2020). Want to Impact Physical, Technical, and Tactical Performance during Basketball Small-Sided Games in Youth Athletes? Try Differential Learning Beforehand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9279.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17249279>

- Piironen, L. (2020). Frisbeegolfin tekniikkakoulu ohjaajan opas. Grano Oy. Luettu 16.4.2022.
<https://frisbeegolfliitto.fi/wp-content/uploads/2021/04/Frisbeegolfin-tekniikkakoulu-Ohjaajan-opas.pdf>
- Porter, J. M. & Beckerman, T. (2016). Practicing with gradual increases in contextual interference enhances visuomotor learning. *Kinesiology*, 48(2), 244–250.
<http://dx.doi.org/10.26582/k.48.2.5>
- Rintala, H., Jaakkola, T. & Kalaja, S. (2020). Sotilaan motorinen oppiminen ja opettaminen modernin liikuntatieteen lähtökohdista tarkasteltuna. *Julkaisusarja 3: Työpapereita/Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos.*
- Ryba, T. V., Aunola, K., Ronkainen, N. J., Selänne, H. & Kalaja, S. (2016). Urheilijoiden kaksoisuraan liittyvän tutkimuksen tämänhetkinen tilanne Suomessa. *Liikunta ja tiede*, 53.
- Santos, S., Coutinho, D., Gonçalves, B., Schöllhorn, W., Sampaio, J. & Leite, N. (2018). Differential learning as a key training approach to improve creative and tactical behavior in soccer. *Research quarterly for exercise and sport*, 89(1), 11–24.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2017.1412063>
- Savelsbergh, G. J., Kamper, W. J., Rabijs, J., De Koning, J. J. & Schöllhorn, W. (2010). A new method to learn to start in speed skating: A differential learning approach. *International journal of sport psychology*, 41(4), 415–427.
- 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 and memory*, 5(2), 179–187. <http://dx.doi.org/10.1037/0278-7393.5.2.179>
- Seidler, R. D. (2010). Neural correlates of motor learning, transfer of learning, and learning to learn. *Exercise and sport sciences reviews*, 38(1), 3–9.
<http://dx.doi.org/10.1097/JES.0b013e3181c5cce7>
- Schöllhorn. (2016). Invited commentary: Differential learning is different from contextual interference learning. *Human Movement Science*, 47, 240–245.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.11.018>
- Schöllhorn, W. I., Beckmann, H., & Davids, K. (2010). Exploiting system fluctuations. Differential training physical prevention and rehabilitation programs for health and exercise. *Medicina*, 46(6), 365–373. <http://dx.doi.org/10.3390/medicina46060052>
- Schöllhorn, W. I., Mayer-Kress, G., Newell, K. M. & Michelbrink, M. (2009). Time scales of adaptive behavior and motor learning in the presence of stochastic perturbations.

- Human movement science, 28(3), 319–333.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.humov.2008.10.005>
- Schöllhorn, W. I., Beckmann, H., Michelbrink, M., Sechelmann, M., Trockel, M. & Davids, K. (2006). Does noise provide a basis for the unification of motor learning theories? *International journal of sport psychology*, 37(2), 1–21.
- Schöllhorn, W., Hegen, P. & Davids, K. (2012). The Nonlinear nature of learning - A differential learning approach. *The Open sports sciences journal*, 100–112.
<http://dx.doi.org/10.2174/1875399X01205010100>
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (1999). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (3. painos). Human Kinetics.
- Schmidt, R. A. & Wrisberg C. A (2004) *Motor learning and performance: A problem-based learning approach* (3. painos). Human Kinetics USA
- Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2000). *Motor learning and performance: A problem-based learning approach* (2. painos). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Serrien, B., Tassinon, B., Baeyens, J. P., & Clijsen, R. (2018). A critical review on the theoretical framework of differential motor learning and meta-analytic review on the empirical evidence of differential motor learning. <https://doi.org/10.31236/osf.io/6jqeg>
- Suomen frisbeegolfliitto. (2022). *Frisbeegolfin virallinen sääntökirja ja kilpailuopas*. Luettu 1.2.2022.
<https://frisbeegolfliitto.fi/frisbeegolfin-virallinen-saantokirja-ja-kilpailuopas/>
- Suomen frisbeegolfliitto. (2022). *Tilastoja ja lukuja*. Luettu 1.2.2022.
<https://frisbeegolfliitto.fi/tilastoja-ja-lukuja/>
- Tassinon, B., Verschueren, J., Baeyens, J. P., Benjaminse, A., Gokeler, A., Serrien, B. & Clijsen, R. (2021). An Exploratory Meta-Analytic Review on the Empirical Evidence of Differential Learning as an Enhanced Motor Learning Method. *Frontiers in psychology*, 12, 1186. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2021.533033>
- Taylor, J. A. & Ivry, R. B. (2012). The role of strategies in motor learning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251 (1), 1–12. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06430.x>
- Thelen, E. (1986). Treadmill-elicited stepping in seven-month-old infants. *Child development*, 57(6), 1498–1506. <http://dx.doi.org/10.2307/1130427>
- Thelen, E. (1989). The (re) discovery of motor development: Learning new things from an old field. *Developmental psychology*, 25(6), 946–949. <http://dx.doi.org/10.1037/0012-1649.25.6.946>

- Tutkimuseettinen Neuvottelukunta (2019). Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 3. Luettu 1.2.2022. https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2020.pdf
- Valentiner, P. (2007). Differenzielles training kugelstossen. Katsottu 2.2.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=U2AMfyyUt5c>
- Varstala, V. (2007). Liikunnanopettajan toiminta eri työtavoissa. Teoksessa P. Heikinaro-Johansson, & T. Huovinen (toim.), Näkökulmia liikuntapedagogiikkaan. Helsinki: WSOY, 128–139
- Vernegaard, K., Johansen, B. T. & Haugen, T. (2017). Students' motivation in a disc golf-lesson and a soccer-lesson: An experimental study in the Physical Education setting. *Journal for Research in Arts and Sports Education*, 1(3). <http://dx.doi.org/10.23865/jased.v1.629>
- Vereijken, B. (2010). The complexity of childhood development: variability in perspective. *Physical therapy*, 90(12), 1850–1859. <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20100019>
- Ward, P., Williams, M. A. & Hancock, P. A. (2006). Simulation for performance and training. Teoksessa A. C. Ericsson, P. Feltovich, & R. Hoffman (toim.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*, 243–264. Cambridge: Cambridge university press. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511816796.014>
- Williams, A. M. & Hodges, N. J. (2005). Practice, instruction and skill acquisition in soccer: Challenging tradition. *Journal of sports sciences*, 23(6), 637–650. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410400021328>
- Yildirim, Y. & Kizilet, A. (2020). The Effects of Differential Learning Method on the Tennis Ground Stroke Accuracy and Mobility. *Journal of Education and Learning*, 9(6), 146–154.
- Zimmer, R. (2001). *Liikuntakasvatuksen käsikirja: didaktis-metodisia perusteita ja käytännön ideoita*. Helsinki: LK-kirjat.
- Zuvela, F., Bozanic, A. & Miletic, D. (2011). POLYGON - A new fundamental movement skills test for 8 years old children: Construction and validation. *Journal of sports science and medicine*, 10(1), 157–163.

Liitteet

Liite 1. Toistoharjoitteluryhmän kirjatut tiedot

Nro.	Alkumittaus: Onnistuneet suoritukset etäisyksittäin, kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Loppumittaus: Onnistuneet suoritukset etäisyksittäin, kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Pysyvyysmittaus Onnistuneet suoritukset etäisyksittäin, kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Harjoituksen kesto	Kävi pelaamassa frisbeegolfia intervention aikana	Kävi pelaamassa frisbeegolfia loppumittauk- sen ja pysyvyysmit- tauksen välissä
1.	10,7,1,1=19 22,25p 3ms	10,3,3,2=18 22,25p 2ms	8,5,3,1=17 20,75 7ms	18min	Kyllä	ei
2.	8,6,3,1=18 22p 3ms	6,3,3,0=12 14,25p 4ms	8,2,1,0=11 11p 4ms	13min	ei	ei
3.	9,1,3,1=14 16,75p 4ms	9,5,0,4=17 21,25p 2ms	7,4,2,2=15 19p 5ms	24min	kyllä	ei
4.	7,1,2,1=11 13,25p 5ms	8,4,1,2=15 18,5p 4ms	9,5,4,2=20 25,25p 4ms	22min	kyllä	ei
5.	6,0,3,0=9 10,5 6ms	9,1,3,0=18 14,75p 4ms	6,3,2,0=11 12,75p 6ms	16min	kyllä	ei
6.	1,1,1,2=5 6,75p 2ms	4,0,0,0=4 4p 4ms	1,0,0,0=1 1p 5ms	18min	ei	ei
7. *	2,2,0,0=4 4,5p 7ms	4,0,1,0=5 5,5p 8ms	2,1,1,0=4 4,75p 8ms	13min	ei	ei

*Osallistujan pysyvyysmittaus myöhästyi huomattavasti

Liite 2. Differentiaalioppimisryhmän kirjatut tiedot

Nro.	Alkumittaus: Onnistuneet suoritukset etäisyyksittäin , kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Loppumittaus: Onnistuneet suoritukset etäisyyksittäin, kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Pysyvyyssmittaus s Onnistuneet suoritukset etäisyyksittäin, kokonaistulos, pisteet sekä tuuli	Harjoituksen kesto	Kävi pelaamassa frisbeegolfia intervention aikana	Kävi pelaamassa frisbeegolfia loppumittauksen ja pysyvyyssmittauksen välissä
1.	8,4,3,4=19 25,5p 7ms	9,9,3,2=23 28,75p 3ms	10,8,3,2=23 28,5p 4ms	28min	Kyllä	ei
2.	9,3,1,3=16 20,25p 6ms	9,8,5,2=24 30,5p 6ms	9,6,3,0=18 21p 6ms	25min	kyllä	ei
3	10,5,2,0=17 19,25p 6ms	10,8,3,5=26 34,5p 4ms	8,6,3,0=17 20p 6ms	27min	kyllä	ei
4.	7,2,1,0=10 11p 4ms	9,2,1,1=13 15p 4ms	9,3,0,0=12 12,75p 6ms märkä	28min	ei	ei
5.	5,2,1,0=8 9p 5ms	9,6,2,1=18 21,5p 4ms	7,6,2,3=18 23,5p 7ms	32min	kyllä	ei
6.	3,1,1,0=5 5,75p 5ms	7,2,0,1=10 11,5p 6ms	5,2,0,1=8 9,5p 5ms	25min	ei	ei
7.	5,0,0,0=5 5p 3ms	8,3,1,1=13 15p 2ms	3,1,2,3=9 =13,25p 7ms	24min	ei	ei